Vlaanderen
is omgeving

Overzicht van studies over de gezondheidseffecten van radiofrequente straling die in 2021 werden gepubliceerd

Eindrapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

Het Departement Omgeving volgt de meest recente wetenschappelijke onderzoeken op om snel te kunnen inspelen op de resultaten. Het opvolgen en evalueren van nieuw onderzoek gebeurt door experten van Sciensano, IMEC en de Universiteit Gent. Een overzicht van de resultaten van nieuw onderzoek kan je steeds terugvinden op onze website. De studies gaan onder andere over onderzoek op cellen, op proefdieren en bevolkingsonderzoek naar mogelijke effecten van de straling die gebruikt wordt voor draadloze communicatie. We nemen in het overzicht enkel onderzoek op dat op een wetenschappelijk onderbouwde manier is uitgevoerd

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs
Maurits De Ridder - Universiteit Gent
Els De Waegeneer - Universiteit Gent
Birgit Mertens - Sciensano
Maryse Ledent - Sciensano
Seppe Segers - Sciensano

Overzicht van de epidemiologische en humaan-experimentele studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het eerste trimester van 2021 werden gepubliceerd.

Dr. Maurits De Ridder en dr. Els De Waegeneer
Vakgroep volksgezondheid en eerstelijnszorg
Universiteit Gent

Algemene conclusies voor dit trimester

Een overzicht van alle beschikbare experimentele en epidemiologische onderzoeken heeft geen bevestigd bewijs opgeleverd dat laag niveau RF-velden met een frequentie boven 6 GHz, zoals die worden gebruikt door het 5 G-netwerk, gevaarlijk zijn voor de menselijke gezondheid.
Uit een systematische review en meta-analyse blijkt dat het gebruik van mobiele telefoons niet geassocieerd is met tinnitus.
Negatieve verwachtingen over de schadelijkheid van elektromagnetische velden kunnen het optreden van illusoire symptoompercepties in de hand werken.

Reviews en meta-analyses

5G mobiele netwerken en gezondheid - een state-of-the-science review van het onderzoek naar low-level RF-velden boven 6 GHz.
Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R, Wood A.
J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021 Mar 16.

Het toegenomen gebruik van radiofrequente (RF) velden boven 6 GHz, met name voor het 5G mobiele telefoonnetwerk, heeft geleid tot bezorgdheid bij het publiek over mogelijke nadelige effecten op de menselijke gezondheid. De blootstelling van het publiek aan RF-velden van 5G en andere bronnen is lager dan de blootstellingslimieten voor mensen die zijn gespecificeerd door de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Deze state-of-the-science review onderzocht het onderzoek naar de biologische en gezondheidseffecten van RF-velden boven 6 GHz bij blootstellingsniveaus onder de ICNIRP-beroepslimieten. De review omvatte 107 experimentele studies die verschillende bio-effecten onderzochten, waaronder genotoxiciteit, celproliferatie, genexpressie, celsignalering, membraanfunctie en andere effecten. De gerapporteerde bio-effecten werden over het algemeen niet onafhankelijk gerepliceerd en de meeste onderzoeken maakten gebruik van methoden van lage kwaliteit voor de beoordeling en controle van de blootstelling. Effecten als gevolg van opwarming door afzetting van hoge RF-energie kunnen in veel van de resultaten niet worden uitgesloten. De review omvatte ook 31 epidemiologische studies die de blootstelling aan radar onderzochten, die RF-velden boven 6 GHz gebruikt, vergelijkbaar met 5G. De epidemiologische studies toonden weinig bewijs van gezondheidseffecten, waaronder kanker op verschillende locaties, effecten op de voortplanting en andere ziekten.
Conclusies: Deze review leverde geen bevestigd bewijs op dat laag niveau RF-velden boven 6 GHz, zoals die worden gebruikt door het 5G-netwerk, gevaarlijk zijn voor de menselijke gezondheid. Toekomstige experimentele studies zouden de experimentele opzet moeten verbeteren met bijzondere aandacht voor dosimetrie en temperatuurregeling. Toekomstige epidemiologische

studies moeten de gezondheidseffecten op de lange termijn in verband met draadloze telecommunicatie blijven volgen.

De impact van het gebruik van mobiele telefoons op tinnitus: een systematische review en meta-analyse.
Kacprzyk A, Stefura T, Krzysztofik M, Rok T, Rokita E, Tatoń G.
Bioelectromagnetics. 2021 Feb;42(2):105-114.

Tinnitus is een perceptie van geluid bij afwezigheid van een externe bron. Het doel van deze studie was om met een meta-analytische benadering te onderzoeken of het gebruik van mobiele telefoons (MP) het risico op tinnitus verhoogt. Acht studies die het risico op tinnitus in relatie tot MP-gebruik rapporteerden, werden geïdentificeerd en zes hoogwaardige studies (twee cohortstudies, één case-control studie en drie cross-sectionele studies) werden opgenomen in de meta-analyse. De kwaliteitsbeoordeling is uitgevoerd met behulp van de schaal van Newcastle-Ottawa. Het risico op tinnitus werd geanalyseerd afhankelijk van de blootstelling aan mobiele telefoons in subgroepen volgens het onderzoeksopzet en de methode van blootstellingsbeoordeling. Twee cohortstudies, die de blootstelling aan MP's beoordeelden met behulp van gegevens van netwerkoperators, gaven geen significant verhoogd risico op tinnitus aan bij sterk blootgestelde MP-gebruikers in vergelijking met licht blootgestelde personen (odds ratio [OR]: 1,03 [95% betrouwbaarheidsinterval [BI]: 0.93-1.15]). Evenzo vonden de zelfgerapporteerde blootstellingsgegevens van twee cohorten / case-control en vier cross-sectionele onderzoeken geen verband tussen blootstelling aan MP's en tinnitus (OR: 1,20 [95% BI: 0,40-3,61] en OR: 1,73 [95% BI: 0,67-4,49], respectievelijk).
Conclusies: De huidige wetenschappelijke kennis, waaronder hoogwaardige onderzoeken met een betrouwbare blootstellingsbeoordeling op basis van gegevens van netwerkoperators, ondersteunt niet de hypothese dat MP-gebruik geassocieerd is met tinnitus.

Gebruik van mobiele telefoons

Blootstelling aan mobiele telefoons, vruchtbaarheid en spermakwaliteit bij mannen: resultaten van twee preconceptie-cohortstudies.
Hatch EE, Willis SK, Wesselink AK, Mikkelsen EM, Eisenberg ML, Sommer GJ, Sorensen HT, Rothman KJ, Wise LA.
Hum Reprod. 2021 Feb 10:deab001.

Sommige onderzoeken hebben aangetoond dat het gebruik van mobiele telefoons wordt geassocieerd met een slechte spermakwaliteit, maar de resultaten zijn tegenstrijdig. Twee prospectieve preconceptie-cohortstudies werden uitgevoerd met mannen in Denemarken (n = 751) en in Noord-Amerika (n = 2349), ingeschreven en gevolgd via internet van 2012 tot 2020. Op de basisvragenlijst rapporteerden mannen hoeveel uren per dag ze een mobiele telefoon droegen op verschillende lichaamslocaties. De tijd tot de zwangerschap werd vastgesteld via tweemaandelijkse follow-upvragenlijsten die door de vrouwelijke partner werden ingevuld tot 12 maanden of tot de gerapporteerde conceptie. Proportionele waarschijnlijkheidsregressiemodellen werden gebruikt om fecundability ratios (FR's) en 95% betrouwbaarheidsintervallen (CI's) te schatten voor de associatie tussen mannelijke gsm-gewoonten en vruchtbaarheid, waarbij de nadruk lag op de blootstelling aan de broekzak, binnen elke meta-analyse met vast effect. In een subgroep van deelnemers werden geselecteerde spermaparameters (spermavolume, spermaconcentratie en beweeglijkheid van het sperma) onderzocht met behulp van een spermatestkit thuis. Er was weinig algemeen verband tussen het dragen van een mobiele telefoon in een broekzak aan de voorkant en vruchtbaarheid: de FR voor elke blootstelling aan de broekzak aan de voorkant was 0,94 (95% BI: 0,0,83-1,05). Er werd een

omgekeerd verband waargenomen tussen blootstelling aan de broekzak aan de voorkant en vruchtbaarheid bij mannen met een BMI van <25 kg / m2 (FR = 0,72, 95% BI: 0,59-0,88), maar weinig verband tussen mannen met een BMI van ≥ 25 kg / m2 (FR = 1,05, 95% -BI: 0,90-1,22). Er waren weinig consistente associaties tussen blootstelling aan mobiele telefoons en spermavolume, spermaconcentratie of beweeglijkheid van het sperma. Blootstelling aan radiofrequente straling van mobiele telefoons is onderhevig aan aanzienlijke niet-differentiële misclassificatie, die de schattingen voor dichotome vergelijkingen en extreme blootstellingscategorieën (bijv. blootstelling 8 vs. 0 uur / dag) zou verzwakken. Resterende verstoringen door beroep of andere onbekende of slecht gemeten factoren kunnen ook de resultaten hebben beïnvloed.
Conclusies: Over het algemeen vonden de auteurs weinig verband tussen het dragen van een mobiele telefoon in de voorste broekzak en mannelijke vruchtbaarheid, hoewel bij slankere mannen (BMI <25 kg / m2) het dragen van een mobiele telefoon in de voorste broekzak geassocieerd was met een lagere vruchtbaarheid. . Hoewel verschillende eerdere onderzoeken associaties hebben aangetoond tussen blootstelling aan mobiele telefoons en een lagere beweeglijkheid van het sperma, vonden de auteurs weinig consistente associaties met parameters van de spermakwaliteit.

Residentiële blootstelling

Geen

Menselijk experimenteel onderzoek

Somatosensorische illusies opgewekt door schijnblootstelling aan elektromagnetische velden: experimenteel bewijs voor een voorspellende verwerking van somatische symptoomperceptie.
Wolters C, Harzem J, Witthöft M, Gerlach AL, Pohl A.
Psychosom Med. 2021 Jan 1;83(1):94-100.

Volgens de voorspellende verwerkingstheorie van somatische symptoomgeneratie worden lichaamssensaties bepaald door somatosensorische input en voorspellingen van het centrale zenuwstelsel over deze input. De auteurs onderzochten hoe verwachtingen vorm geven aan voorspellingen en bijgevolg lichamelijke percepties in een taak die illusoire sensaties oproept als laboratoriumanaloog van medisch onverklaarde symptomen. Met behulp van het raamwerk van de signaaldetectietheorie werd de invloed van schijn-wifi op responsbias (c) en somatosensorische gevoeligheid (d ') voor tactiele stimuli onderzocht met behulp van de somatische signaaldetectietaak (SSDT). Een gezonde steekproef van studenten (n = 83) voltooide de SSDT tweemaal (schijn wifi aan / uit) in een willekeurige volgorde na het bekijken van een film die nadelige gezondheidseffecten van elektromagnetische velden promootte. Bij het verwachten van een Wi-Fi-signaal vertoonden de deelnemers een significant meer liberale responsbias c (p = .010, ηp2 = 0.08) voor tactiele stimuli in de SSDT als bewijs van een hogere neiging om somatosensorische illusies te ervaren. Er werd geen significante verandering van de somatosensorische gevoeligheid d '(p = .76, ηp2 <0.002) waargenomen.
Conclusies: Negatieve verwachtingen over de schadelijkheid van elektromagnetische velden kunnen het optreden van illusoire symptoompercepties bevorderen via veranderingen in het somatosensorische besliscriterium. De bevindingen zijn in overeenstemming met de centrale principes van de predictive processing account van somatische symptoomgeneratie. Dit verslag stelt een ontkoppeling van percept en somatosensorische input voor, zodat perceptie steeds afhankelijker wordt van voorspellingen. Deze vertekende perceptie wordt gezien als een risicofactor voor somatische symptoomstoornissen.

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE (RF) STRALING DIE IN HET EERSTE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

Seppe Segers, Maryse Ledent, & Birgit Mertens
Sciensano, Dienst Risico- en Gezondheidsimpactbeoordeling

Algemene Opmerkingen.

Dit verslag bestaat uit tien experimentele studies en vier reviews naar de mogelijke biologische effecten van blootstelling aan radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden, alsmede de beschrijving van een protocol voor een systematisch onderzoek naar de in vitro genotoxische effecten van RF. Over het geheel genomen blijft het, ook met deze aanvullende studies, moeilijk om in vitro en in vivo waargenomen biologische effecten van RF in verband te brengen met een negatief effect op de menselijke gezondheid. Bijgevolg zijn aanvullende studies met een adequate experimentele opzet nog steeds nodig om verder te onderzoeken of RF-blootstelling resulteert in een negatief effect op de menselijke gezondheid.

Zoals aangegeven, is in dit verslag ook een speciaal document opgenomen waarin het protocol wordt beschreven voor een systematisch onderzoek van in vitro genotoxiciteitsstudies inzake elektromagnetische velden. Kort samengevat worden door de auteurs de volgende parameters gebruikt om te bepalen of een studie al dan niet moet worden opgenomen in hun analyse:

Experimentele opzet: populatie, blootstelling, type niet-blootgestelde controle, eindpunten

Experimentele resultaten: herhalingen, statistische analyse en kwalitatieve beschrijvingen van de resultaten

Risicoanalyse om mogelijke vertekeningen uit te filteren die de uitkomst van de experimenten zouden kunnen beïnvloeden

In het algemeen zijn deze parameters zeer vergelijkbaar met de parameters die wij gebruiken bij de evaluatie van de studies bij het samenstellen van dit rapport:

De blootstellingsomstandigheden (lengte, duur, SAR, kwaliteit van het blootstellingssysteem, signaaltype)

Populatie. (celtype, primaire cel vs. geïmmortaliseerde cellijnen, hoeveelheid cellen opgenomen in de analyse, herhalingen, ...)

Inclusie van een schijnblootstelling (indien niet opgenomen; de aanwezigheid van een negatieve controle)

Blindering van de test (blinde analyse/verzameling van gegevens, dubbelblinde tests, in het geval van dierstudies)

Kwalitatieve beschrijving van de resultaten

Tot dusver hebben wij in onze evaluaties nog geen beoordeling van het risico op vertekening uitgevoerd, aangezien dit vaak zeer moeilijk en tijdrovend is. Bovendien is er momenteel geen gestandaardiseerde procedure beschikbaar om de beoordeling van het risico op vertekening uit te voeren. Ook moet worden vermeld dat niet alle in deze evaluatie opgenomen studies voldoen aan alle criteria die een studie van hoge kwaliteit zou inhouden; zelfs studies van lage kwaliteit zijn voor de volledigheid opgenomen. De kwaliteit van de studie wordt dan besproken in ons algemeen commentaar.

Voor twee in dit rapport opgenomen reviews (Lai et al., Negi et al.) en voor twee experimentele studies (Gunes et al., Özdemir et al.) kon de volledige tekst niet worden verkregen en kon de kwaliteit van deze studies bijgevolg niet goed worden beoordeeld. Met het oog op de volledigheid zijn zij echter toch in dit verslag opgenomen.

In de review van Himanshi et al. werden de resultaten geëvalueerd van studies waarin het effect van RF-EMV op mannelijke onvruchtbaarheid, zowel in vitro als in vivo, werd onderzocht. De auteurs keken naar steekproefgrootte, dierenstam, leeftijd, gewicht en blootstellingsparameters (duur, frequentie, stralingswaarde, enz.) die in elk van de studies werden gebruikt. Studies werden van het onderzoek uitgesloten indien zij onvoldoende informatie gaven of indien zij melding maakten van de invloed van RF-EMV op andere lichaamsorganen. Na toepassing van de uitsluitingscriteria bleven 11 in vitro studies en 23 in vivo studies over. Op basis van deze studies concludeerden zij dat RF een aantal schadelijke effecten op de testis kan hebben die verschillende vruchtbaarheidsparameters bij mannen beïnvloeden, zoals de morfologie en functionaliteit van het sperma, hormonale disbalans, spermatogenese en een toename van DNA-beschadiging. Zij erkennen echter ook dat de studies inconsistente resultaten opleverden en dat meer studies met een verbeterde experimentele opzet, blootstellingsbeoordeling en adequate controles nodig zijn om het effect van RF-EMV op de mannelijke vruchtbaarheid te bevestigen. Bovendien ontbrak het in verschillende van de geselecteerde studies aan dosimetrische informatie, wat de kwaliteit van het onderzoek zou kunnen beïnvloeden.

In de review van Karipidis et al. werden experimentele studies (in vivo, in vitro en bij de mens) met betrekking tot RF-EMV van laag niveau boven 6 GHz (zoals gebruikt in 5G-toepassingen) geëvalueerd. Meer dan 300 studies werden in aanmerking genomen, en na toepassing van hun uitsluitingscriteria werden 107 experimentele studies in de review opgenomen (91 in vitro, 15 in vivo, en 1 bij de mens) die verschillende biologische effecten onderzochten, waaronder genotoxiciteit, celproliferatie, genexpressie, celsignalering, membraanfunctie en andere. De door de auteurs gehanteerde insluitingscriteria waren gebaseerd op de blootstellingswaarden die door de ICNIRP zijn vastgesteld voor beroepsmatige blootstelling (0,4 W/kg). Er moet echter worden opgemerkt dat het ontbreken van een goede dosimetrie geen deel uitmaakte van de uitsluitingscriteria, en bijgevolg werden ook studies zonder goede dosimetrie in het onderzoek opgenomen. In het algemeen concludeerden zij dat er geen duidelijk bewijs was voor biologische effecten als gevolg van blootstelling aan RF-EMV. Ook bleek dat veel studies een probleem hadden met adequate kwaliteitscontrolemechanismen (temperatuurcontrole, geen positieve controle, inadequate dosimetrie, blindering van de test, ...). In het algemeen benadrukte deze review de behoefte aan studies met een goede kwalitatieve experimentele opzet, aangezien uit de meta-analyse bleek dat de meeste studies een score van minder dan 2 (maximum van 5) hadden in hun kwaliteitscontrolescore. Voor de andere twee reviews (Lai et al., Negi et al.) kon de volledige versie niet worden teruggevonden, zodat geen volledige kwalitatieve beoordeling kon worden gemaakt.

Alle individuele experimentele studies die in dit verslag zijn opgenomen, vertoonden beperkingen in hun experimentele opzet. In sommige studies werden geen of slechte dosimetriemetingen verricht (Ohtani et al., Lamkowski et al.). Bovendien bevatten sommige studies geen goede schijnblootsellingscondities (Almášiová et al.) of was het onduidelijk of zij goede sham-condities gebruikten (Gorski et al.).

Correcte geblindeerde testomstandigheden, hetzij door blinde gegevensverzameling/analyse of door dubbelblinde tests in het geval van studies bij dieren en mensen, wordt beschouwd als een belangrijk kwaliteitscontrolemechanisme dat de kwaliteit van de gegevens verbetert door de vooringenomenheid van de onderzoeker te elimineren. De meeste uitgevoerde studies nemen dit nog steeds niet op in hun studieopzet, of vermelden dit althans niet in de publicatie. Dit was ook het geval in alle in dit verslag opgenomen studies, althans in die waarvan de volledige tekst kon worden geraadpleegd (Gorski et al., Ohtani et al., Delen et al., Zeni et al., Almášiová et al., Kim et al., Kumar et al., Lamkowski et al.).

Kortom, het blijft moeilijk om een biologisch effect dat in een in vitro of in vivo studie is waargenomen, in verband te brengen met een negatief gezondheidseffect bij de mens. Dit probleem werd ook benadrukt door de onderzoekers van verschillende studies. Bijgevolg zijn aanvullende studies nog steeds noodzakelijk om de relevantie van deze waargenomen biologische veranderingen voor de menselijke gezondheid te onderzoeken.

Reviews

Himanshi, Rai U, Singh R. Radiofrequentie straling: Een mogelijke bedreiging voor de mannelijke vruchtbaarheid. Reprod Toxicol. 2021 Jan 23;100:90-100. doi: 10.1016/j.reprotox.2021.01.007. Epub ahead of print. PMID: 33497741.

Met de opkomst van geavanceerde technologie is de blootstelling aan RF-stralen uit door de mens gemaakte bronnen drastisch toegenomen. Mensen kunnen niet meer ontsnappen aan dergelijke RF-stralingen omdat ze een essentieel onderdeel zijn geworden van ons dagelijks leven, zoals wifi, microgolfovens, TV, mobiele telefoons, enz. Hoewel niet-ioniserende straling minder schadelijk is dan ioniserende straling, kan het effect van blootstelling op lange termijn niet worden vermeden. Om de vruchtbaarheid te beïnvloeden moet er een verandering optreden in de geslachtscellen of in de omgeving waarin deze worden geproduceerd. RF beïnvloedt mogelijks beide parameters, wat leidt tot onvruchtbaarheid. In deze review die gebaseerd is op in vitro en in vivo studies concluderen de auteurs dat RF de morfologie en fysiologie van geslachtscellen kan veranderen, met nadelige gevolgen voor de spermatogenese, beweeglijkheid en verminderde concentratie van mannelijke geslachtscellen. De auteurs stellen ook dat RF leidt tot genetische en hormonale veranderingen. Bovendien wordt de bijdrage van oxidatieve stress en proteïne kinase complex na blootstelling aan RF-straling samengevat, wat ook het mogelijke mechanisme zou kunnen zijn voor de vermindering van de sperma parameters. Verder worden enkele preventieve maatregelen beschreven die zouden kunnen helpen bij het omkeren van de radiofrequentie-effecten op de geslachtscellen.

Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R, Wood A. 5G mobiele netwerken en gezondheid: een overzicht van de stand van het wetenschappelijk onderzoek naar RF-velden met lage dosimetrie boven 6 GHz. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021 Mar 16. doi: 10.1038/s41370-021-00297-6. Epub ahead of print. PMID: 33727687.

Het toegenomen gebruik van radiofrequentievelden (RF-velden) boven 6 GHz, met name voor het 5G-mobiele telefoonnetwerk, heeft geleid tot bezorgdheid bij het publiek over mogelijke schadelijke effecten op de menselijke gezondheid. De blootstelling van de bevolking aan RF-velden van 5G en andere bronnen ligt onder de door de grenswaarden die door de Internationale Commissie voor bescherming tegen niet-ioniserende straling (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP) werden vastgesteld voor humane blootstelling. In deze review wordt het onderzoek naar de biologische en gezondheidseffecten van RF-velden boven 6 GHz bij blootstellingsniveaus onder de grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling van de ICNIRP onderzocht. Het onderzoek omvatte 107 experimentele studies waarin verschillende biologische effecten werden onderzocht, waaronder genotoxiciteit, celproliferatie, genexpressie, celsignalering, membraanfunctie en andere effecten. De gerapporteerde biologische effecten konden over het algemeen niet onafhankelijk worden gerepliceerd en in de meeste studies werd gebruik gemaakt van methoden voor blootstellingsevaluatie en -controle van lage kwaliteit. In de meeste gevallen kunnen bovendien effecten als gevolg van verhitting door hoge afgifte van RF-energie niet worden uitgesloten. De evaluatie omvatte ook 31 epidemiologische studies waarin de blootstelling aan radar werd onderzocht. Deze technologie maakt gebruik van RF-velden boven 6 GHz die vergelijkbaar zijn met 5G. De epidemiologische studies leverden weinig bewijs voor gezondheidseffecten, zoals verschillende types van kanker, effecten op de voortplanting en andere ziekten. Uit dit onderzoek kwam geen overtuigend bewijs naar voren dat RF-velden van laag niveau boven 6 GHz, zoals die worden gebruikt door het 5 G-netwerk, gevaarlijk zijn voor de menselijke gezondheid. Toekomstige experimentele studies moeten de experimentele opzet verbeteren, met bijzondere aandacht voor dosimetrie en temperatuurcontrole. Daarnaast moeten toekomstige epidemiologische studies blijven toezien op de mogelijke gezondheidseffecten op lange termijn bij de bevolking ten gevolge van draadloze telecommunicatie.

Lai H. Genetische effecten van niet-ioniserende elektromagnetische velden. Electromagn Biol Med. 2021 Feb 4:1-10. doi: 10.1080/15368378.2021.1881866. Epub ahead of print. PMID: 33539186.

Dit is een review van het onderzoek naar de genetische effecten van niet-ioniserende elektromagnetische velden (EMV), voornamelijk radiofrequentie straling (RF-straling) en statische en extreem laagfrequente EMV (ELF-EMV). De meeste studies hebben betrekking op genotoxiciteit (b.v. DNA-beschadiging, veranderingen in de conformatie van chromatine, enz.) en genexpressie. De genetische effecten van EMV zijn afhankelijk van diverse factoren, waaronder veldparameters en -kenmerken (frequentie, intensiteit, golfvorm), celtype, en blootstellingsduur. De soorten genen waarvan de expressie wordt beïnvloed (b.v. genen betrokken bij celcyclusstilstand, apoptose en stressreacties, heat-shock-eiwitten) zijn consistent met de bevindingen dat EMV genetische schade veroorzaakt. In veel studies werden effecten in cellen en dieren gerapporteerd na blootstelling aan EMV bij intensiteiten die vergelijkbaar zijn met die in de openbare en de beroepsomgevingen. De mechanismen waardoor EMV-effecten veroorzaakt zijn onbekend. De betrokkenheid van vrije radicalen is een mogelijkheid. EMV heeft ook een synergetische wisselwerking met verschillende entiteiten op genetische functies. Deze interacties, met name met chemotherapeutische verbindingen, wekken de mogelijkheid op EMV te gebruiken als hulpstof bij de behandeling van kanker om de werkzaamheid te verhogen en de bijwerkingen van traditionele chemotherapeutische geneesmiddelen te verminderen. Andere gegevens, zoals adaptieve effecten en mitotische spindelafwijkingen na blootstelling aan EMV, ondersteunen verder de hypothese dat EMV genetische effecten veroorzaakt in levende organismen.

Negi P, Singh R. Associatie tussen reproductieve gezondheid en blootstelling aan niet-ioniserende straling. Electromagn Biol Med. 2021 Jan 20:1-10. doi: 10.1080/15368378.2021.1874973. Epub ahead of print. PMID: 33471575.

Het dalend vruchtbaarheidscijfer wordt recent toegeschreven aan een reeks factoren zoals milieu, gezondheid en levensstijl. Mannelijke onvruchtbaarheid wordt waarschijnlijk beïnvloed door de sterke blootstelling aan warmte en straling. De meest voorkomende bronnen van niet-ioniserende straling zijn mobiele telefoons, laptops, wifi en microgolfovens. Deze kunnen mogelijk bijdragen aan de oorzaak van mannelijke onvruchtbaarheid. Een van de belangrijkste bronnen van dagelijkse blootstelling aan niet-ioniserende straling is de mobiele telefoon. Een mobiele telefoon beheerst ons dagelijks leven door verbeterde diensten zoals connectiviteit en smartphone-apparaten. De mogelijke gevolgen voor de gezondheid verbonden aan mobiel telefoongebruik worden echter vaak genegeerd. Constante blootstelling aan niet-ioniserende straling van een mobiele telefoon is een van de mogelijke redenen voor toenemende onvruchtbaarheid bij mannen. Onlangs hebben verschillende studies aangetoond dat gebruikers van mobiele telefoons veranderde spermaparameters hebben, waardoor de reproductieve gezondheid afneemt. De straling van mobiele telefoons schaadt de mannelijke vruchtbaarheid door invloed op verschillende parameters zoals de beweeglijkheid van het sperma, het aantal zaadcellen, de morfologie van het sperma, de spermaconcentratie, morfometrische afwijkingen, verhoogde oxidatieve stress en een aantal hormonale veranderingen. Deze review focust op de belangrijkste literatuur uit in vitro en in vivo studies die suggereren dat niet-ioniserende blootstelling een negatieve invloed heeft op de mannelijke onvruchtbaarheid bij de mens.

Neoplastische ziekten

In vivo studies

/

In vitro studies

Górski R, Nowak-Terpiłowska A, Śledziński P, Baranowski M, Wosiński S. Morfologische en cytofysiologische veranderingen in geselecteerde lijnen van normale en kanker cellen van humane oorsprong onder invloed van een radiofrequentie elektromagnetisch veld. Ann Agric Environ Med. 2021 Mar 18;28(1):163-171. doi: 10.26444/aaem/118260. Epub 2020 Mar 17. PMID: 33775083.

Inleiding: Momenteel zijn mobiele telefoons en wifi de meest gebruikte vormen van telecommunicatie. De populariteit van mobiele telecommunicatie heeft het noodzakelijk gemaakt het probleem grondiger te onderzoeken en de mogelijke risico's voorzichtig in te schatten, want nooit eerder in de geschiedenis is een zo groot deel van de bevolking blootgesteld geweest aan microgolven op vergelijkbaar hoge niveaus. Uit sommige studies zou blijken dat de hoge frequentie elektromagnetische straling van mobiele telefoons en wifiverbindingen een negatief effect kan hebben op de menselijke gezondheid en kanker kan veroorzaken.

Doelstelling: Het doel van de studie was om de invloed van het radiofrequentie elektromagnetische veld (RF-EMV) op de metabolische activiteit en morfologie van normale menselijke cellen (fibroblasten) en kankercellen (prostaatkankercellen) te onderzoeken.

Materiaal en methoden: De celculturen (menselijke fibroblasten en prostaatkankercellen) werden blootgesteld aan RF-EMV met een frequentie van 2,5 GHz gedurende 24, 48 en 72 uur. Om veranderingen in de levensvatbaarheid van de cellen te kwantificeren werd gebruik gemaakt van de Cell Counting Kit - 8.

Resultaten: Er werd vastgesteld dat de blootstelling aan RF-elektromagnetische velden een significante afname van de levensvatbaarheid in fibroblasten veroorzaakte, en een significante toename in kankercellen. Morfologische analyse toonde geen significante veranderingen in beide cellijnen na blootstelling aan RF-EMV.

Conclusies: Op basis van de verkregen resultaten kan de hypothese worden geformuleerd dat een hoge frequentie elektromagnetisch veld schadelijke effecten kan hebben op menselijke cellen.

Genotoxiciteit studies

Gunes M, Ates K, Yalcin B, Akkurt S, Ozen S, Kaya B. Een evaluatie van de genotoxische effecten van elektromagnetische straling op 900 MHz-, 1800 MHz- en 2100 MHz-frequenties met een SMART-assay in Drosophila melanogaster. Electromagn Biol Med. 2021 Feb 24:1-10. doi: 10.1080/15368378.2021.1878210. Epub ahead of print. PMID: 33622140.

Met de ontwikkeling van de huidige technologie neemt de elektromagnetische straling die door mobiele telefoons en basisstations wordt verspreid snel toe, en dit veroorzaakt ernstige ongerustheid over de mogelijke impact op het milieu en de menselijke gezondheid. Het Drosophila modelorganisme wordt veel gebruikt in genetische toxicologische studies omdat zijn genoom sterk lijkt op de genen die geïdentificeerd zijn in menselijke ziekten. In deze studie werden de genotoxische effecten van radiofrequente elektromagnetische straling geëvalueerd door middel van de vleugel Somatic Mutation and Recombination Test (SMART) in Drosophila melanogaster bij 900 MHz, 1800 MHz, en 2100 MHz. De SMART-methode is gebaseerd op de waarneming van genetische veranderingen die optreden in de trichomen van de Drosophila-vleugels en die als mutantklonen onder de microscoop te zien zijn. Gedurende de hele studie werden de totale kloonparameters geëvalueerd door de Drosophila-larven twee, vier en zes uur per dag bloot te stellen aan elektromagnetische velden gedurende twee dagen. Als resultaat van de studie werd vastgesteld dat het aantal mutantklonen statistisch was toegenomen ten opzichte van de negatieve controlegroep onder alle condities, behalve bij de zes uur durende blootstelling aan 1800 MHz.

Ohtani S, Ushiyama A, Wada K, Suzuki Y, Ishii K, Hattori K. Geen bewijs voor genotoxiciteit bij muizen door blootstelling aan magnetische velden met intermediaire frequentie die worden gebruikt voor draadloze stroomoverdrachtsystemen. Mutat Res. 2021 Mar-Apr;863-864:503310. doi: 10.1016/j.mrgentox.2021.503310. Epub 2021 Jan 19. PMID: 33678242.

Tijdsafhankelijke magnetische velden (MVs) worden gebruikt voor de draadloze vermogensoverdracht (Wireless Power Transfer- WPT) technologie. Vooral MV's in de 85 kHz band, die zijn opgenomen in de intermediaire frequentieband (IF) (300 Hz - 10 MHz), worden vaak gebruikt voor WPT-systemen voor het opladen van elektrische voertuigen. Deze toepassingen van WPT-technologie hebben bij het publiek bezorgdheid gewekt over de gezondheidseffecten van IF-MF. De bestaande gegevens uit evaluaties van de gezondheidsrisico's zijn echter ontoereikend en aanvullende gegevens zijn nodig. De auteurs hebben daarom de genotoxische effecten van blootstelling aan IF-MF op de erythroïde differentiatie bij muizen onderzocht. Een hoog-intensief IF-MF blootstellingssysteem in muizen werd geconstrueerd om een gemiddeld elektrisch veld van 54,1 V/m op het hele lichaam te induceren. Bloedstalen werden afgenomen van mannelijke muizen voor en na een IF-MF blootstelling van 2 weken (1 uur/dag, totaal: 10 uur); muizen blootgesteld aan X-stralingen werden gebruikt als positieve controles. De bloedstalen werden geanalayseerd met de micronucleus (MN)-test en de Pig-a mutatietest. Er werden geen significante verschillen gezien tussen IF-MF blootgestelde en schijnblootgestelde muizen wat betreft de frequentie van MN of Pig-a mutaties in volgroeide erytrocyten en reticulocyten. De blootstelling aan IF-MF veroorzaakte in vivo geen genotoxiciteit onder de studieomstandigheden (2,36 × de basislimiet voor beroepsmatige blootstelling, 22,9 V/m, in de richtlijnen van de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)). De afwezigheid van significante biologische effecten als gevolg van blootstelling aan IF-MF ondersteunt volgens de auteurs de praktische toepassing van deze technologie.

Zeni O, Romeo S, Sannino A, Palumbo R, Scarfì MR. Bewijs van bystander effect geïnduceerd door radiofrequentie straling in een menselijke neuroblastoom cellijn. Environ Res. 2021 Feb 26;196:110935. doi: 10.1016/j.envres.2021.110935. Epub ahead of print. PMID: 33647301.

In eerdere studies werd door de auteurs aangetoond dat radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (EMV) in staat zijn om DNA-schade, geïnduceerd door een daaropvolgende behandeling met genotoxische stoffen, te verminderen. Dit effect is vergelijkbaar met de adaptieve respons, een fenomeen dat goed bekend is in de radiobiologie. In deze studie rapporteren de auteurs dat SH-SY5Y neuroblastoomcellen die in vitro werden blootgesteld aan 1950 MHz in staat zijn om, niet-blootgestelde cellen, een vermindering van menadion-geïnduceerde DNA-beschadiging uit te lokken ($P < 0,05$; comet assay), wat wijst op het vermogen van niet-ioniserende straling om een bystander-effect te induceren. Een vergelijkbare vermindering werd ook waargenomen in culturen die rechtstreeks aan dezelfde EMV-condities werden blootgesteld ($P < 0,05$), hetgeen de adaptieve respons bevestigt. Onder dezelfde blootstellingsomstandigheden werd ook een toename van hitteschokproteïne 70 (hsp70) aangetoond in de culturen van aan RF blootgestelde cellen ten opzichte van de schijnblootgestelde cellen ($P < 0,05$; Western blot analyse), terwijl er geen verschillen werden waargenomen in het intracellulaire gehalte van hsp70. Over het geheel genomen wijzen de resultaten op een beschermend effect van RF tegen menadion-geïnduceerde DNA-schade in direct en niet-direct blootgestelde cellen, en suggereren ze dat de hsp70-route moet worden onderzocht als een van de potentiële kandidaten die de interactie tussen RF-blootstelling en biologische systemen ondersteunen.

Genotoxiciteit studies - Beschrijving van het protocol voor systematische review van in vitro genotoxiciteitsstudies op RF

Romeo S, Zeni O, Sannino A, Lagorio S, Biffoni M, Scarfì MR. Genotoxiciteit van radiofrequentie elektromagnetische velden: Protocol voor een systematische review van in vitro studies. Environ

Int. 2021 Mar;148:106386. doi: 10.1016/j.envint.2021.106386. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33486297.

Achtergrond: Blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV, 100 kHz - 300 GHz) die worden uitgezonden door draadloze communicatietechnologieën is alomtegenwoordig. Er is bezorgdheid geuit over mogelijke schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid. In 2011 heeft het Internationaal Instituut voor Kankeronderzoek (IARC) RF-EMV ingedeeld als mogelijk kankerverwekkend voor de mens, waarbij het benadrukte dat het bewijs zwak is en verre van sluitend. Geactualiseerde systematische reviews van de wetenschappelijke literatuur over dit onderwerp ontbreken, vooral voor mechanistische studies.

Doelstellingen: Het ontwikkelen van een protocol voor een systematische review van experimentele studies naar genotoxische effecten geïnduceerd door RF-EMF in in vitro celmodellen. Genotoxiciteit is een van de belangrijkste biologische indicatoren van carcinogeniteit, en het meest voorkomende kenmerk van bevestigde carcinogenen. De vooraf bepaalde procedures voor de uitvoering van het systematisch onderzoek worden hieronder uiteengezet.

Methoden: De auteurs zullen de richtlijnen volgen die zijn ontwikkeld door het National Toxicology Program-Office of Health Assessment and Translation (NTP-OHAT), aangepast voor de evaluatie van in vitro studies.

Criteria om in aanmerking te komen: Alleen experimentele in vitro studies naar het verband tussen gecontroleerde blootstelling aan RF-EMF en genotoxiciteit in zoogdiercellen worden opgenomen. Verder worden alleen peer-reviewed artikels in aanmerking genomen waarin de resultaten van primaire studies worden gerapporteerd.

Informatiebronnen: Er wordt gezocht in de wetenschappelijke literatuurdatabases NCBI PubMed, Web of Science, en EMF-Portal. Er wordt geen filter op publicatiedatum toegepast. Alleen in het Engels gepubliceerde studies worden in aanmerking genomen. De referentielijsten van de opgenomen papers en beschikbare reviews zullen worden gescreend op niet-geïdentificeerde relevante papers. Referenties zullen worden beheerd met Endnote X9 software.

Gegevensextractie en synthese van de resultaten: Gegevens uit opgenomen papers zullen worden geëxtraheerd volgens vooraf gedefinieerde formulieren. Heterogeniteit binnen het beschikbare bewijsmateriaal zal bepalen welk type synthese van bewijsmateriaal geschikt is. De bevindingen zullen worden samengevat in tabellen, grafieken en in een narratieve samenvatting van het beschikbare bewijsmateriaal. Er zal een meta-analyse worden uitgevoerd indien subgroepen van studies worden geïdentificeerd die homogeen zijn wat betreft blootstellingskenmerken, eindpunt en celtypes.

Risico op bias: De interne validiteit van de geïncludeerde studies zal worden beoordeeld met behulp van het NTP-OHAT Risk of Bias Rating Tool voor dierstudies, aangepast aan in vitro studies. Deze fase van het proces zal worden beheerd door de Health Assessment Workspace Collaborative (HAWC).

Beoordeling van het bewijsmateriaal: Om de betrouwbaarheid van het bewijsmateriaal te beoordelen, zal de OHAT GRADE-gebaseerde benadering voor dierstudies worden toegepast.

Kader en financiering: Dit protocol heeft betrekking op een van de bewijsstromen die worden beschouwd in een groter systematisch overzicht van de wetenschappelijke literatuur over de potentiële carcinogeniteit van RF-EMF, uitgevoerd door wetenschappers van verschillende Italiaanse openbare onderzoeksinstellingen. Het project wordt ondersteund door de Italiaanse Autoriteit voor de schadeloosstelling van werknemers (INAIL) in het kader van de CRA met het Istituto Superiore di Sanità "BRiC 2018/06 - Scientific evidence on the carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields".

Effecten op het zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

Delen K, Sırav B, Oruç S, Seymen CM, Kuzay D, Yeğin K, Take Kaplanoğlu G. Effecten van 2600 MHz radiofrequente straling in hersenweefsel van mannelijke Wistar ratten en neuroprotectieve effecten van Melatonine. Bio-elektromagnetica. 2021 Feb;42(2):159-172. doi: 10.1002/bem.22318. Epub 2021 Jan 13. PMID: 33440456.

Het debat over de biologische effecten van radiofrequente straling (RF-straling) duurt nog steeds voort als gevolg van verschillen in de design van de reeds uitgevoerde studies (frequentie, vermogensdichtheid, stralingswaarde [SAR], blootstellingsduur, cel-, weefsel-, of diersoort). De huidige studie had tot doel de effecten van 2.600 MHz RF-EMV en melatonine op de biochemie en histologie van het hersenweefsel van mannelijke ratten te onderzoeken. Zesendertig ratten werden willekeurig verdeeld in zes groepen: kooicontrole, schijnblootstelling, RF-straling, melatonine, schijnblootstelling melatonine, en RF-straling/melatonine. In de RF-straling groepen werden de dieren blootgesteld aan 2.600 MHz RF-straling gedurende 30 dagen (30 min/dag, 5 dagen/week) en in de melatoninegroep werden dieren subcutaan geïnjecteerd met melatonine (7 dagen/week, 10 mg/kg/dag) gedurende 30 dagen. De stralingswaarde in de grijze hersenmassa werd berekend als 0.44 en 0.295 W/kg voor respectievelijk 1 en 10 g. Blootstelling aan RF-straling verminderde de GSH, GSH-Px, en SOD niveaus en verhoogde de MPO, MDA, en NOx niveaus ($P < 0.005$) significant. De blootstelling aan RF-straling leidde ook tot een toename van de structurele deformatie en apoptose in het hersenweefsel. Deze studie toonde aan dat een exogene hoge dosis melatonine deze nadelige effecten van RF-straling kon verminderen. De auteurs concluderen op basis van hun studie dat het aan te bevelen is om de blootstelling aan RF-straling zoveel mogelijk te beperken, en wijzen op de mogelijk gunstige impact van een dagelijkse inname van melatoninesupplementen.

Özdemir E, Çömelekoglu Ü, Degirmenci E, Bayrak G, Yildirim M, Ergenoglu T, Coşkun Yılmaz B, Korunur Engiz B, Yalin S, Koyuncu DD, Ozbay E. Het effect van 4,5 G (LTE Advanced-Pro netwerk) mobiele telefoonstraling op de oogzenuw. Cutan Ocul Toxicol. 2021 Mar 3:1-27. doi: 10.1080/15569527.2021.1895825. Epub ahead of print. PMID: 33653184.

Doel: Snelle ontwikkelingen in mobiele telefoon technologieën verhogen de gemiddelde gebruiksduur van mobiele telefoons. Deze toename leidt ook tot blootstelling aan radiofrequentie straling (RF), wat een mogelijke risicofactor is voor de gezondheid. In deze studie werd getracht het effect te onderzoeken van mobiele telefonie met LTE-Advanced Pro (4.5G) mobiel netwerk op de oogzenuw, die verantwoordelijk is voor de overdracht van visuele informatie.

Materiaal en methoden: Tweeëndertig ratten verdeeld in twee groepen waarvan één controlegroep (geen RF, schijnblootstelling) en één experimentele groep (RF blootstelling met behulp van een mobiele telefoon met LTE-Advanced Pro netwerk; 2 uur/dag, 6 weken). De visuele evoked potential (VEP) werd opgenomen en de amplitudes en vertragingen van de VEP-golven werden bepaald. Het malondialdehydegehalte van de oogzenuw en de katalase- en superoxide dismutase-activiteiten werden bepaald. Bovendien werden ultrastructurele en morfometrische veranderingen van de oogzenuw geëvalueerd.

Resultaten: Bij VEP opnames waren de gemiddelde VEP amplitudes van de experimentele groep significant lager dan die van de controlegroep. Bij de ultrastructurele evaluatie werden gemyeliniseerde zenuwvezels en gliacellen waargenomen met een normale histologische structuur, zowel in de controle als in de experimentele groep. Echter, door het uitvoeren van morfometrische analyse, werd aangetoond dat in de experimentele groep de axonale diameter en myeline dikte lager was en de G-ratio hoger was dan in de controlegroep. In de experimentele groep was het malondialdehyde niveau significant hoger en de superoxide dismutase en catalase activiteiten waren significant lager dan in de controlegroep. Er was een hoge correlatie tussen VEP golf amplitudes en oxidatieve stress markers.

Conclusie: De auteurs concluderen dat de resultaten verkregen in deze studie schade aan de oogzenuw door mobiele telefoonstraling ondersteunen. Deze resultaten wijzen op een belangrijk risico dat de levenskwaliteit kan verminderen.

In vitro studies

/

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

Almášiová V, Holovská K, Andrašková S, Cigánková V, Ševčíková Z, Raček A, Andrejčáková Z, Beňová K, Tóth Š, Tvrdá E, Molnár J, Račeková E. Potentiële invloed van prenatale blootstelling aan 2,45 GHz radiofrequentie elektromagnetische velden op de testis van Wistar albino-ratten. Histol Histopathol. 2021 Mar 25:18331. doi: 10.14670/HH-18-331. Epub ahead of print. PMID: 33779980.

Een steeds toenemend gebruik van draadloze apparaten gedurende de laatste decennia heeft wetenschappers gedwongen de impact hiervan op levende systemen te verduidelijken. Aangezien de prenatale ontwikkeling zeer gevoelig is voor talrijke schadelijke stoffen, waaronder straling, hebben de auteurs hun gericht op de beoordeling van de mogelijke schadelijke effecten van microgolfstraling (Microwave Radiation- MR) op de ontwikkeling van de testikels. Zwangere Wistar albino-ratten (3 maanden oud, met een gewicht van 282±8 g) werden blootgesteld aan gepulseerde MR met een frequentie van 2,45 GHz, een gemiddelde vermogensdichtheid van 2,8 mW/cm² en een stralingswaarde van 1,82 W/kg voor een periode van 2 uur/dag gedurende de hele zwangerschap. Mannelijke nakomelingen werden na de geboorte niet meer blootgesteld aan MR. Stalen van biologisch materiaal werden verzameld nadat de jongen volwassen waren

geworden (75 dagen). Blootstelling aan MR in utero veroorzaakte degeneratieve veranderingen in het testiculaire parenchym van volwassen ratten. De vorm van de zaadbuizen was onregelmatig, de kiemcellen waren gedegenereerd en vaak gedesquameerd. De diameters van de zaadbuizen en de hoogte van het kiemepitheel waren significant afgenomen (beide bij $**p<0.01$), terwijl de interstitiële ruimte significant was toegenomen ($**p<0.01$) in vergelijking met de controles. In de groep ratten die prenataal aan MR waren blootgesteld, waren de somatische en geslachtscellen rijk aan vacuolen en hun organellen waren vaak veranderd. Necrotiserende cellen kwamen vaker voor en er werden lege ruimtes tussen de Sertoli cellen en de geslachtscellen waargenomen. De Leydig-cellen bevatten meer lipidedruppels. Een verhoogde positiviteit van fluor-Jade-C en superoxide-dismutase 2 werd waargenomen bij de ratten die aan MR waren blootgesteld. De resultaten bevestigen volgens de auteurs de nadelige effecten van MR op de ontwikkeling van de testikels.

Kim HS, Choi HD, Pack JK, Kim N, Ahn YH. Biologische effecten van blootstelling aan een radiofrequentie elektromagnetisch veld op de placentabarrière bij zwangere ratten. Bio-elektromagnetica. 2021 Feb 1. doi: 10.1002/bem.22322. Epub ahead of print. PMID: 33527465.

De placenta beschermt de foetus tegen overmatig stress-geassocieerd maternaal cortisol tijdens de zwangerschap. Auteurs onderzochten of blootstelling aan radiofrequentie elektromagnetische veldstraling (RF-EMV) tijdens de zwangerschap veranderingen kan veroorzaken bij de moederdieren en hun placenta. Zwangere Sprague-Dawley ratten werden verdeeld in kooicontrole, schijn-blootgestelde, en RF-blootgestelde groepen. Ze werden blootgesteld aan RF-EMV-signalen met een heel-lichaam stralingswaarde van 4 W/kg gedurende 8 uur/dag van zwangerschapsdag 1 tot 19. Het cortisolgehalte in het bloed, de bijnier en de placenta werd gemeten met een enzyme-linked immunosorbent assay. Niveaus van adrenocorticotroop hormoon en corticotropine-releasing hormoon werden gecontroleerd in het bloed van de moeder. Expressieniveaus van placentaal 11β-hydroxysteroid dehydrogenase type 2 (11β-HSD2) boodschapper-RNA (mRNA) werden gemeten door omgekeerde transcriptie polymerase kettingreactie. Morfologische veranderingen in de placenta werden geanalyseerd met hematoxyline- en eosinekleuring. De foetale delen van de placenta werden gemeten met behulp van Zen 2.3 blue edition software. Het maternale cortisol in het circulerend bloed (RF: 230 ± 24,6 ng/ml en Schijncontrole: 156 ± 8,3 ng/ml) en de bijnier (RF: 58,3 ± 4,5 ng/ml en Schijncontrole: 30 ± 3,8 ng/ml) was significant verhoogd in de aan RF blootgestelde groep ($P < 0,05$). Het placentaal cortisol bleef stabiel, en het niveau van placentale 11β-HSD2 mRNA expressie was niet veranderd in de aan RF blootgestelde groep. RF-EMF blootstelling tijdens de zwangerschap veroorzaakte een significante verhoging van cortisol niveaus in circulerend bloed; er werden echter geen veranderingen in de placentabarrière waargenomen bij zwangere ratten.

In vitro studies

/

Andere effecten

In vivo studies

Kumar R, Deshmukh PS, Sharma S, Banerjee BD. Effect van gsm-signaalstraling op epigenetische modulatie in de hippocampus van de Wistar rat. Environ Res. 2021 Jan;192:110297. doi: 10.1016/j.envres.2020.110297. Epub 2020 Oct 7. PMID: 33035560.

De exponentiële toename van het gebruik van mobiele telefoons heeft geleid tot bezorgdheid bij het publiek over de vermeende schadelijke gezondheidsrisico's als gevolg van langdurige blootstelling. In 2018 rapporteerde het Amerikaanse National toxicology program de resultaten van twee jaar durende toxicologische studies naar mogelijke gezondheidsrisico's van blootstelling aan mobiele telefoonstraling. Epigenetische modulaties spelen een kritieke regulerende rol in vele cellulaire functies en pathologische aandoeningen. In deze studie hebben de auteurs de dosis- en frequentie-afhankelijke epigenetische modulatie (DNA en Histon methylering) in de hippocampus van Wistar ratten onderzocht. In totaal werden 96 mannelijke Wistar ratten verdeeld in 12 groepen blootgesteld aan 900 MHz, 1800 MHz en 2450 MHz RF-MW met een stralingswaarde van respectievelijk 5,84 × 10-4 W/kg, 5,94 × 10-4 W/kg en 6,4 × 10-4 W/kg gedurende 2 uur per dag voor periodes van respectievelijk 1 maand, 3 maanden en 6 maanden. Aan het einde van de blootstellingsduur werden de dieren gedood om de hippocampus te verzamelen. Globale hippocampale DNA methylering en histon methylering werden bepaald door ELISA. De expressie van DNA methylerende enzyme, DNA methyltransferase1 (DNMT1) en histone methylerende enzyme euchromatic histone methylthransferase1 (EHMT1) werden geëvalueerd door real-time PCR, en verder gevalideerd met Western blot. Veranderingen in epigenetische modulatie werden waargenomen in de hippocampus. De globale DNA methylering was verminderd en de histon methylering was verhoogd in de hippocampus. De auteurs zagen dat blootstelling aan microgolven leidde tot significante epigenetische modulaties in de hippocampus met toenemende frequentie en duur van de blootstelling. Op basis hiervan concluderen ze dat microgolfblootstelling met toenemende frequentie en blootstellingsduur significante ($p < 0,05$) epigenetische modulaties teweeg brengt die de genexpressie in de hippocampus verandert.

In vitro studies

Lamkowski A, Kreitlow M, Radunz J, Willenbockel M, Stiemer M, Fichte LO, Rädel CF, Majewski M, Ostheim P, Port M, Abend M. Analyse van het effect van 900 MHz EMV kortstondige blootstelling op de expressie van 667 miRNAs in menselijke perifere bloedcellen. Sci Rep. 2021 Feb 24;11(1):4444. doi: 10.1038/s41598-021-82278-1. PMID: 33627699; PMCID: PMC7904780.

Meer dan ooit tevoren worden mensen over de hele wereld regelmatig blootgesteld aan verschillende delen van het elektromagnetische spectrum, voornamelijk uitgezonden door draadloze moderne communicatietechnologieën. Vooral de kennis inzake niet-thermische biologische EMV-effecten blijft controversieel. Nieuwe technologieën maken een meer gedetailleerde detectie mogelijk van niet-coderende RNA's die de post-transcriptionele controle beïnvloeden. Een dergelijke methode wordt in dit werk toegepast om de reactie van menselijke bloedcellen op elektromagnetische bestraling te onderzoeken. In deze ex vivo in vitro studie, hebben auteurs perifere bloedcellen van 5 mannelijke donoren blootgesteld aan een continue golf van 900 MHz EMF gedurende 0, 30, 60 en 90 min. Significante veranderingen in de expressie van micro RNA (miRNA) ($p \leq 0.05$) boven of onder deze van de aan schijn blootgestelde stalen werden geëvalueerd met behulp van een kwantitatief real-time PCR-platform voor de gelijktijdige detectie van 667 miRNAs, de zogenaamde low density array. Alleen significante miRNA expressieveranderingen die detecteerbaar waren in ten minste 60% van de stalen per blootstellingsgroep werden geanalyseerd. De resultaten werden vergeleken met gegevens van

kamertemperatuur + 2 °C (RT + 2 °C) stalen (hier hyperthermie genoemd) om door hyperthermie veranderde miRNA-expressie uit te sluiten. De validatiestudie met gebruikmaking van dezelfde donoren en studieopzet werd uitgevoerd na een interval van 2 jaar. Bij de analyse van in totaal 667 miRNA's tijdens de screeningstudie werden 2 veelbelovende kandidaat-miRNA's geïdentificeerd, die bijna tweevoudig werden gedownreguleerd en een volledige scheiding vertoonden met de niet-blootgestelde controlegroep (miR-194 bij 30 min en miR-939 bij 60 min). De p-waarden overleefden zelfs de Bonferroni correctie voor meervoudige vergelijkingen ($p = 0.0007$ en $p = 0.004$, respectievelijk). Geen van deze miRNA's kwam tot expressie op een tweede tijdstip na blootstelling aan EMV. Volgens een alternatieve analysebenadering onderzochten de auteurs voor elke donor afzonderlijk of er een significante associatie van differentiële miRNA-expressie met het dosis-tijd-product van blootstelling aan EMV werd verwacht. Bij donors 2 en 3 bleken respectievelijk 11 en 10 miRNA-soorten significant geassocieerd te zijn met EMV-blootstelling, hetgeen significant verschilde van de andere donors die een gering aantal differentieel tot expressie komende miRNA's vertoonden en donors 2 en 3 als bijzonder EMV-gevoelig konden aanwijzen. De metingen werden na 2 jaar herhaald. Het aantal tot expressie gebrachte/niet tot expressie gebrachte miRNA's was vrijwel gelijk (97,4%), maar noch het aantal, noch de eerder differentieel tot expressie gebrachte miRNA's konden worden gereproduceerd. De gegevens ondersteunen noch het bewijs van vroege veranderingen op miRNA expressieniveau in menselijke volbloedcellen na blootstelling aan 900 MHz EMV, noch de identificatie van EMV-responsieve individuen.

OVERZICHT VAN STUDIES OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE STRALING DIE IN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD – 2E TRIMESTER

OVERZICHT VAN DE EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMAAN-EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET TWEEDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

Dr. Maurits De Ridder en dr. Els De Waegeneer
Vakgroep volksgezondheid en eerstelijnszorg
Universiteit Gent

Algemene conclusies voor dit trimester

Time-trend studies tonen aan dat er, ondanks de grote toename van het gebruik van mobiele telefoons, geen toename is van speekselkliertumoren en hersentumoren, waaruit blijkt dat er geen causaal verband is tussen beide.
Elektromagnetische overgevoeligheid blijkt geassocieerd te zijn met aanleg voor paranoïde gedachten.

Reviews en meta-analyses

Recent onderzoek naar EMV en gezondheidsrisico's - Vijftiende rapport van de Scientific Swedish Radiation Safety Authority (SSM), Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2020
SSM's Wetenschappelijke Raad voor elektromagnetische velden: Huss A, Poulsen AH, Dasenbrock C, van Rongen E, Danker-Hopfe H, Mjönes L, Moberg L, Scarfi MR, Röösli M.
SSM-rapportnummer: 2021:08, ISSN: 2000-0456, maart 2020. Beschikbaar op www.stralsakerhetsmyndigheten.se.

Het huidige rapport is nummer vijftien in de reeks en beslaat studies die zijn gepubliceerd van januari 2019 tot en met december 2019. Nieuw onderzoek naar hersentumoren en het gebruik van mobiele telefoons is in lijn met eerder onderzoek dat meestal wijst op afwezigheid van risico. De schildklier wordt potentieel sterk blootgesteld tijdens mobiele telefoongesprekken, maar tot nu toe is er weinig onderzoek gedaan naar schildklierkanker. Er is echter een suggestieve verhoogde incidentie van schildkliermicrocarcinoom waargenomen in verband met langdurig en frequenter gebruik van mobiele telefoons. Recall bias van zelfgerapporteerd gebruik van mobiele telefoons kan een alternatieve verklaring zijn voor deze resultaten. In epidemiologische onderzoeken zijn

verbanden waargenomen tussen het gebruik van mobiele telefoons en niet-specifieke symptomen zoals hoofdpijn en psychische problemen. Verschillende onderzoeken suggereren echter dat deze associaties kunnen worden toegeschreven aan andere factoren, zoals een korte slaapduur of stress. Een factor die in tegenspraak is met het feit dat blootstelling aan radiogolven een significant bijdragend element is, is dat sterkere correlaties vaak worden gezien wanneer het blootstellingsniveau naar verwachting laag was. De in 2019 gepubliceerde studies ondersteunen dat blootstelling aan RF de concentratie van biomarkers bij mensen met symptomen die worden toegeschreven aan elektrohypersensitiviteit niet verandert. De steekproefomvang van de onderzoeken was echter klein, waardoor de statistische power om de afwezigheid van een risico met voldoende zekerheid aan te tonen, beperkt was.

Kan een causaal verband worden vastgesteld tussen akoestische neuroom en beroepsmatige blootstelling aan niet-ioniserende straling van mobiele communicatieapparatuur? Vergelijking tussen wetenschappelijke literatuurgegevens en medisch-juridische methodologie
G Montanari Vergallo, M Ralli, D Angeletti, A di Luca, B Mazzariol, A Greco, N M di Luca, M De Vincentiis.
Clin Ter. 2021 May 5;172(3):197-205.
Tijdens het proces van het vaststellen van het oorzakelijk verband kunnen medische en juridische methoden afwijken van de toegepaste definitienormen en terminologieën, wat de activiteiten van getuige-deskundigen kan belemmeren. De auteurs van het artikel hebben zich ten doel gesteld om te beoordelen of, en onder welke voorwaarden, een causaal verband kan worden vastgesteld tussen akoestische neuroom en blootstelling aan niet-ioniserende straling van mobiele communicatieapparatuur. De onderzoeksopzet is een systematische review. De auteurs hebben geput uit een uitspraak van het hof van beroep van Turijn uit 2020, waarin een dergelijk causaal verband werd gevonden in een enigszins eigenaardig geval: zeldzame tumor en blootstelling aan niet-ioniserende straling van ongewoon lange en regelmatige duur. De zaak vertoont verschillende eigenaardigheden, hierin geanalyseerd in het licht van a) wetenschappelijk bewijs met betrekking tot de etiopathogenese van het neuroom; b) beschikbare medisch-juridische literatuur die criteria voor causaliteitsbeoordeling definieert, en ten slotte c) gerechtelijke dossiers met betrekking tot de waarschijnlijkheidsnormen die worden toegepast om een causaal verband te bewijzen. Een direct verband kan niet worden bewezen, zelfs niet bij substantieel intense en langdurige blootstelling, als de toegepaste medisch-juridische normen niet consistent genoeg zijn om aan te tonen dat een verband meer waarschijnlijk is dan niet.
Conclusies: Verschillende elementen suggereren dat een causaal verband onwaarschijnlijk is: a) een gebrek aan bewijs over mensen; b) ratten die aan dergelijke straling zijn blootgesteld, hebben harttumoren ontwikkeld, niet in hun oren; c) blootstelling heeft bij muizen geen tumoren veroorzaakt; d) de blootstellingsduur is onverenigbaar met de grootte en het type van de tumor. Dat vierde punt betreft alleen de hier onderzochte casus, terwijl de eerste drie een algemene geldigheid hebben. De belangrijkste beperking van de huidige onderzoeksdesign is de heterogeniteit tussen de geïncludeerde onderzoeken. Retrospectieve en prospectieve studies zijn opgenomen, wat een bron van vertekening kan zijn.

Huidige vooruitgang in de evaluatie van het effect van straling van mobiele telefoons op de kwaliteit van het sperma: een bijgewerkte systematische review en meta-analyse van studies bij mensen en dieren.
Gang Yu, Zhiming Bai, Chao Song, Qing Cheng, Gang Wang, Zeping Tang, Sixing Yang.
Environ Pollut. 2021 Aug 1;282:116952.
Mogelijke onderdrukking van vruchtbaarheid als gevolg van straling van mobiele telefoons blijft een focus van onderzoekers. De auteurs voerden een meta-analyse uit van de effecten van straling van mobiele telefoons op de spermakwaliteit met behulp van recent onderzoek en stellen enkele perspectieven op dit onderwerp voor. Met behulp van de MEDLINE / PubMed, Embase, WOS,

CENTRAL en ClinicalTrials.gov databases, werden studies gepubliceerd vóór december 2020 over de effecten van het gebruik van mobiele telefoons / mobiele telefoon RF-EMR op de spermakwaliteit geïdentificeerd en gescreend. Negenendertig studies werden geïncludeerd. De gegevenskwaliteit en algemene informatie van de onderzoeken werden geëvalueerd en vastgelegd. Gegevens over spermakwaliteit (dichtheid, beweeglijkheid, levensvatbaarheid, morfologie en DFI) werden verzameld voor verdere analyses en subgroep-, gevoeligheids- en publicatiebiasanalyses werden uitgevoerd. De gepoolde resultaten van cross-sectionele studies bij mensen ondersteunden geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en een afname van de kwaliteit van het sperma. Verschillende studiegebieden droegen bij aan de heterogeniteit van de studies. In Oost-Europa en West-Azië was het gebruik van mobiele telefoons gecorreleerd met een afname van de spermadichtheid en -motiliteit. Blootstelling aan RF-EMR van mobiele telefoons zou de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van volwassen menselijk sperma in vitro kunnen verminderen. De gepoolde resultaten van dierstudies toonden aan dat blootstelling aan RF-EMR van mobiele telefoons de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van het sperma zou kunnen onderdrukken. Bovendien verminderde het de spermadichtheid bij muizen, bij ratten ouder dan 10 weken en bij ratten die tijdens blootstelling werden vastgehouden. Verschillen met betrekking tot leeftijd, modelleringsmethode, blootstellingsapparaat en blootstellingstijd droegen bij aan de heterogeniteit van dierstudies.
Conclusies: Eerdere studies hebben de nadelige effecten van straling van mobiele telefoons op sperma uitgebreid onderzocht en aangetoond. In de toekomst moeten nieuwe gestandaardiseerde criteria worden toegepast om mogelijke effecten van RF-EMR-doseringen van mobiele telefoons te evalueren. Verdere spermagerelateerde parameters op functioneel en moleculair niveau, evenals veranderingen in biologische kenmerken van geslachtscellen, moeten worden geëvalueerd.

Gebruik van mobiele telefoons

Gebruik van mobiele telefoons en het risico op glioom: komen de bevindingen van case-control-onderzoek overeen met Canadese tijdtrends in de incidentie van kanker?
Paul J Villeneuve, Franco Momoli, Marie-Élise Parent, Jack Siemiatycki, Michelle C Turner, Daniel Krewski.
Environ Res. 2021 May 21;111283.
Er blijft controverse over de vraag of mobiele telefoons kanker veroorzaken. De auteurs evalueerden of tijdelijke veranderingen in het gebruik van mobiele telefoons en de incidentie van glioom in Canada consistent waren met de hypothese van een verhoogd risico. Gegevens van de Canadian Cancer Registry werden gebruikt om de jaarlijkse incidentiecijfers voor glioma tussen 1992 en 2015 te berekenen. Het jaarlijkse aantal nieuwe gsm-abonnees werd bepaald met behulp van nationale industriestatistieken. Het aantal nieuw gediagnosticeerde gliomen werd vergeleken met het voorspelde aantal door risico's uit epidemiologische studies toe te passen op leeftijdsspecifieke populatieschattingen. Concreet berekenden de auteurs het "voorspelde" aantal incidente gliomen door de jaarlijkse prevalentie van gebruikers van mobiele telefoons en het aantal jaren van gebruik te bepalen. Deze schattingen werden vermenigvuldigd met de bijbehorende risicoschattingen om het voorspelde aantal gliomen te bepalen. Het aantal mobiele abonnementen in Canada steeg van nul in het begin van de jaren tachtig tot ongeveer 29,5 miljoen in 2015. Daarentegen bleven de leeftijdsgestandaardiseerde incidentiecijfers van glioom tussen 1992 en 2015 stabiel. Bij toepassing van risicoschattingen van i) een recente gepoolde analyse van Zweedse case-control studies, ii) de 13 landen tellende INTERPHONE-studie, en iii) recentere resultaten van gegevens verzameld uit de Canadese component van de INTERPHONE overschatten deze risico's het waargenomen aantal glioomgevallen dat in 2015 in Canada werd gediagnosticeerd met 50%, 86% , en 63%, respectievelijk.

Conclusies: Voorspellingen van glioomincidentietellingen met schattingen van het relatieve risico op glioom als gevolg van het gebruik van mobiele telefoons uit case-control studies overschatten de incidentiecijfers van glioom in Canada. De afwezigheid van een verhoging van de incidentie van glioom in combinatie met een duidelijke toename van het gebruik van mobiele telefoons suggereert dat er mogelijk geen causaal verband is tussen mobiele telefoons en glioom.

Gebruik van mobiele telefoons en trends in de incidentie van kanker van de parotis en andere speekselklieren.
Ken Karipidis, Rohan Mate, Masoumeh Sanagou, Chris Brzozek, David Urban, Mark Elwood.
Cancer Epidemiol. 2021 May 18;73:101961.
Het gebruik van mobiele telefoons is de afgelopen drie decennia aanzienlijk toegenomen en er is gesuggereerd dat er een verband is met kanker in het hoofd, waaronder kanker van de parotis en andere speekselklieren. De auteurs onderzochten de incidentietijdtrends van parotis- en andere speekselklierkankers in Australië om de invloed van toegenomen gebruik van mobiele telefoons vast te stellen. Analyses van trends in incidentietijd werden uitgevoerd met behulp van Poisson-regressie om de jaarlijkse procentuele verandering (APC) in de incidentie van speekselklierkanker te schatten in alle beschikbare nationale registratiegegevens van 1982 tot 2016, evenals in specifieke tijdsperioden (1982-1993, 1994-2005, 2006-2016) die veranderingen in de prevalentie van het gebruik van mobiele telefoons weergeeft. De incidentie van parotisklierkanker was stabiel voor de periodes 1982-1993 en 1994-2005. Gedurende 2006-2016 was er een grote afname van parotisklierkanker bij mannen (APC: -3,71, 95% BI: -6,66 tot -0,67) en een grote toename bij vrouwen (4,80, 1,77-7,91) voor volwassenen van 20-59 jaar. jaar. De incidentie van andere speekselklierkankers was stabiel gedurende alle perioden.
Conclusies: De resultaten wijzen er niet op dat het gebruik van mobiele telefoons de incidentie van parotis- of andere speekselklierkankers verhoogde. Een toename van parotisklierkanker bij vrouwen sinds 2006 kan worden toegeschreven aan andere mogelijke risicofactoren die specifiek zijn voor dit geslacht.

Trends in incidentie van niet-kwaadaardig meningeoom en vestibulair schwannoom in de Verenigde Staten, 2004-2017.
Diana R Withrow, Susan S Devesa, Dennis Deapen, Valentina Petkov, Alison L Van Dyke, Margaret Adamo, Terri S Armstrong, Mark R Gilbert, Martha S Linet.
Cancer. 2021 Jun 23.
Gezien de bezorgdheid over de risico's die gepaard gaan met het toenemende gebruik van mobiele telefoons in de afgelopen decennia, analyseerden de auteurs tijdelijke trends in de incidentie van niet-kwaadaardig meningeoom en vestibulair schwannoom in de Verenigde Staten. De incidentie van niet-maligne meningeoom en vestibulair schwannoom bij volwassenen in de Surveillance, Epidemiology en End Results 18 registers in de periode 2004 tot en met 2017 werd geëvalueerd volgens de diagnosemethode: microscopisch (MC) of radiografisch bevestigd (RGC). Jaarlijkse procentuele veranderingen (APC's) en 95% CI's werden geschat met behulp van log-lineaire modellen. De totale percentages meningeoom (n = 108.043) stegen significant van 2004 tot 2009 (APC, 5,4%; 95% BI, 4,4% - 6,4%) maar stegen vervolgens in een langzamer tempo tot 2017 (APC, 1,0%; 95% BI, 0,6 %-1,5%). Incidenties voor MC-meningeomen veranderden weinig van 2004 tot 2017 (APC, -0,3%; 95% BI, -0,7%, 0,1%) maar stegen snel voor RGC-meningeomen tot 2009 (APC, 9,5%; 95% BI, 7,8%-11,1 %) en nam daarna meer bescheiden toe (APC, 2,3%; 95% BI, 1,5%-3,0%). De totale percentages vestibulair schwannoom (n = 17.475) waren stabiel (APC, 0,4%; 95% BI, -0,2%, 1,0%), maar MC vestibulair schwannoompercentages daalden (APC, -1,9%; 95% BI, -2,7%, -1,1%, terwijl de RGC vestibulair schwannoom incidenties stegen (2006-2017: APC, 1,7%; 95% BI, 0,5%-3,0%). Voor elke tumor waren de trends volgens diagnostische methode vergelijkbaar voor elk geslacht en elke raciale/etnische groep, maar RGC-diagnose was

waarschijnlijker bij oudere patiënten en bij kleinere tumoren. Trends in meningeoom en het aandeel RGC-diagnoses varieerden aanzienlijk per register.
Conclusies: Algemene trends verdoezelden verschillen door diagnostische methode in deze eerste grote, gedetailleerde beoordeling, maar de recente stabiele cijfers pleiten tegen een verband met het gebruik van mobiele telefoons. Differentiële trends tussen registers en volgens diagnostische methode suggereren dat voorzichtigheid moet worden betracht bij het interpreteren van de patronen. Variatie tussen registers vereist evaluatie om de registratie van deze niet-kwaadaardige tumoren te verbeteren.

Residentiële blootstelling

Moderne gezondheidsbezorgdheden en idiopathische milieu-intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden worden geassocieerd met paranoïde gedachten.
Renata Szemerszky, Zsuzsanna Dömötör, Michael Witthöft, Ferenc Köteles.
J Psychosom Res. 2021 Jul;146:110501.
Aangenomen wordt dat paranoïde ideatie (ideevorming) kenmerkend is voor zorgen over mogelijke schadelijke effecten van moderne technologieën (MHW's) en idiopathische omgevingsintoleranties (IEI's), zoals IEI toegeschreven aan elektromagnetische velden (IEI-EMF). Empirisch bewijs voor deze associaties is schaars. In een transversale online-enquête vulden deelnemers van een gemeenschapssteekproef (n = 700; gemiddelde leeftijd: 28,4 ± 12,0; 434 vrouwen) de Somatosensory Amplification Scale, de Modern Health Worries Scale en de Paranoid Ideation Scale of the Symptom Checklist 90 Revised. Ze werden als IEI-EMF beschouwd als (1) ze zichzelf zo categoriseerden, (2) ze symptomen hadden ervaren die ze toeschreven aan de blootstelling aan elektromagnetische velden, en (3) de aandoening hun dagelijks functioneren beïnvloedde. Paranoïde ideatie was significant positief geassocieerd met MHW's (gestandaardiseerd $\beta = 0.150$, $p < .001$), zelfs na controle voor sociaal-demografische variabelen en somatosensorische amplificatietendens, een indicator van somatisch symptoomstress. Ook verklaarde paranoïde ideatie significante variabiliteit in IEI-EMF (OR = 1.090, 95% CI: 1.006-1.180, $p = .035$), zelfs na statistische controle voor socio-demografische variabelen en somatosensorische amplificatie.
Conclusies: Paranoïde gedachten bleek geassocieerd te zijn met MHW's en IEI-EMF. Deze associatie lijkt in beide gevallen onafhankelijk van algemene somatische symptoomklachten. Dit zou de tijdelijke stabiliteit van deze constructies gedeeltelijk kunnen verklaren.

Menselijk experimenteel onderzoek

Geen

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET TWEEDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

Seppe Segers, Maryse Ledent, & Birgit Mertens
Sciensano, Dienst Risico- en Gezondheidsimpactbeoordeling

Algemene Opmerkingen.

Dit rapport omvat negen experimentele studies en in totaal drie overzichtsartikels over de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente (RF) elektromagnetische velden. Over het algemeen blijft het, ook met deze aanvullende studies, moeilijk om een verband te leggen tussen *in vitro* en *in vivo* waargenomen biologische effecten van RF en een negatief gezondheidsresultaat voor de mens. Aangezien veel studies nog steeds significante beperkingen vertonen in hun experimentele opzet, zijn aanvullende studies met een adequate experimentele opzet nodig om verder te onderzoeken of RF-blootstelling leidt tot enig nadelig effect op de menselijke gezondheid.

In de review van Schuerman et al. werden de resultaten geëvalueerd van studies die het verband tussen ROS-vorming en RF-EMV-blootstelling onderzochten. Voor deze narratieve review werd een beoordeling gemaakt van een subset van *in vitro* en *in vivo* studies die in de laatste 10 jaar gepubliceerd werden in de Engelse taal en die relevant werden geacht voor de onderzoeksvraag. De nadruk werd gelegd op omgevingsrelevante en technisch relevante RF-EMV-frequenties. Afgezien daarvan werden door de auteurs van de review geen specifieke inclusie- of exclusiecriteria gebruikt. Aangezien er geen echte meta-analyse werd uitgevoerd, geeft de review eerder een overzicht van de beschikbare studies over dit onderwerp, in plaats van als een kwalitatieve beoordeling van de studies.

In de review van Yu G. et al. werden experimentele studies (menselijke cross-sectionele studies, menselijke sperma studies *in vitro*, en dierexperimenten over het verband tussen mobiel telefoongebruik/mobiele telefoon EMV en spermakwaliteit) beoordeeld. Inclusiecriteria waren de aanwezigheid van een controle- en/of vergelijkingsgroep en een stralingswaarde van RF-EMV van mobiele telefoons van minder dan 2 W/kg voor *in vitro* studies met menselijk sperma en dierstudies. Exclusiecriteria waren studies met RF-EMV die verschilden van RF-EMV van mobiele telefoons (zoals extreem laagfrequente-EMF, radar, EMV van mobiele telefoonbasisstations, enz.), studies waarin het effect op zwangerschap werd onderzocht, dierstudies en *in vitro* studies met gegevenswaarden met onjuiste decimalen en studies waarin het gemiddelde of de standaardafwijking niet kon worden berekend op basis van de beschikbare gegevens. Aanvankelijk werden 1073 papers verzameld, en na toepassing van de exclusiecriteria werden 39 studies in de uiteindelijke analyse opgenomen (5 studies bij mensen, 8 studies bij sperma bij mensen en 26 studies bij dieren). Er werd geen subgroepanalyse op stralingswaarde uitgevoerd. De gepoolde resultaten van cross-sectionele studies bij mensen leverden geen bewijs voor een verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en een achteruitgang van de spermakwaliteit, maar uit de analyse van de dichtheid, beweeglijkheid en morfologie van het sperma bleek wel dat in bepaalde geografische gebieden, namelijk Oost-Europa en West-Azië, homogenere resultaten werden verkregen, waaruit een achteruitgang van die factoren bleek. De samengevoegde resultaten van *in vitro*-studies met menselijke spermacellen toonden aan dat RF-EMR van mobiele telefoons *in vitro* invloed kan hebben op rijpe spermacellen, wat leidt tot een daling van de beweeglijkheid en de levensvatbaarheid van spermacellen. De auteurs wezen er echter op dat de huidige *in vitro*-gegevens niet direct aantonen dat het dragen van mobiele telefoons in broekzakken de kwaliteit

van spermacellen bij mannen negatief beïnvloedt, wat zou leiden tot een daling van de mannelijke vruchtbaarheid. Wat de *in vivo* gegevens betreft, blijkt uit het overzicht dat RF-EMV van mobiele telefoons bij ratten ouder dan 10 weken een significante afname van de dichtheid en beweeglijkheid van sperma veroorzaakt, terwijl bij ratten jonger dan 10 weken blootstelling aan RF-EMV van mobiele telefoons in een onvolwassen stadium niet zulke significante effecten heeft. De auteurs wijzen er ook op dat sommige studies die in deze meta-analyse zijn opgenomen van lage kwaliteit waren en dat hun onderzoeksinformatie onvolledig was, wat kan hebben bijgedragen tot de grote heterogeniteit van de studies en een diepgaande analyse in de weg heeft gestaan, waardoor er behoefte is aan meer studies van hoge kwaliteit over dit onderwerp.
Het artikel van de Vocht en collega's bevatte commentaar op de eerder besproken review van Choi e.a., waarbij werd gewezen op enkele beperkingen in hun beoordeling.

Alle individuele experimentele studies die in dit rapport zijn opgenomen, vertoonden beperkingen in hun experimentele opzet. Sommige studies bevatten geen of slechte dosimetriemetingen (Ioniţă et al., Hasan et al., Riffo et al., Chowdhury et al.) of gebruikten blootstellingssystemen die niet geschikt waren voor hun doel (Hasan et al., Riffo et al. Chowdhury et al.). Andere gebruikten stralingswaarden die veel hoger zijn dan de omgevingsniveaus (Jin H.). Bovendien bevatten sommige studies geen behoorlijke sham-condities (Hasan et al.) of was het onduidelijk of zij behoorlijke sham-condities gebruikten (Jelodar et al., Chowdhury et al.).

Correct geblindeerde testomstandigheden, hetzij door blinde gegevensvergaring/analyse, hetzij door dubbelblinde tests in het geval van studies bij dieren en mensen, wordt beschouwd als een belangrijk kwaliteitscontrolemechanisme dat de kwaliteit van de gegevens verbetert door de vooringenomenheid van de onderzoeker te elimineren. De meeste onderzoekers nemen dit nog steeds niet op in hun studieopzet, of vermelden het althans niet in hun publicatie (Chen C et al., Ioniţă et al., Jin H., Hasan et al., Jelodar et al., Mai et al., Riffo et al., Chowdhury et al.). Alleen het artikel van McNamee et al. bevatte alle noodzakelijke kwaliteitscontrolemechanismen. Zij onderzochten de effecten van 1800 MHz radiofrequente velden op signaaltransductie en antioxidante proteïnen in menselijke A172 glioblastoma cellen. De auteurs concludeerden dat er geen consistent bewijs was van veranderingen in antioxidant- en signaaltransductie-eiwitten.

Het blijft dus moeilijk om een biologisch effect dat in een *in vitro* of *in vivo* studie is waargenomen, in verband te brengen met een negatief gezondheidsresultaat bij de mens. Dit probleem werd ook benadrukt door de onderzoekers van verschillende studies. Bijgevolg zijn aanvullende studies nog steeds noodzakelijk om de relevantie van deze waargenomen biologische veranderingen voor de menselijke gezondheid te onderzoeken.

Reviews

**Schuermann D, Mevissen M. Door de mens geïnduceerde elektromagnetische velden en oxidatieve stress: biologische effecten en gevolgen voor de gezondheid [Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress-
Biological Effects and Consequences for Health]. Int J Mol Sci. 2021 Apr 6;22(7):3772. Doi: 10.3390/ijms22073772. PMID: 33917298; PMCID: PMC8038719.**

Door het alsmaar toenemende gebruik van elektrische apparaten en mobiele communicatiemiddelen is de blootstelling van de bevolking in de publieke ruimte en op het werk aan elektromagnetische velden (EMV) in het extreem-lage-frequentie- en radiofrequentiebereik een veelbesproken milieurisicofactor voor de gezondheid geworden. Radiofrequente (RF) EMV en

extreem laagfrequente (ELF) EMV zijn door het Internationaal Instituut voor Kankeronderzoek (IARC) ingedeeld als mogelijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2B). De productie van reactieve zuurstofsoorten (ROS), die mogelijk leiden tot cellulaire of systemische oxidatieve stress, bleek in studies in cellen en dieren vaak te worden beïnvloed door blootstelling aan EMV. In dit overzichtsartikel geven de auteurs een samenvatting van de belangrijkste experimentele bevindingen over oxidatieve stress in verband met blootstelling aan EMV's uit dier- en celstudies van de afgelopen tien jaar. De waarnemingen worden besproken in de context van moleculaire mechanismen en functionaliteiten die relevant zijn voor de gezondheid, zoals neurologische functie, genoomstabiliteit, immuunrespons, en voortplanting. De meeste dierstudies en veel celstudies rapporteerden een verhoogde oxidatieve stress veroorzaakt door RF-EMF en ELF-MF. Om het risico voor de menselijke gezondheid door blootstelling van de mens in te schatten, moeten echter ook experimentele studies bij de mens en epidemiologische studies in aanmerking worden genomen.

Yu G, Bai Z, Song C, Cheng Q, Wang G, Tang Z, Yang S. Huidige vooruitgang mbt het effect van gsm-straling op de spermakwaliteit: Een geactualiseerde systematische review en meta-analyse van studies bij mens en dier. [Current progress on the effect of mobile phone radiation on sperm quality: An updated systematic review and meta-analysis of human and animal studies.] Environ Pollut. 2021 Aug 1;282:116952. Doi: 10.1016/j.envpol.2021.116952. Epub 2021 Mar 30. PMID: 33862271.

Mogelijke vermindering van de vruchtbaarheid als gevolg van gsm-straling blijft een aandachtspunt bij onderzoekers. De auteurs van dit overzichtsartikel voerden meta-analyses uit op de effecten van gsm-straling op de spermakwaliteit aan de hand van recent bewijsmateriaal en stellen enkele perspectieven voor over deze kwestie. Met behulp van de MEDLINE/PubMed, Embase, WOS, CENTRAL, en ClinicalTrials.gov databanken, zochten en screenden de auteurs studies gepubliceerd vóór december 2020 over de effecten van gsm-gebruik/mobiele telefoon RF-EMV op de spermakwaliteit. Negenendertig studies werden opgenomen in het overzichtsartikel. De kwaliteit van de gegevens en de algemene informatie van de studies werden geëvalueerd en geregistreerd. Gegevens over de kwaliteit van het sperma (densiteit, beweeglijkheid, levensvatbaarheid, morfologie en DFI) werden verzameld voor verdere analyses, en de auteurs voerden subgroep-, gevoeligheids- en publicatiebias analyses uit. De gepoolde resultaten van menselijke cross-sectionele studies ondersteunden geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en een afname van de spermakwaliteit. Verschillen in studiegebied droegen bij tot de heterogeniteit van de studies. In Oost-Europa en West-Azië was het gebruik van mobiele telefoons gecorreleerd met een afname van de dichtheid en beweeglijkheid van sperma. Blootstelling aan RF-EMV van mobiele telefoons kan de beweeglijkheid en de levensvatbaarheid van volwassen menselijk sperma *in vitro* verminderen. De gecombineerde resultaten van dierstudies toonden aan dat blootstelling aan RF-EMV van mobiele telefoons de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma kon onderdrukken. Bovendien verminderde de spermadichtheid bij muizen, bij ratten ouder dan 10 weken en bij ratten die tijdens de blootstelling in bedwang werden gehouden. Verschillen in leeftijd, modelleringsmethode, blootstellingsapparaat en blootstellingsduur droegen bij tot de heterogeniteit van de dierstudies. Eerdere studies hebben de schadelijke effecten van gsm-straling op sperma uitvoerig onderzocht en aangetoond. De onderzoekers stellen dat in de toekomst nieuwe gestandaardiseerde criteria moeten worden toegepast om de potentiële effecten van RF-EMV-doses van mobiele telefoons te evalueren. Verdere sperma-gerelateerde parameters op functioneel en moleculair niveau alsook veranderingen in de biologische kenmerken van geslachtscellen moeten worden bestudeerd. Bovendien moet volgens hun ook het effect van RF-EMV van mobiele telefoons op afzonderlijke organen worden onderzocht.

De Vocht F, Röösli M. Commentaar op Choi, Y.-J., et al. Mobiel telefoongebruik en risico op tumoren: Systematisch overzicht en meta-analyse [Cellular Phone Use and Risk of Tumors: Systematic Review and Meta-Analysis.] Int. J. Environ. Res. Volksgezondheid 2020, 17, 8079. Int J Environ Res Public Health. 2021 Mar 18;18(6):3125. Doi: 10.3390/ijerph18063125. PMID: 33803580; PMCID: PMC8002929.

De Vocht en Röösli hebben opmerkingen gemaakt over de recent gepubliceerde geactualiseerde systematische review en meta-analyse van case-control studies van gsm-gebruik en kanker door Choi et al.

Neoplastische ziekten

In vivo studies

/

In vitro studies

/

Anti-genotoxiciteit studies

Ioniţă E, Marcu A, Temelie M, Savu D, Şerbănescu M, Ciubotaru M. Radiofrequentie EMV bestralingseffecten op pre-B lymfocyten die somatische recombinatie ondergaan. [Radiofrequency EMF irradiation effects on pre-B lymphocytes undergoing somatic recombination.] Sci Rep. 2021 Jun 16;11(1):12651. doi: 10.1038/s41598-021-91790-3. PMID: 34135382; PMCID: PMC8208969.

Intense elektromagnetische velden (EMV's) induceren DNA dubbelstrengige breuken (DSB's) in blootgestelde lymfocyten. De auteurs bestudeerden ontwikkelende pre-B lymfocyten na V(D)J recombinatie op de loci van hun Immunoglobuline lichte keten (IgL). Recombinatie induceert op fysiologische wijze DNA DSB's, en de auteurs testten of lage doses EMV-straling cellen in dit ontwikkelingsstadium kunnen beïnvloeden. Recombinerende pre-B-cellen werden gedurende 48 uur blootgesteld aan EMV's van lage intensiteit (maximale stralingsvermogensdichtheid flux S van 9,5 µW/cm2 en elektrische veldintensiteit 3 V/m) van golven met frequenties variërend van 720 tot 1224 MHz. Bestraalde pre-B-cellen vertoonden een vermindering van de recombinatie. De vermindering was afhankelijk van de energiedosis en vooral van de frequentie van het toegepaste EMV. Hoewel een recombinatievermindering van 50% zelfs bij een S van 9,5 µW/cm2 niet kan worden bereikt in cellen die bestraald zijn met 720 MHz, wordt een dergelijk effect bereikt in cellen die blootgesteld zijn aan een vermogen van slechts 0,45 µW/cm2 met golven van 950 en 1000 MHz. Een maximale viervoudige recombinatiereductie werd gemeten in cellen die werden blootgesteld aan 1000 MHz-golven met S van 0,2 tot 4,5 µW/cm2 en die normale niveaus van γH2AX gefosforyleerd histonen vertoonden. De bevindingen tonen volgens de auteurs aan dat de blootstelling van ontwikkelende B-cellen aan lage intensiteit EMV's de productieniveaus en de diversiteit van hun antilichamenrepertoire kan beïnvloeden.

Jin H, Kim K, Park GY, Kim M, Lee HJ, Jeon S, Kim JH, Kim HR, Lim KM, Lee YS. De beschermende effecten van EMV-LTE tegen DNA-Dubbelstrengbreukschade *in vitro* en *in vivo*. [The Protective

Effects of EMF-LTE against DNA Double-Strand Break Damage *In Vitro* and *In Vivo*.] Int J Mol Sci. 2021 May 12;22(10):5134. doi: 10.3390/ijms22105134. PMID: 34066270; PMCID: PMC8152012.

Door de snelle groei van de draadloze communicatie-industrie worden mensen op grote schaal blootgesteld aan elektromagnetische velden (EMV), voornamelijk bestaande uit radiofrequentie (RF) golflengtes. De huid wordt beschouwd als het primaire doelwit van EMV's door zijn perifere locatie. Recent bewijs suggereert dat extreem lage frequentie (ELF)-EMV de werkzaamheid van DNA-herstel in menselijke cellijnen kan verbeteren. De effecten van EMF-RF op DNA-schade blijven echter onbekend. In deze studie onderzochten de auteurs de impact van EMF-lange termijn evolutie (LTE, 1.762 GHz, 8 W/kg) bestraling op de vorming van DNA dubbelstrengige breuken (DSB) met behulp van de muriene melanoom cellijn B16 en de humane keratinocyte cellijn HaCaT. Blootstelling aan EMV-LTE alleen beïnvloedde de levensvatbaarheid van de cellen niet en induceerde geen apoptose of necrose. Bovendien werd DNA DSB-schade, zoals bepaald met de neutrale komeettest, niet geïnduceerd door EMV-LTE bestraling. Opmerkelijk is dat blootstelling aan EMV-LTE de DNA DSB-schade, veroorzaakt door fysische en chemische DNA-beschadigende stoffen [zoals ioniserende straling (IR, 10 Gy) in HaCaT- en B16-cellen en bleomycine (BLM, 3 µM) in HaCaT-cellen en een menselijke melanoomcellijn MNT-1], kan verminderen, wat suggereert dat EMV-LTE het herstel van DNA DSB-schade bevordert. Het beschermende effect van EMV-LTE tegen DNA-schade werd verder bevestigd door verzwakking van de DNA schade marker γ-H2AX na blootstelling aan EMV-LTE in HaCaT en B16 cellen. Het belangrijkste is dat bestraling van EMF-LTE (1,76 GHz, 6 W/kg, 8 uur/dag) op muizen *in vivo* gedurende 4 weken het γ-H2AX niveau in het huidweefsel verminderde, wat de beschermende effecten van EMV-LTE tegen DNA DSB schade verder ondersteunt. Bovendien was p53, het belangrijkste tumor-onderdrukkende gen, algemeen verhoogd door EMV-LTE bestraling in B16 en HaCaT cellen. Deze bevinding suggereert dat p53 een rol speelt in het beschermende effect van EMV-LTE tegen DNA DSB's. De onderzoekers concluderden op basis van deze resultaten dat EMV-LTE een beschermend effect zou kunnen hebben tegen DNA DSB-schade in de huid, hoewel verdere studies nodig zijn om de invloed op de menselijke gezondheid te begrijpen.

Effecten op het zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

/

In vitro studies

Chen C, Ma Q, Deng P, Lin M, Gao P, He M, Lu Y, Pi H, He Z, Zhou C, Zhang Y, Yu Z, Zhang L. 1800 MHz radiofrequentie elektromagnetisch veld belemmert de groei van neurieten door inhibitie van EPHA5 signaaltransductie. [1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Field Impairs Neurite Outgrowth Through Inhibiting EPHA5 Signaling.] Front Cell Dev Biol. 2021 Apr 12;9:657623. doi: 10.3389/fcell.2021.657623. PMID: 33912567; PMCID: PMC8075058.

De toenemende intensiteit van radiofrequentie elektromagnetische velden in het leefmilieu (RF-EMV) heeft de publieke bezorgdheid over de gezondheidseffecten ervan doen toenemen. Van bijzonder belang zijn de invloeden van RF-EMV blootstelling op de ontwikkeling van de hersenen. De mechanismen van de invloed van RF-EMV op de ontwikkeling van de hersenen zijn nog niet volledig duidelijk. In deze studie tonen de auteurs, gebaseerd op high-throughput RNA sequencing technieken, aan dat transcripten gerelateerd aan neuriet ontwikkeling significant werden beïnvloed door 1800 MHz RF-EMV blootstelling tijdens neuronale differentiatie. Blootstelling aan RF-EMV verminderde opmerkelijk de totale lengte van neurieten en het aantal

vertakkingspunten in neurale stamcellen-afgeleide neuronen en retinoïnezuur-geïnduceerde Neuro-2A cellen. De expressie van Eph receptoren 5 (EPHA5), die nodig is voor de uitgroei van neurieten, werd opmerkelijk geremd na blootstelling aan RF-EMV. Versterking van EPHA5 signalering herstelde de remmende effecten van RF-EMV op neuriet uitgroei. Bovendien stelden de auteurs vast dat cAMP-response element-bindend eiwit (CREB) en RhoA kritieke stroomafwaartse factoren waren van EPHA5 signalering in het mediëren van de remmende effecten van RF-EMV op neuriet uitgroei. De resultaten van de auteurs laten zien dat blootstelling aan RF-EMV de uitgroei van neurieten belemmert via EPHA5 signalering. Deze bevinding toonde de effecten en de belangrijkste mechanismen aan van hoe RF-EMF blootstelling de uitgroei van neurieten belemmert en verschafte ook een nieuwe aanwijzing voor het begrijpen van de invloeden van RF-EMF op de ontwikkeling van de hersenen.

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

Hasan I, Amin T, Alam MR, Islam MR. Hematobiochemische en histopathologische veranderingen van nieren en testis als gevolg van blootstelling aan 4G mobiele telefoonstraling bij muizen. [Hematobiochemical and histopathological alterations of kidney and testis due to exposure of 4G cell phone radiation in mice.] Saudi J Biol Sci. 2021 May;28(5):2933-2942. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.02.028. Epub 2021 Feb 17. PMID: 34012329; PMCID: PMC8117002.

De radiofrequentie elektromagnetische straling die wordt uitgezonden door smartphones en waaraan biologische systemen worden blootgesteld, heeft de laatste jaren veel aandacht gekregen in de media en heeft geleid tot bezorgdheid bij het publiek. Het doel van deze studie was het onderzoeken van de effecten van blootstelling aan de straling van de vierde generatie mobiele telefoons op hematologische (totaal aantal leukocyten, totaal aantal erytrocyten en hemoglobine %) en biochemische (serum creatinine) parameters en histopathologische veranderingen in de nieren en testis van Zwitserse albino muizen. In totaal werden 30 mannelijke Zwitserse albinomuizen van 45-65 g willekeurig verdeeld in drie groepen (n = 10). De eerste groep A was de controlegroep, de tweede groep B werd dagelijks 40 minuten blootgesteld aan straling van de mobiele telefoon, de derde groep C werd gedurende 60 dagen 60 minuten per dag blootgesteld aan straling van twee 2400 Megahertz vierde generatie aangesloten mobiele telefoons. Met de radiometer voor elektromagnetische straling werd de frequentie gemeten van de elektromagnetische straling die door de mobiele telefoons werd uitgezonden. De stralingswaarde werd berekend als 0,087 W/kg. De controlegroep werd onder soortgelijke omstandigheden gehouden, maar het elektromagnetische veld werd gedurende dezelfde periode niet toegediend. Alle muizen werden aan het eind van het experiment geëuthanaseerd. De bloedmonsters werden verzameld voor hematobiochemische studie, en daarna werden nier- en testisweefsels verzameld voor histopathologische studie. De resultaten van de studie toonden aan dat het lichaamsgewicht en het totale aantal erytrocyten aanzienlijk ($p < 0,05$) waren gedaald, terwijl het totale aantal leukocyten, het hemoglobine % en het serumcreatinine aanzienlijk ($p < 0,05$) waren gestegen in beide blootstellingsgroepen ten opzichte van de controlegroep. Histopathologische observatie toonde dat de nieren van 60 minuten blootgestelde muizen interstitiële ontsteking vertoonden die duidelijke mononucleaire cellulaire infiltratie veroorzaakt in vergelijking met de 40 minuten blootgestelde en controle muizen. Vergeleken met de controlemuizen vertoonde histopathologisch onderzoek van testikelweefsel van de blootgestelde muizen onregelmatige vormen en niet-uniforme afmetingen en minder spermatogene cellagen die leiden tot een groter lumen in de zaadbuizen. Er wordt door

de auteurs geconcludeerd dat blootstelling aan de straling van de vierde generatie mobiele telefoons de bloedvaten en de ontsteking van de nieren en het testisweefsel van de muizen kan beïnvloeden. Op basis van deze studies is het volgens de auteurs van deze studie belangrijk dat het publiek zich meer bewust wordt van de mogelijke schadelijke effecten van blootstelling aan radiofrequentie elektromagnetische straling van mobiele telefoons.

In vitro studies

/

Andere effecten

In vivo studies

Jelodar G, Azimzadeh M, Radmard F, Darvishhoo N. Verandering van intrapancreatische serotonine, homocysteïne, TNF-α, en NGF niveaus als predisponerende factoren voor diabetes na blootstelling aan 900-MHz golven. [Alteration of intrapancreatic serotonin, homocysteine, TNF-α, and NGF levels as predisposing factors for diabetes following exposure to 900-MHz waves.] Toxicol Ind Health. 2021 Jun 21:7482337211022634. doi: 10.1177/07482337211022634. Epub ahead of print. PMID: 34151670.

Blootstelling aan gsm-straling veroorzaakt volgens de auteurs nadelige gezondheidseffecten op biologische systemen. Het doel van deze studie was het onderzoeken van het effect van 900-MHz radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV), uitgezonden door een antenne van het basiszendstation, op intrapancreatisch homocysteïne (Hcy), tumor necrose factor-α (TNF-α), en zenuwgroeifactor (NGF) als factoren die betrokken zijn bij de beschadiging van pancreas betacellen. Dertig mannelijke ratten (Sprague-Dawley, 200 ± 10 g) werden willekeurig verdeeld in de controle (zonder enige blootstelling) en blootgestelde groepen: korte tijd (2 uur/dag), lange tijd (4 uur/dag), en blootgesteld aan 900-MHz RF-EMV gedurende 30 opeenvolgende dagen. In de laatste dagen van het experiment werden de dieren gedood en werd pancreasweefsel verwijderd voor evaluatie van serotonine, Hcy, TNF-α, en NGF. Er was een significante daling van de serotonine- en NGF-spiegels in het pancreasweefsel van de blootgestelde groepen vergeleken met de controlegroep ($p < 0,05$). Ook waren de niveaus van serotonine en NGF bij de langdurige blootstelling significant lager dan bij de kortdurende blootstelling ($p < 0,05$). Echter, de niveaus van Hcy en TNF-α waren significant verhoogd in de pancreas van de blootgestelde groepen in vergelijking met de controlegroepen ($p < 0,05$). Blootstelling aan 900-MHz RF-EMV verlaagde de pancreas NGF en serotonine niveaus en verhoogde de pro-inflammatoire markers (Hcy en TNF-α), wat een predisponerende factor kan zijn voor type 2 diabetes.

Mai TC, Braun A, Bach V, Pelletier A, de Seze R. Blootstelling aan lage radiofrequentie induceert vasoconstrictie bij ratten. [Low-Level Radiofrequency Exposure Induces Vasoconstriction in Rats.] Bio-elektromagnetica. 2021 May 20. doi: 10.1002/bem.22350. Epub ahead of print. PMID: 34015144.

Recente studies hebben aangetoond dat de fysiologische reacties van knaagdieren op laag-intensieve radiofrequente (RF) elektromagnetische velden vergelijkbaar zijn met thermoregulatoire reacties op koude omstandigheden. De primaire autonome respons op blootstelling aan koude is perifere vasoconstrictie die knaagdieren in staat stelt warmteverlies te beperken en een relatief constante interne lichaamstemperatuur te handhaven. In de huidige studie

onderzochten de auteurs de effecten van 900 MHz RF op een laag niveau (stralingswaarde van 0,35 W/kg) op de huidtemperatuur van de staart (Ttail) bij ratten. De auteurs toonden aan dat ratten blootgesteld aan RF een lagere Ttail hadden dan controle ratten bij omgevingstemperaturen tussen 27 en 28 °C, wat suggereert dat RF een merkbare mate van vasoconstrictie zou kunnen induceren bij mild-warme omgevingstemperaturen. Dit verschil in Ttail werd onderdrukt na de intraperitoneale injectie van een vasodilator, een α-adrenerge antagonist, hetgeen de hypothese van de vasoconstrictie bij blootgestelde ratten bevestigt. Bovendien leidde blootstelling aan RF, net als een reactie op koude stimuli, tot verhoogde plasmaconcentraties van belangrijke factoren: noradrenaline (een neurotransmitter die verantwoordelijk is voor vasoconstrictie en thermogenese) en vetzuren (markers van geactiveerde thermogenese). Over het algemeen geven deze bevindingen volgens de auteurs aan dat laag-intensieve RF niveaus enkele belangrijke fysiologische gebeurtenissen in gang kunnen zetten die gewoonlijk geassocieerd worden met reacties op koude bij ratten.

In vitro studies

Kim JH, Kang DJ, Bae JS, Lee JH, Jeon S, Choi HD, Kim N, Kim HG, Kim HR. Activatie van matrix metalloproteïnasen en FoxO3a in HaCaT keratinocyten door blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden. [Activation of matrix metalloproteinases and FoxO3a in HaCaT keratinocytes by radiofrequency electromagnetic field exposure.] Sci Rep. 2021 Apr 7;11(1):7680. doi: 10.1038/s41598-021-87263-2. PMID: 33828192; PMCID: PMC8027011.

Aangezien de huid het grootste orgaan van het lichaam is en een belangrijke beschermingsfunctie vervult, wordt ze vaak blootgesteld en kan ze fysiologisch beïnvloed worden door blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV). In deze studie stelden de auteurs vast dat blootstelling aan 1760 MHz RF-EMF (4,0 W/kg stralingswaarde gedurende 2 uur/dag gedurende 4 dagen) intracellulaire productie van reactieve zuurstofspecies (ROS) in HaCaT humane keratinocyten kon induceren met behulp van 2',7'-dichlorofluorescine diacetaat fluorescente probe-analyse. De celgroei en levensvatbaarheid werden echter niet beïnvloed door blootstelling aan RF-EMV. Aangezien oxidatieve stress in de huid een grote invloed heeft op het verouderingsproces van de huid, analyseerden de auteurs de huidverouderingsgerelateerde factoren die door ROS-generatie worden geactiveerd. Matrix metalloproteinases 1, 3, en 7 (MMP1, MMP3, en MMP7), de belangrijkste aan huidrimpels gerelateerde eiwitten, namen significant toe in HaCaT cellen na blootstelling aan RF-EMV. Daarnaast namen ook de gelatinolytische activiteiten van de uitgescheiden MMP2 en MMP9 toe door blootstelling aan RF-EMV. FoxO3a (Ser318/321) en ERK1/2 (Thr 202/Tyr 204) fosforyleringsniveaus werden significant verhoogd door RF-EMV blootstelling. De expressieniveaus van Bcl2 en Bax waren echter niet significant veranderd, wat aangeeft dat de apoptotische route niet geactiveerd werd in keratinocyten na blootstelling aan RF-EMV. Samenvattend tonen de bevindingen van de auteurs aan dat blootstelling aan 1760 MHz RF-EMV ROS generatie induceert, wat leidt tot MMP activatie en FoxO3a en ERK1/2 fosforylering. Deze gegevens suggereren dat blootstelling aan RF-EMV cellulaire senescentie van huidcellen induceert door ROS-inductie in HaCaT menselijke keratinocyten.

McNamee JP, Grybas VS, Qutob SS, Bellier PV. Effecten van 1800 MHz radiofrequente velden op signaaltransductie en antioxidant proteïnen in humane A172 glioblastoma cellen. [Effects of 1800 MHz radiofrequency fields on signal transduction and antioxidant proteins in human A172 glioblastoma cells.] Int J Radiat Biol. 2021 Jun 4:1-17. doi: 10.1080/09553002.2021.1934751. Epub ahead of print. PMID: 34047676.

Doel: Nagaan wat de effecten zijn van blootstelling aan 1800 MHz radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV) op de expressie van signaaltransductie- en antioxidant-eiwitten in een humane afgeleide A172 glioblastoma cellijn.
Materialen en methodes: Adherente humane A172 glioblastoma cellen (1.0 × 105 cellen per 35 mm kweekschaal, met 2 ml DMEM media) werden blootgesteld aan 1800 MHz continu-golf (CW) of GSM-gemoduleerde RF velden, in de aanwezigheid of afwezigheid van serum gedurende 5, 30 of 240 min bij een stralingswaarde (SAR) van 0 (sham) of 2.0 W/kg. Gelijktijdige negatieve (vehicle) en positieve controles (1 µg/mL anisomycine) werden opgenomen in elk experiment. Cellysaten werden onmiddellijk na blootstelling verzameld, gestabiliseerd met protease en fosfatase remmers in lysis buffer, dan bevroren en bewaard bij -80 °C tot analyse. De relatieve expressieniveaus van gefosforyleerde en totale signaaltransductie-eiwitten (CREB, JNK, NF-κB, ERK1/2, Akt, p70S6K, STAT3 en STAT5) en antioxidante eiwitten (SOD1, SOD2, CAT, TRX1, PRX2) werden beoordeeld met behulp van Milliplex magnetic bead array panels en een MagPix Multiplex imaging systeem.
Resultaten: In cellen blootgesteld aan 1800 MHz continue RF-EMV met de aanwezigheid van serum in het kweekmedium, was de CAT-expressie statistisch significant verlaagd na een blootstelling van 30 min; was de totale JNK verlaagd bij zowel 30 als 240 min blootstelling; was STAT3 verlaagd na 240 min blootstelling en was de gefosforyleerde-CREB-expressie verlaagd na 30 min blootstelling. In cellen die blootgesteld werden aan 1800 MHz GSM-gemoduleerde RF-EMV in serumvrije culturen was het expressieniveau van totaal STAT5 na 30 en 240 min blootstelling verlaagd. Deze veranderingen werden sporadisch waargenomen bij verschillende tijdstippen, kweekomstandigheden en RF-EMV-blootstellingscondities, wat erop wijst dat dit waarschijnlijk vals-positieve resultaten zijn. Wanneer cellen werden behandeld met anisomycine gedurende 15 min als een positieve controle, werden dramatische toenames in de expressie van gefosforyleerde signaleringseiwitten waargenomen in zowel serum-arme als serum-gevoede A172 cellen, met grotere fold change toenames in de serum-vrije culturen. Geen statistisch significante verschillen in de expressieniveaus van SOD1, SOD2 of TRX1 werden waargenomen onder alle geteste condities na blootstelling aan RF-EMV.
Conclusies: De huidige studie vond geen consistent bewijs van veranderingen in de expressie van antioxidant-eiwitten (SOD1, SOD2, CAT of TRX2) of een verscheidenheid van signaaltransductie-eiwitten (CREB, JNK, NF-κB, ERK1/2, Akt, p70S6K, STAT3, STAT5) in een humane afgeleide glioblastoma A172 cellijn als reactie op blootstelling aan 1800 MHz continue-golf of GSM-gemoduleerde RF-EMV gedurende 5, 30 of 240 min in serumvrije of serumbevattende culturen.

Chowdhury A, Singh Y, Das U, Waghmare D, Dasgupta R, Majumder SK. Effecten van gsm-emissies op menselijke rode bloedcellen. [Effects of mobile phone emissions on human red blood cells.] J Biophotonics. 2021 Apr 19:e202100047. doi: 10.1002/jbio.202100047. Epub ahead of print. PMID: 33871929.

Raman spectroscopie werd uitgevoerd op rode bloedcellen (RBC's) die werden blootgesteld aan GSM 900 en 1800 MHz mobiele telefoon signalen. De waargenomen veranderingen in de Raman spectra van aan mobiele signalen blootgestelde RBC's in vergelijking met de niet-blootgestelde controle suggereren een verminderde hemoglobine-zuurstof affiniteit voor de blootgestelde cellen. Het mogelijke mechanisme is een activering van de spanningsafhankelijke Ca2+ membraankanalen door de gsm-emissies, wat resulteert in een verhoging van de niveaus van adenosinetrifosfaat (ATP) en 2,3-difosfoglyceraat (2,3-DPG) in de cellen via veranderde metabolische activiteiten. Verder onderzoek met een fluorescerende Ca2+ indicator bevestigde een verhoogd intracellulair Ca2+ niveau in de blootgestelde cellen. Aangezien het intracellulaire ATP-niveau de vorm en de mechanische eigenschappen van RBC's beïnvloedt, werden de blootgestelde cellen bestudeerd met behulp van diffractiefasemicroscopie en een optisch pincet. Veranderingen in vorm en mechanische eigenschappen werden waargenomen als gevolg van blootstelling aan mobiele signalen.

OVERZICHT VAN STUDIES OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE STRALING DIE IN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD – DERDE TRIMESTER

OVERZICHT VAN DE EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMAAN-EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET DERDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

dr. Els De Waegeneer
Vakgroep volksgezondheid en eerstelijnszorg
Universiteit Gent

Algemene conclusies voor dit trimester

De meeste epidemiologische studies ondersteunen geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en tumoren in het hoofd.
In studies die positieve associaties rapporteren, is het moeilijk om verschillende vormen van bias uit te sluiten, zoals recall bias bij retrospectieve blootstellingsbeoordeling. Verschillende methodologische problemen moeten worden opgehelderd om conclusies te kunnen trekken over mogelijke negatieve gezondheidseffecten die optreden onder de wettelijke limieten.
De review op basis van een systematisch literatuuronderzoek en kwaliteitsevaluatie suggereert geen nadelige gezondheidseffecten van wifi-blootstelling onder de wettelijke limieten.

Reviews en meta-analyses

Effects of mobile phone usage on sperm quality – No time-dependent relationship on usage: A systematic review and updated meta-analysis

Achtergrond en doelstelling: Mobiele telefoons zenden radiofrequente (RF) elektromagnetische golven uit en dit kan mogelijks negatieve effecten hebben op het hart, de hersenen, het endocrien systeem en de voortplanting. De auteurs voerden een systematische review en geupdate meta-analyse uit om te bepalen of de blootstelling aan radiofrequente straling de kwaliteit van menselijk sperma beïnvloedt.
Methodologie: Dit onderzoek is uitgevoerd in overeenstemming met de PRISMA-richtlijnen. De uitkomstmaten die de kwaliteit van het sperma weergeven, waren beweeglijkheid, levensvatbaarheid en dichtheid, de meest gebruikte parameters in klinische instellingen om de vruchtbaarheid te beoordelen.
Resultaten: De auteurs evalueerden 18 onderzoeken met 4280 monsters. Blootstelling aan mobiele telefoons wordt geassocieerd met verminderde beweeglijkheid, levensvatbaarheid en concentratie

van het sperma. De afname van de spermakwaliteit na blootstelling aan RF-EMW was niet significant, zelfs niet wanneer het gebruik van mobiele telefoons toenam.
Conclusie: De afname van de spermakwaliteit na blootstelling aan RF-EMW was niet significant, zelfs niet wanneer het gebruik van mobiele telefoons toenam.
Opmerking: De studie heeft een aantal belangrijke beperkingen, zoals de methode om blootstelling te beoordelen (zelfgerapporteerde gegevens), de aanwezigheid van verschillende verstorende variabelen en de focus op bepaalde subgroepen, in plaats van de representatie van de totale menselijke populatie.

Health Effects of WiFi radiation

Dongus S., Jalilian H., Schürmann D., Röösli M. (2021). Health Effects of Wifi Radiation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.* https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1951549

Achtergrond en doelstelling: Hoewel wifi weinig bijdraagt aan de totale blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) in onze dagelijkse omgeving, is er bezorgdheid gerezen of dit specifieke type RF-EMV gezondheidsproblemen veroorzaakt. Het doel van deze review is om alle soorten onderzoeken te evalueren die biologische en gezondheidseffecten van wifi-blootstelling hebben onderzocht en die voldoen aan de basiskwaliteitscriteria.
Methodologie: Epidemiologische, menselijke experimentele, in vivo en in vitro studies met realistische wifi-blootstellingsinstellingen kwamen in aanmerking voor opname. De auteurs voerden een systematisch literatuuronderzoek uit voor alle artikelen die tussen januari 1997 en augustus 2020 zijn gepubliceerd, gevolgd door een kwaliteitsreview over blindering en dosimetrie in experimentele studies en verschillende soorten vooroordelen in epidemiologische studies. Van de 1385 artikelen die door literatuuronderzoek werden geïdentificeerd, voldeden 23 aan de basiskwaliteitscriteria: 6 epidemiologische artikelen, 6 menselijke experimentele artikelen, 9 in vivo artikelen en 2 in vitro artikelen.
Resultaten: Terwijl in vivo en in vitro studies blootstellingsniveaus tot 4 W/kg toepasten, hadden studies bij mensen betrekking op blootstellingsniveaus die enkele ordes van grootte lager waren dan de ICNIRP-richtlijnen, die typisch zijn voor wifi-blootstellingssituaties in de dagelijkse omgeving. Talloze uitkomsten, variërend van biologische markers tot symptomen, bleken meestal niet geassocieerd te zijn met wifi-blootstelling. Sporadische bevindingen waren niet consistent in termen van uitkomsten of blootstelling-responsassociaties.
Conclusie: Deze review op basis van een systematisch literatuuronderzoek en kwaliteitsevaluatie suggereert geen nadelige gezondheidseffecten van wifi-blootstelling onder de wettelijke limieten.

Electromagnetic emissions from mobile networks and potential effect on health - Preliminary study.

Chountala C., Baldini G. (2021). Electromagnetic emissions from mobile networks and potential effect on health - Preliminary study. *European Commission, Joint Research Centre.* https://ec.europa.eu/jrc

Achtergrond en doelstelling: Deze studie analyseert statistische gegevens om de relaties tussen de groei van mobiele netwerken en de incidentie van sommige pathologieën zoals hersenkanker te onderzoeken. Het rapport gaat niet in op een mogelijk verband tussen andere bronnen van radiofrequentie-emissies, waaronder wifi, omroep, elektriciteitsleidingen en militaire

communicatiesystemen. Het bevat een overzicht van eerdere onderzoeken om lacunes te identificeren die moeten worden aangepakt. Het onderzoek is gebaseerd op een brede analyse van historische gegevens van de afgelopen dertig jaar, die betrekking hebben op de uitrol van opeenvolgende generaties mobiele netwerken van 2G tot heden. In dit onderzoek is rekening gehouden met de ontwikkelingen tot eind 2020.

Methodologie: De gehanteerde zoekcriteria voor de publicaties waren gebaseerd op het zoeken in de wetenschappelijke databases www.sciencedirect.com, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/ en https://ieeexplore.ieee.org/Xplore /home.jsp. voor de volgende trefwoorden met een EN/OF-conditie: “EMV”, “RF-EMF”, “gezondheid”, “radiofrequentie”, “cellulaire netwerken”,” mobiele telefoon”, “mobiele communicatie”, “kanker”, “ tumor''tumor'. Na de eerste zoekopdracht werd een meer gedetailleerde analyse van de gevonden onderzoeken uitgevoerd. Met name de gerelateerde werk- en literatuuroverzichten van de onderzoeken die uit de bovenstaande zoekopdracht zijn opgehaald, zijn geanalyseerd om verdere interessante onderzoeken te identificeren. Prioriteit werd gegeven aan peer-review publicaties en publicaties in tijdschriften in de Science Citation Index en de Science Citation Index Expanded. In deze studie werd ook prioriteit gegeven aan studies bij mensen in plaats van studies bij dieren of in vitro, hoewel er ook enkele relevante studies bij dieren en in vitro werden gerapporteerd. Na bestudering van de relevante literatuur werd besloten een analyse uit te voeren om mogelijke relaties tussen het gebruik van mobiele telefoons en de incidentie van hersenkanker te onderzoeken. Cruciale factoren voor het definiëren van de methodologie waren de verzameling van datasets en de afbakening van het geografische gebied. De statistische methode die voor de analyse werd gebruikt, afhankelijk van de beschikbare datasets, was ook belangrijk voor het onderzoek. Op basis van het literatuuronderzoek en de beschikbare datasets is de door de Vocht ontwikkelde statistische analyse overgenomen. Het doel van de uitgevoerde analyse was niet alleen om een mogelijke relatie tussen het gebruik van mobiele telefoons en de incidentie van hersenkanker te onderzoeken, maar ook om beperkingen te beoordelen, zoals onzekerheden (bijv. kwaliteit van gegevens) die van invloed kunnen zijn op de resultaten van de analyse.

Conclusies: De volgende belangrijke observaties en bevindingen worden geïdentificeerd:

1. In de meeste onderzoeken die in het huidige rapport zijn beoordeeld, werden blootstellingsniveaus gerapporteerd die significant lager waren dan de EMV-referentieniveaus die zijn vastgesteld door de ICNIRP-richtlijnen.
2. Metingen van RF-EMV van mobiele netwerken geven aan dat downlinkvermogen van mobiele basisstations de belangrijkste bijdrage leveren aan de totale blootstelling aan RF-EMF van mensen. Er is een algemene consensus in de literatuur over deze bevinding. Bovendien is de blootstelling aan RF-EMV evenredig met de dichtheid van mobiele gebruikers of het niveau van mobiel netwerkverkeer.
3. Sommige onderzoeken hebben aangetoond dat basisstations van cellulaire netwerken op daken zeer hoge niveaus (dwz gerapporteerde blootstelling in een vergelijkbaar bereik als de referentieniveaus van de meest beperkende lidstaten in Europa) van RF-EMV-blootstelling in woonruimten kunnen genereren (bijv. appartementen, balkons) in de buurt van de basisstations.
4. De meeste onderzoeken die zich richtten op de impact van blootstelling aan RF-EMFVop de menselijke gezondheid (bijv. kanker, slaap en cognitieve functies) rapporteerden in hun bevindingen geen significante gezondheidseffecten.
5. Sommige laboratoriumstudies hebben negatieve metabolische activiteiten gevonden in in-vitroculturen of muizen met langdurige blootstelling aan RF-EMV (Incident E-veldsterkte van 50 V/m bij 1800 MHz, wat nog steeds onder de ICNIRP-niveaus ligt).

6. Studies suggereren dat andere toxische stimuli (bijv. vervuiling) en hun cumulatieve impact (mogelijke nadelige gezondheidseffecten) ook in overweging moeten worden genomen bij het evalueren van het mogelijke effect van RF-EMV op de gezondheid.
7. De meeste van de beoordeelde onderzoeken rapporteerden geen significante correlatie tussen het ontstaan van kanker en het gebruik van mobiele telefoons, behalve enkele onderzoeken die melden dat er een consistent patroon is van verhoogd risico op glioom en akoestische neuroom geassocieerd waarbij het gebruik van mobiele en draadloze telefoons aangeeft dat verder onderzoek nodig is.
8. Veel epidemiologische onderzoeken hebben melding gemaakt van het gebrek aan beschikbaarheid van voldoende medische datasets met een grote tijdspanne, omdat het ontstaan van kanker zich pas over een zeer lange tijdspanne kan voordoen (bijv. 10 jaar en meer).
9. De huidige statistische analyse vond geen bewijs van een toename van de incidentie van hersenkanker en andere kankers van het centraal zenuwstelsel in de jaren die volgden op de evolutie van cellulaire netwerken in de onderzochte regio's. Ondanks de verschillende soorten geïdentificeerde onzekerheden, komt bovenstaande bevinding overeen met de conclusies van de literatuur, die geen significant verband aantoont tussen het voorkomen van kanker en mobiele communicatie.

Cancer World Report 2020
International Agency for Research on Cancer, World Health Organization.
Wild C.P., Weiderpass E., Stewart B.W. (2020). *World Cancer Report: Cancer Research for Cancer Prevention*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from: http://publications.iarc.fr/586.
Conclusie: De meeste epidemiologische onderzoeken rapporteren geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en tumoren in het hoofd, het lichaamsdeel met de hoogste blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden. In onderzoeken die positieve associaties rapporteren, is het moeilijk om verschillende vormen van bias uit te sluiten, zoals recall bias bij retrospectieve blootstellingsbeoordeling.

Gebruik van mobiele telefoons

Mobile Phone Use and T|me Trend of Brain Cancer Incidence Rate in Korea
Choi K., Ha J., Bae S. Lee A., Choi H., Hwan Ahn Y., Ha M., Joo H., Kwon H., Jung K. (2021*)* Mobile Phone Use and Time Trend of Brain Cancer Incidence Rate in Korea*. Bioelectromagnetics, 00*, 1–20.
Achtergrond en doelstelling: Deze studie evalueerde de tijdtrends in het aantal abonnees op mobiele telefoons per mobiele netwerkgeneratie (G) en de incidentie van hersenkanker per type in Korea.
Methodologie: De auteurs hebben gegevens verkregen van de Information Technology Statistics of Korea (1984-2017) en Korea Central Cancer Registry (1999-2017). De gemiddelde jaarlijkse procentuele verandering werd geschat met behulp van Joinpoint-regressieanalyse. De studie evalueerde 29.721 gevallen van hersenkanker met een leeftijdgestandaardiseerde incidentie van 2,89/100.000 personen.

Resultaten: De jaarlijkse leeftijdgestandaardiseerde incidentie van glioom en glioblastoom nam significant toe bij respectievelijk 2,6% en 3,9% van de mannen en 3,0% en 3,8% van de vrouwen. De incidentie was het hoogst voor de frontaalkwab. De incidentie van gliomen van niet-gespecificeerde graad nam jaarlijks toe met 7,8%; die voor niet-gespecificeerde topologie en histologie namen af. De incidentie van glioom, glioblastoom, frontaal, temporaal en hooggradig glioom nam toe bij ouderen. De incidentie van glioom, glioblastoom, frontaal, temporaal en hooggradig glioom nam toe bij personen ouder dan 60 jaar. Er werd geen verband gevonden tussen het aantal mobiele telefoons en de incidentie van hersenkanker in Korea. Langetermijnonderzoek is noodzakelijk vanwege de latentieperiode van hersenkanker.
Conclusie: Er werd geen verband gevonden tussen het aantal mobiele telefoons en de incidentie van hersenkanker in Korea.
Opmerking: De methodologie in deze studie is pover omwille van de beoordeling van de blootstelling via een abonnement op een mobiel nummer.

Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain.

Hu C., Zuo H., Li Y. (2021) Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain. *Frontiers of Public Health 9:* 691880

Achtergrond en doelstelling: De biologische effecten van elctromagnetische straling hebben wereldwijd veel aandacht getrokken. De mogelijke interactie met menselijke organen, met name de hersenen, is momenteel waar de meeste aandacht op is gericht. Veel onderzoeken hebben aangetoond dat het zenuwstelsel een belangrijk doelorgaan is dat gevoelig is voor electromagnetische straling. In de afgelopen jaren hebben steeds meer onderzoeken zich gericht op de neurobiologische effecten, waaronder het metabolisme en transport van neurotransmitters. Als boodschappers van transmissie spelen neurotransmitters een cruciale rol in cognitief en emotioneel gedrag. Hier worden de effecten van electromagnetische straling op het metabolisme en de receptoren van neurotransmitters in de hersenen samengevat.
Conclusie: Het onderzoek naar de synthese, het metabolisme en het transport van neurotransmitters in de hersenen door electromagnetische straling neemt geleidelijk toe, maar door de verschillende parameters van de straling, experimentele objecten en omstandigheden zijn de experimentele resultaten niet erg consistent en is vergelijking moeilijk. De effecten van electromagnetische straling op het metabolisme en het transport van neurotransmitters blijven onopgehelderd

Health Effects of 5G

Belpoggi F. (2021). *Health Effects of 5G*. European Parliamentary Research Service. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690012/EPRS_STU(2021)690012_EN.pdf

Achtergrond en doelstelling: De afgelopen decennia hebben zich een ongeëvenaarde ontwikkelingen voorgedaan van technologieën die bekend staan als informatie- en communicatietechnologieën (ICT), waaronder draadloze communicatie die wordt gebruikt voor mobiele telefoons en bijvoorbeeld Wi-Fi met behulp van radiofrequente (RF) elektromagnetische velden (EMV). De eerste generatie draagbare mobiele telefoons kwam eind jaren tachtig op de markt. Vervolgens hebben de tweede (2G), derde (3G) en vierde (4G, langetermijnevolutie = LTE) generaties hun penetratiegraad in de samenleving drastisch verhoogd, zodat er vandaag in Europa meer apparaten dan inwoners zijn. Bovendien zijn wifi en andere vormen van draadloze gegevensoverdracht alomtegenwoordig en wereldwijd beschikbaar. De introductie van de volgende generatie RF, 5G, is begonnen op mobiele netwerken. 5G is geen geheel nieuwe technologie, maar

een evolutie van reeds bestaande G1 naar G4-technologieën. 5G-netwerken zullen werken binnen verschillende frequentiebanden, waarvan de lagere frequenties worden voorgesteld voor de eerste fase van 5G-netwerken. Verschillende van deze frequenties worden momenteel gebruikt voor eerdere generaties mobiele communicatie. Er zijn ook plannen om in latere stadia van de evolutie van de 5G-technologie veel hogere radiofrequenties te gebruiken. De nieuwe banden liggen ruim boven het ultrahoge frequentiebereik (UHF), met golflengten in het centimeterbereik (3-30 GHz) of millimeterbereik (MMW) bij 30-300 GHz. Deze laatste banden zijn van oudsher gebruikt voor radar- en microgolfverbindingen en er zijn maar heel weinig banden onderzocht op hun impact op de menselijke gezondheid.
Methodologie: Deze beoordeling van het momenteel beschikbare wetenschappelijke bewijs is gericht op zowel de kankerverwekkende als de reproductieve/ontwikkelingseffecten van RF van telecommunicatiesystemen voor mobiele telefoons die 2G-5G-netwerken gebruiken, gebaseerd op zowel in vivo dierstudies als epidemiologische studies bij mensen. De geëvalueerde onderzoeken zijn in twee groepen verdeeld: 1) onderzoeken die gezondheidseffecten evalueren als gevolg van RF in het lagere frequentiebereik (FR) (FR1: 450 tot 6 000 MHz), waaronder ook de frequenties vallen die worden gebruikt in de bestaande 2-4 generaties van het breedband mobiele netwerk. Het huidige bewijs uit 2G-4G-onderzoeken is het beste bewijs dat momenteel beschikbaar is; 2) onderzoeken naar gezondheidseffecten als gevolg van RF bij de hogere FR (FR2: 24 tot 100 GHz - MMW). De hogere frequenties zijn nieuw, niet eerder gebruikt voor mobiele communicatie en specifiek voor de nieuwe 5G-technologie, die bepaalde fysieke kenmerken en interacties met biologische materie heeft (lagere penetratie, hogere energie, enz.): ze werden afzonderlijk beschouwd met behulp van een scoping review-methode .
Resultaten: De auteurs vonden 950 artikelen over de carcinogeniteit van RF-EMF bij mensen en 911 artikelen over experimentele knaagdierstudies, in totaal 1861 studies. Met betrekking tot reproductie-/ontwikkelingsstudies vonden de auteurs 2 834 artikelen voor epidemiologie en 5 052 studies voor experimentele knaagdierstudies, in totaal 7 886 studies.
Conclusie: Op basis van het huidige literatuuroverzicht en de hierboven vermelde overwegingen komen de auteurs tot de volgende conclusies:
- Kanker bij mensen: er is beperkt bewijs voor carcinogeniteit van RF-straling bij mensen. Bij het bijwerken van de resultaten van de algemene evaluatie van 2011 tot 2020 zijn er opnieuw positieve associaties waargenomen tussen blootstelling aan radiofrequente straling van draadloze telefoons en zowel glioom (tumor van de hersenen) als akoestische neuroom, maar het menselijke bewijs is nog steeds beperkt.
- Voortplantings-/ontwikkelingseffecten bij de mens: er zijn voldoende aanwijzingen voor nadelige effecten op de vruchtbaarheid van mannen. Er is beperkt bewijs van nadelige effecten op de vruchtbaarheid bij vrouwen. Er is beperkt bewijs van ontwikkelingseffecten bij nakomelingen van moeders die tijdens de zwangerschap veel mobiele telefoons gebruikten.

Opmerkingen:
- Er zijn methodologische problemen met betrekking tot de onderzoeken in de review: beoordeling van blootstelling is vaak gebaseerd op zelfgerapporteerde gegevens; in sommige onderzoeken worden verschillende bronnen van blootstelling (zoals blootstelling aan mobiele telefoons en beroepsmatige blootstelling) samen geanalyseerd, wat een nauwkeurige conclusie onmogelijk maakt; er zijn verschillende verstorende variabelen aanwezig in de onderzoekspopulaties.
- De nadelige effecten van RF op de reproductieve gezondheid worden volgens de auteur veroorzaakt door de thermische effecten op straling. Er zijn echter blootstellingslimieten die negatieve gezondheidseffecten voorkomen.

- De onderzoeken naar gezondheidseffecten van RF op de ontwikkeling bij mensen laten ook veel methodologische problemen zien: zelfgerapporteerde gegevens, gebrek aan duidelijke blootstellingsbeoordeling en de aanwezigheid van verschillende mogelijk verstorende variabelen (zoals blootstelling aan lood tijdens de zwangerschap).
- De gegevens over kankerverwekkende effecten zijn methodologisch niet goed geïnterpreteerd, zoals aangetoond door Garofalo et al. (2020). Cancerogenic effects of radiofrequency radiation: A statistical reappraisal. *Environmental Research, 191*, https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110233

Health Risk Associated with 5G exposure: A view from the communications engineering perspective.

Chiaraviglio L., Elzanaty A., Alouini M.S. (2021). Health Risk Associated with 5G exposure: A view from the communications engineering perspective. *IEEE Open Journal of the Communications Society, 2,* 2131-2179.

Achtergrond en doelstelling: De uitrol van de vijfde generatie (5G) draadloze communicatiediensten vereist de installatie van 5G next-generation Node-B Base Stations (gNB's) over het grondgebied en de brede acceptatie van 5G User Equipment (UE). In deze context maakt de bevolking zich zorgen over de mogelijke gezondheidsrisico's die gepaard gaan met de radiofrequentie-emissies (RF) van 5G-apparatuur, waarbij verschillende gemeenschappen actief werken aan het stoppen van de uitrol van 5G. Om deze zorgen het hoofd te bieden, analyseren de auteurs in dit werk de gezondheidsrisico's die samenhangen met 5G-blootstelling door een nieuw en alomvattend standpunt in te nemen, gebaseerd op het perspectief van communicatietechnologie.

Methodologie: de auteurs onderzoeken de vermeende gezondheidseffecten van 5G-blootstelling en beoordelen kritisch de nieuwste werken waarnaar vaak wordt verwezen om de gezondheidsproblemen van 5G te ondersteunen. Vervolgens onderzoeken ze nauwkeurig de actuele statistieken, voorschriften en beoordeling van nalevingsprocedures voor 5G-blootstelling, door de nieuwste richtlijnen te evalueren van het Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), de International Telecommunication Union (ITU), de International Electrotechnical Commission (IEC) en de United States Federal Communications Commission (FCC), evenals de nationale regelgeving in meer dan 220 landen. De auteurs analyseren ook de belangrijkste gezondheidsrisico's die vaak worden geassocieerd met specifieke 5G-functies (bijv. multiple-input multiple-output (MIMO), beamforming, celverdichting, toepassing van millimetergolven en aansluiting van miljoenen apparaten). Ten slotte worden de risicobeperkende technieken op basis van communicatietechnologie onderzocht die kunnen worden geïmplementeerd om de blootstelling van 5G gNB en UE te verminderen.

Conclusie: De auteurs stellen dat de algemeen waargenomen gezondheidsrisico's die aan 5G worden toegeschreven, niet worden ondersteund door wetenschappelijk bewijs vanuit de communicatietechnologie. Daarnaast leggen ze uit hoe de oplossingen om de gezondheidsrisico's van 5G (inclusief nu nog onbekende effecten) te minimaliseren al matuur zijn en klaar zijn om geïmplementeerd te worden. Ten slotte worden toekomstige activiteiten voorgesteld, bijvoorbeeld gericht op het evalueren van de langetermijneffecten van 5G-blootstelling, evenals innovatieve oplossingen om de RF-emissies verder te verminderen.

Time-temperature thresholds and safety factors for thermal hazards from radiofrequency energy above 6 GHz.

Foster K.R., Ziskin M.C., Balzano Q. (2021). Time-temperature Thresholds and Safety Factors for Thermal Hazards from Radiofrequency Energy above 6 GHz. *Health Physics, 121(3):* 234-247.

Achtergrond en doelstelling: Twee belangrijke sets blootstellingslimieten voor radiofrequente (RF) straling, die van de International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP 2020) en het Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE C95.1-2019), werden onlangs herzien en bijgewerkt met significante wijzigingen in limieten boven 6 GHz via de millimetergolf (mm-golf) band (30-300 GHz). Deze studie vergelijkt beschikbare gegevens over thermische schade en pijn door blootstelling aan RF-energie boven 6 GHz met overeenkomstige gegevens van infraroodenergie en andere warmtebronnen en schat de veiligheidsfactoren in die zijn opgenomen in de IEEE- en ICNIRP-limieten voor RF-blootstelling. Deze beoordeling richt zich uitsluitend op thermische gevaren van RF-blootstelling boven 6 GHz op de huid en het hoornvlies, de meest blootgestelde weefsels in het beschouwde frequentiebereik.
Resultaten: Gegevens over thermische schade door RF en IR en pijndrempels laten zien dat blootstellingen ver boven de huidige ICNIRP- en IEEE-limieten vereist zouden zijn om thermisch gevaarlijke effecten te veroorzaken.

Millimeter (MM) wave and microwave frequency radiation produce deeply penetrating effects: the biology and the physics.
Pall M. (2021). Millimeter (MM) wave and microwave frequency radiation produce deeply penetrating effects: the biology and the physics. *Review of Environmental Health,* https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0165
Achtergrond en doelstelling: Millimetergolf (MM) elektromagnetische velden (EMV's) zullen naar verwachting geen penetratie-effecten in het lichaam veroorzaken. Het elektrische magnetische deel van MM-EMF's wordt bijna volledig geabsorbeerd binnen de buitenste 1 mm van het lichaam, maar het magnetische deel niet. Van knaagdieren wordt gemeld dat MM-golven penetratie-effecten hebben op de hersenen, het myocardium, de lever, de nieren en het beenmerg. MM-golven produceren elektromagnetische gevoeligheid-achtige veranderingen in knaagdier-, kikker- en schaatsweefsels. Bij mensen hebben MM-golven penetratie-effecten, waaronder effecten op de hersenen, waardoor EEG-veranderingen en andere neurologische/neuropsychiatrische veranderingen worden veroorzaakt, een toename van de schijnbare elektromagnetische overgevoeligheid en veranderingen op hartactiviteit. Deze review richt zich op verschillende zaken die nodig zijn om de penetratie-effecten van MM-golven en microgolven te begrijpen: 1. Elektronisch gegenereerde EMV's zijn coherent en produceren veel hogere elektrische en magnetische krachten dan natuurlijke onsamenhangende EMV's. 2. De vaste relatie tussen elektrische en magnetische velden die worden aangetroffen in EMV's in een vacuüm of een zeer permeabel medium zoals lucht, voorspeld door de vergelijkingen van Maxwell, wordt afgebroken in andere materialen. In het bijzonder worden MM-golf elektrische velden bijna volledig geabsorbeerd in de buitenste 1 mm van het lichaam vanwege de hoge diëlektrische constante van biologische waterige fasen. De magnetische velden zijn echter zeer sterk doordringend. 3. In de tijd variërende magnetische velden spelen een centrale rol bij het produceren van sterke penetratie-effecten. Het primaire mechanisme van EMV-actie is spanningsafhankelijke calciumkanaalactivering (VGCC) waarbij de EMV's werken via hun krachten op de spanningssensor, in plaats van door depolarisatie van het plasmamembraan. Twee verschillende mechanismen, een indirect en een direct mechanisme, zijn consistent met en voorspeld door de fysica, om de penetrerende MM-golf VGCC-activering via de spanningssensor te verklaren. In de tijd variërende coherente magnetische velden, zoals voorspeld door de Maxwell-Faraday-versie van de inductiewet van Faraday, kunnen krachten uitoefenen op ionen die diep in het lichaam zijn opgelost in waterige fasen, waardoor coherente elektrische velden worden geregenereerd die de VGCC-spanningssensor activeren. Bovendien kunnen in de tijd variërende magnetische velden direct krachten uitoefenen op de 20 ladingen in de VGCC-spanningssensor.

Resultaten: Er zijn hier drie zeer belangrijke bevindingen die zelden worden erkend in de wetenschappelijke literatuur van EMV: coherentie van elektronisch gegenereerde EMV's; de sleutelrol van in de tijd variërende magnetische velden bij het genereren van zeer doordringende effecten; de sleutelrol van zowel modulerende als zuivere EMF-pulsen bij het sterk vergroten van de tijdvariatie op zeer korte termijn van magnetische en elektrische velden op hoog niveau. Het is waarschijnlijk dat echte veiligheidsrichtlijnen elektrische en magnetische velden onder een bepaald maximumniveau moeten houden om echte veiligheid te produceren.
Opmerkingen: Verschillende auteurs hebben wetenschappelijke bias en methodologische fouten gevonden in het artikel van Pall:

- Foster K.R., Balzano Q. (2021). Comments on Martin Pall, "Millimeter (MM) wave and microwave frequency radiation produce deeply penetrating effects: the biology and the physics", ***Reviews on Environmental Health***, Published online May 26, 2021. https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0165

- Panagopoulos D.J. (2021). Comments on Pall's "Millimeter (MM) wave and microwave frequency radiation produce deeply penetrating effects: the biology and the physics", Reviews on Environmental Health, Published online July 12, 2021. https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0090

Residentiële blootstelling

/

Menselijk experimenteel onderzoek

Effects of 2.45 GHz Wi-Fi exposure on sleep-dependent memory consolidation
Bueno-Lopez A., Danker-Hopfe H., Eggert T., Dorn H., Schmid G., Hirtl R. (2020). Effects of 2.45 GHz Wi-Fi exposure on sleep-dependent memory consolidation. *Journal of Sleep Research, 30.*
Achtergrond en doelstelling: Studies hebben aangetoond dat blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) uitgezonden door mobiele telefonie specifieke slaapfuncties kunnen beïnvloeden. Mogelijke effecten van RF-EMV uitgezonden door Wi-Fi-netwerken op slaapafhankelijke geheugenconsolidatieprocessen zijn tot nu toe niet onderzocht. De huidige studie onderzocht de impact van wifi (2,45 GHz) blootstelling gedurende de hele nacht op slaapafhankelijke geheugenconsolidatie en de bijbehorende fysiologische correlaten.
Methodologie: Dertig jonge mannen (gemiddelde ± standaarddeviatie [SD]: 24,1 ± 2,9 jaar) namen deel aan deze dubbelblinde, gerandomiseerde, schijnblootstelling-gecontroleerde cross-over studie. De deelnemers brachten vijf nachten door in het laboratorium. De eerste nacht was een aanpassings-/screeningsavond. De tweede en vierde nacht waren basisnachten, elk gevolgd door een experimentele nacht met wifi (maximum: psSAR10g = <25 mW/kg; 6 min gemiddelde: <6,4 mW/kg) of schijnblootstelling. Declaratieve, emotionele en procedurele geheugenprestaties werden gemeten met respectievelijk een woordpaar, een opeenvolgend vingertikken en een gezichtsherkenningstaak. Verder werden leergerelateerde hersenactiviteitsparameters geanalyseerd.
Resultaten: Hoewel het emotionele en procedurele geheugen niet werden beïnvloed door blootstelling aan RF-EMV, was de nachtelijke verwerking van de declaratieve taak significant beter

in de Wi-Fi-conditie. Geen van de slaapspecifieke parameters na het leren werd echter beïnvloed door blootstelling.
Conclusie: Het significante effect van wifi-blootstelling op declaratief geheugen waargenomen op gedragsniveau werd niet ondersteund door resultaten op fysiologisch niveau. Vanwege inconsistenties kan dit resultaat ook een willekeurige bevinding zijn.

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET DERDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

Seppe Segers, Maryse Ledent & Birgit Mertens
Sciensano, Dienst Risico- en Gezondheidsimpactevaluatie

Reviews

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

Kim S, Han D, Ryu J, Kim K, Kim YH. Effecten van gsm-gebruik op spermakwaliteit - Geen tijdsafhankelijke relatie met gebruik: Een systematisch overzicht en bijgewerkte meta-analyse. [Effects of mobile phone usage on sperm quality - No time-dependent relationship on usage: A systematic review and updated meta-analysis.] Environ Res. 2021 Jul 30;202:111784. doi: 10.1016/j.envres.2021.111784. Epub ahead of print. PMID: 34333014.
Achtergrond: Mobiele telefoons zenden radiofrequente (RF) elektromagnetische golven (EMV) uit. Deze RF-stralen kunnen door het menselijk lichaam worden geabsorbeerd en mogelijk nadelige effecten uitoefenen op de hersenen, het hart, het endocriene systeem en het reproductief systeem. Op basis van nieuwe bevindingen uit talrijke studies over het effect van het gebruik van mobiele telefoons op de kwaliteit van sperma die sinds 2012 zijn gepubliceerd, hebben de auteurs een systematische review en bijgewerkte meta-analyse uitgevoerd om te bepalen of de blootstelling aan RF-EMV de kwaliteit van het menselijk sperma beïnvloedt.
Methoden: Deze studie werd uitgevoerd in overeenstemming met de PRISMA-richtlijnen. De parameters voor de kwaliteit van het sperma waren beweeglijkheid, levensvatbaarheid en concentratie. Dit zijn de meest gebruikte parameters in klinische settings om de vruchtbaarheid te beoordelen.
Resultaten: De auteurs evalueerden 18 studies die 4280 stalen omvatten. Blootstelling aan mobiele telefoons wordt in verband gebracht met verminderde beweeglijkheid, levensvatbaarheid en concentratie van sperma. De afname van de spermakwaliteit na blootstelling aan RF-EMW was niet significant, zelfs wanneer het gebruik van de mobiele telefoon toenam. Deze bevinding was consistent over experimentele *in vitro* en observationele *in vivo* studies.
Discussie: Geaccumuleerde gegevens uit *in vivo* studies tonen aan dat het gebruik van mobiele telefoons schadelijk is voor de kwaliteit van het sperma. Aanvullende studies zijn nodig om het effect te bepalen van de blootstelling aan EMV uitgezonden door nieuwe modellen van mobiele telefoons die in de huidige digitale omgeving worden gebruikt.

Sciorio R, Tramontano L, Esteves SC. Effecten van radiofrequente straling afkomstig van mobiele telefoons op de kwaliteit van sperma [Effects of mobile phone radiofrequency radiation on sperm quality.] Zygote. 2021 Aug 13:1-10. doi: 10.1017/S096719942100037X. Epub ahead of print. PMID: 34384508.
In de laatste decennia heeft het universele gebruik van mobiele telefoons bijgedragen tot de verontreiniging van het milieu door radiofrequente elektromagnetische straling. De gestage toename van het gebruik van mobiele telefoons heeft geleid tot bezorgdheid over de effecten van telefoonstraling op de mannelijke reproductieve gezondheid. Epidemiologische studies maken melding van een scherpe daling van het aantal zaadcellen in ontwikkelingslanden en wereldwijd,

waarbij ongeveer 14% van de koppels problemen heeft om zwanger te worden en waarvan vele worden toegeschreven aan een onvruchtbaarheidsfactor bij de man. Het is bekend dat milieu- en levensstijlfactoren bijdragen tot mannelijke onvruchtbaarheid. Blootstelling aan warmte, straling of radioactiviteit kan schade veroorzaken aan biologische weefselorganen, waaronder de testis. Gezien het alomtegenwoordige gebruik van mobiele telefoons, moeten de mogelijke schadelijke effecten van de resulterende omgevingsstraling verder worden opgehelderd. Er lijkt een verband te bestaan tussen de verhoogde blootstelling aan radiofrequentie van mobiele telefoons en de achteruitgang van de spermakwaliteit, maar het bewijsmateriaal is niet sluitend. Dit overzicht geeft een samenvatting van het bewijsmateriaal betreffende de mogelijke nadelige effecten van gsm-straling op het mannelijk voortplantingsstelsel, met de nadruk op de spermakwaliteit. De auteurs analyseren ook de effecten van verhoogde testiculaire temperatuur en oxidatieve stress op de mannelijke vruchtbaarheid en bespreken hoe deze factoren de fysiologische activiteiten van de testis zouden kunnen verstoren.

Mahaldashtian M, Khalili MA, Anbari F, Seify M, Belli M. Uitdagingen met betrekking tot het effect van gsm-straling op embryo's en foetussen van zoogdieren: een literatuuroverzicht. [Challenges on the effect of cell phone radiation on mammalian embryos and fetuses: a review of the literature.] Zygote. 2021 Sep 29:1-7. doi: 10.1017/S0967199421000691. Epub ahead of print. PMID: 34583799.
Mobiele telefoons werken met een breed scala van frequentiebanden en zenden radiofrequentie-elektromagnetische straling (RF-EMV) uit. De bezorgdheid over de mogelijke gevaren van RF-EMV voor de gezondheid is in veel landen toegenomen omdat deze RF-EMV impulsen in de lichaamscellen kunnen worden geabsorbeerd en deze rechtstreeks kunnen aantasten. Er zijn aan aantal *in vitro* en *in vivo* dierstudies beschikbaar met betrekking tot de gevolgen van blootstelling aan RF-EMV afkomstig van mobiele telefoons voor de ontwikkeling van embryo's en de nakomelingen. Sommige studies hebben aangetoond dat RF-EMV afkomstig van mobiele telefoons kan leiden tot een afname van de bevruchting en de ontwikkeling van embryo's, en tot het risico van ontwikkelingsanomalieën. Andere studies vonden dat weer dat RF-EMV geen invloed heeft op het succespercentage van in-vitrofertilisatie of intracytoplasmatische sperma-injectie, en evenmin op het percentage chromosoomafwijkingen. Natuurlijk is het onethisch om het effect van de golven van mobiele telefoons op de zich vormende menselijke embryo's te bestuderen. Omgekeerd vertonen andere zoogdieren qua anatomie, fysiologie en genetica veel gelijkenissen met de mens. Daarom hebben de auteurs zich in dit overzicht geconcentreerd op de bestaande literatuur waarin de mogelijke effecten van RF-EMV op de embryonale en foetale ontwikkeling van zoogdieren worden geëvalueerd.
(De volledige versie van het artikel kon niet worden teruggevonden.)

Effecten op het zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

Hinrikus H, Lass J, Bachmann M. Drempelwaarde voor het effect van radiofrequente elektromagnetische velden op de menselijke hersenen. [Threshold of radiofrequency electromagnetic field effect on human brain.] Int J Radiat Biol. 2021 Aug 23:1-11. doi: 10.1080/09553002.2021.1969055. Epub ahead of print. PMID: 34402382.
Doel: Dit overzichtsartikel heeft tot doel de drempelwaarde van de effecten van radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) op de menselijke hersenen in te schatten op basis van een analyse van gepubliceerde onderzoeksresultaten. Om de drempelwaarde voor de RF-EMV effecten te evalueren werden twee benaderingen toegepast: (1) de analyses van de beperkingen in gevoeligheid voor verschillende stappen van het fysische model van het mechanisme van RF-EMV

op laag niveau en (2) de analyses van experimentele gegevens om de afhankelijkheid van het RF-EMV effect van het blootstellingsniveau te verduidelijken op basis van de resultaten van gepubliceerde originele neurofysiologische en gedragsstudies bij de mens gedurende 15 jaar (2007-2021).
Conclusies: De analyse van het fysische model van de niet-thermische mechanismen van RF-EMV effecten leidt tot de conclusie dat er geen drempelwaarde voor het effect kan worden bepaald. Op basis van de review van de experimentele gegevens bedraagt bij EEG onderzoeken in rust het percentage gedetecteerde RF-EMV effecten 76,7%, bij EEG-onderzoeken in slaap 41,7% en bij gedragsonderzoeken 38,5%. De veranderingen in het EEG treden waarschijnlijk eerder op dan dat de veranderingen in het gedrag zich manifesteren. Het laagste niveau van RF-EMV waarbij het effect in het EEG werd gedetecteerd is 2,45 V/m (SAR = 0,003 W/kg). Er is een voorlopige aanwijzing dat de afhankelijkheid van het effect van het niveau van blootstelling eerder de veldsterkte dan de SAR-veranderingen volgt. Er zijn echter niet voldoende gegevens beschikbaar om de lineariteit/non-lineariteit van de afhankelijkheid van het effect van het niveau van RF-EMV te bepalen. De bevinding dat slechts een deel van de mensen gevoelig is voor blootstelling aan RF-EMV kan verband houden met immuniteit voor straling of overgevoeligheid. De door RF-EMV geïnduceerde veranderingen in het EEG bleken in het merendeel van de geanalyseerde studies vergelijkbaar en vergelijkbaar met die bij depressie. Volgens de auteurs is het mogelijke oorzakelijke verband tussen RF-EMV effect en depressie bij jonge mensen een zeer belangrijk probleem.

Hu C, Zuo H, Li Y. Effecten van radiofrequente elektromagnetische straling op neurotransmitters in de hersenen. [Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain.] Front Public Health. 2021 Aug 17;9:691880. doi: 10.3389/fpubh.2021.691880. PMID: 34485223; PMCID: PMC8415840.
Door de snelle ontwikkeling van elektronische informatie in de afgelopen 30 jaar worden technische ontwikkelingen gebaseerd op elektromagnetisme nu op grote schaal toegepast in verschillende domeinen die verband houden met de menselijke productie en het leven. Bijgevolg is elektromagnetische straling (EMV) een belangrijke nieuwe verontreinigingsbron in de moderne beschaving geworden. De biologische effecten van EMV hebben wereldwijd veel aandacht getrokken. De mogelijke wisselwerking van EMV met menselijke organen, in het bijzonder de hersenen, krijgt momenteel de meeste aandacht. Verschillende studies hebben aangetoond dat het zenuwstelsel een belangrijk doelorgaansysteem is dat gevoelig is voor EMV. De laatste jaren was er een toename in het aantal studies gericht op de neurobiologische effecten van EMV, waaronder het metabolisme en het transport van neurotransmitters. Neurotransmitters spelen, als boodschappers van synaptische transmissie, een cruciale rol in cognitief en emotioneel gedrag. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de effecten van EMV op het metabolisme en de receptoren van neurotransmitters in de hersenen.

Andere effecten – Effecten of het endocrien system

Alkayyali T, Ochuba O, Srivastava K, Sandhu JK, Joseph C, Ruo SW, Jain A, Waqar A, Poudel S. Onderzoek naar de effecten van radiofrequente straling van mobiele telefoons en extreem laagfrequente straling op schildklierhormonen en schildklierhistopathologie. [An Exploration of the Effects of Radiofrequency Radiation Emitted by Mobile Phones and Extremely Low Frequency Radiation on Thyroid Hormones and Thyroid Gland Histopathology.] Cureus. 2021 Aug 20;13(8):e17329. doi: 10.7759/cureus.17329. PMID: 34567874; PMCID: PMC8451508.

Het gebruik van mobiele telefoons is de laatste twee decennia sterk toegenomen. Mobiele telefoons produceren een radiofrequent elektromagnetisch veld (RF-EMV), een vorm van niet-ioniserende straling. In tegenstelling tot de ioniserende straling waarvan bewezen is dat zij DNA-beschadiging veroorzaakt, zijn de schadelijke effecten van niet-ioniserende straling op het menselijk lichaam nog niet aangetoond. De schildklier behoort tot de organen die het meest gevoelig zijn voor gsm-straling, omdat deze zich in de voorste hals bevindt. Het doel van de auteurs in dit literatuuroverzicht is om de effecten van het elektromagnetische veld (EMV), in het bijzonder radiofrequentie uitgezonden door mobiele telefoons, op schildklierhormonen en schildklierhistopathologie te onderzoeken. De auteurs zochten in de databanken PubMed en Google Scholar naar relevante studies die na het jaar 2000 werden gepubliceerd, en gebruikten daarbij de volgende trefwoorden: 'mobiele telefoons', 'mobiele telefoons', 'telefoons', 'elektromagnetische velden', 'radiofrequente straling', 'microgolven', 'schildklier', 'schildklierhormonen', en 'schildklierkanker'. Uit dit overzicht blijkt dat radiofrequente straling van mobiele telefoons (RFR) in verband kan worden gebracht met schildklierinsufficiëntie en veranderingen in de serumspiegels van schildklierhormonen, met een mogelijke verstoring van de hypothalamus-hypofyse-schildklieras. Het onderzoek toonde ook histopathologische veranderingen aan in de schildklierfollikels na blootstelling van ratten aan niet-ioniserende straling. De resultaten hielden rechtstreeks verband met de hoeveelheid en de duur van de blootstelling aan EMV-straling. Verder onderzoek naar schildklierhormonen, microscopische morfologie en schildklierkanker bij mensen wordt door de auteurs sterk aanbevolen voor toekomstig onderzoek.

Neoplastische ziektes

In vivo studies

Kolosnjaj-Tabi J, Golzio M, Bellard E, Catrain A, Chretiennot T, Saurin Q, Tarayre J, Vezinet R, Rols MP. Blootstelling van gezonde muizen en muizen die tumoren dragen aan krachtige elektromagnetische golven: evaluatie van de effecten op de groei, het gedrag, de tumorgroei en de vaatpermeabilisatie bij muizen. [High Power Electromagnetic Waves Exposure of Healthy and Tumor Bearing Mice: Assessment of Effects on Mice Growth, Behavior, Tumor Growth, and Vessel Permeabilization.] Int J Mol Sci. 2021 Aug 7;22(16):8516. doi: 10.3390/ijms22168516. PMID: 34445226; PMCID: PMC8395230.

High power radiofrequenties kunnen de werking van elektronische apparaten tijdelijk of permanent verstoren, maar hun effect op levende systemen blijft onbekend. Om de veiligheid en de biologische effecten van smal- en breedband high power elektromagnetische (HPEM) golven te evalueren, bestudeerden de auteurs de effecten van blootstelling aan deze straling bij gezonde muizen en muizen met tumoren. In veldexperimenten veranderde de blootstelling aan 1,5 GHz smalband elektromagnetische velden met een invallende amplitudepiekwaarde van 40 kV/m en aan 150 MHz breedband elektrische velden met een amplitudepiekwaarde van 200 kV/m de groei van gezonde en tumordragende dieren niet, noch had het enige invloed op de groei van cutane tumoren bij muizen. Hoewel de auteurs geen merkbare gedragsveranderingen bij muizen waarnamen tijdens de blootstelling aan smalband signalen wanneer breedbandige HPEM-signalen werden toegepast, vertoonden de muizen een soortgelijke gedrag als hun reactie op luide geluidssignalen: namelijk als een muis de kooi verkende voordat het signaal werd toegepast, keerde hij terug naar zijn metgezellin wanneer breedband HPEM-signalen werden toegepast. Bovendien werd het effect van breedbandsignalen op de normale doorlaatbaarheid van de

bloedvaten in real time beoordeeld bij muizen met dorsale-kamerblootstelling in een proefstudie met breedbandsignaalapplicatoren. Deze pilootstudie, uitgevoerd binnen de applicator en uitgevoerd op laboratoriumschaal, suggereert dat de blootstelling aan breedbandsignalen met een amplitude van 47,5 kV/m niet resulteert in een verhoogde vaatpermeabiliteit.

In vitro studies

/

(Anti-)Genotoxiciteitsstudies

/

Effecten op het zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

/

In vitro studies

Kim JH, Jeon S, Choi HD, Lee JH, Bae JS, Kim N, Kim HG, Kim KB, Kim HR. Blootstelling aan langdurige evolutieradiofrequente elektromagnetische velden vermindert de proliferatie van neuroblastoomcellen via Akt/mTOR-gemedieerde cellulaire senescentie. [Exposure to long-term evolution radiofrequency electromagnetic fields decreases neuroblastoma cell proliferation via Akt/mTOR-mediated cellular senescence.] J Toxicol Environ Health A. 2021 Jul 1:1-12. doi: 10.1080/15287394.2021.1944944. Epub ahead of print. PMID: 34196262.
Het doel van deze studie was om de mogelijke effecten van radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) op lange termijn op de celproliferatie te onderzoeken met behulp van SH-SY5Y neuronale cellen. De groeisnelheid en de proliferatie van SH-SY5Y-cellen waren significant verlaagd na blootstelling aan 1760 MHz RF-EMV bij een specifieke absorptiewaarde (SAR) van 4 W/kg gedurende 4 uur/dag voor een periode van 4 dagen. Celcyclusanalyse gaf aan dat de celcyclus werd vertraagd in de G0/G1-fase na blootstelling aan RF-EMV. DNA-schade of apoptose waren echter niet betrokken bij de verminderde celproliferatie na blootstelling aan RF-EMV omdat de expressieniveaus van histon H2A.X op Ser139 (γH2AX) niet duidelijk veranderd waren en de apoptotische route niet geactiveerd was. SH-SY5Y-cellen die aan RF-EMV werden blootgesteld, vertoonden echter een aanzienlijke verhoging van de Akt- en mTOR-fosforyleringsniveaus. Bovendien was de totale hoeveelheid p53 en gefosforyleerde p53 significant verhoogd. De gegevens suggereren dat Akt/mTOR-gemedieerde cellulaire senescentie leidde tot p53 activering via stimulatie van de mTOR pathway in SH-SY5Y cellen. De transcriptionele activatie van p53 leidde tot een toename van de expressie van cycline-afhankelijke kinase (CDK) remmers p21 en p27. De daaropvolgende remming van CDK2 en CDK4 leidde tot een daling van gefosforyleerd retinoblastoom (pRb op Ser807/811), waardoor de celproliferatie afnam. Alles bij elkaar suggereren deze gegevens dat blootstelling aan RF-EMF Akt/mTOR-gemedieerde cellulaire senescentie zou kunnen induceren, die de celcyclus kan vertragen zonder DNA schade te veroorzaken in SH-SY5Y neuroblastoma cellen.
(Volledige versie van het artikel kon niet worden teruggevonden.)

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

Tripathi R, Banerjee SK, Nirala JP, Mathur R. Gelijktijdige blootstelling aan elektromagnetische velden van mobiele telefoons en het ongehinderd drinken van fructose tijdens de pre-, peri-, en post-puberale stadia verstoort de hypothalamus en leverregulatie van de energie homeostase tegen de vroege volwassenheid: experimenteel bewijs [Simultaneous exposure to electromagnetic field from mobile phone and unimpeded fructose drinking during pre-, peri-, and post-pubertal stages perturbs the hypothalamic and hepatic regulation of energy homeostasis by early adulthood: experimental evidence.] Environ Sci Pollut Res Int. 2021 Sep 2. doi: 10.1007/s11356-021-15841-y. Epub ahead of print. PMID: 34476698.
De kinderen en adolescenten van vandaag maken alom gebruik van mobiele telefoons en consumeren onbeperkt fructosehoudende voeding. Helaas is ook een toename van insulineresistentie en leververvetting bij jonge volwassenen vastgesteld. Om een mogelijk verband vast te stellen, werd hier het effect onderzocht van blootstelling aan elektromagnetische velden (EMV) afkomstig van mobiele telefoons en onbeperkte inname van fructose tijdens de pre-, peri-, en post-puberale ontwikkelingsstadia op orexigene en anorexigene signalen afkomstig van de hypothalamus en de lever van ratten. De studie design omvatte vier groepen, meer bepaald "Normaal", "Alleen blootstelling (ExpO)", "Alleen fructose (FruO)", en "Blootstelling met fructose (EF)", waarin gespeende ratten ofwel "normaal voer en drinkwater" of "normaal voer en fructose (15%) drinkoplossing" kregen in aanwezigheid en afwezigheid van blootstelling aan EMV (2 uur/dag) gedurende 8 weken. Uit de resultaten blijkt dat de totale calorie-inname van de EF op jongvolwassen leeftijd hoger was dan normaal, mogelijk onder invloed van de verhoogde niveaus van het orexigene hormoon, d.w.z. ghreline, en dat dit tot uiting kwam in een verhoogde gewichtstoename. In het stadium van vroege volwassenheid werd er bij de EF groep een verminderde respons en gevoeligheid van insuline waargenomen. Ondanks het feit dat de EF een "voedingstoestand" is, werd zowel centraal als perifeer de glycolyse geremd, daar waar de gluconeogenese werd verhoogd. Bovendien wijzen het veranderde lipidenprofiel en de glycogeenniveaus erop dat er in de EF groep vervetting van de lever optrad. De energie homeostase kwam in de EF groep in het gedrang zoals blijkt uit (a) verminderde expressie van de glucosensoren-GLUT2 en glucokinase in de hypothalamus en de lever en (b) verminderde expressie van de cellulaire energieregulator-AMPK, orexigenisch peptide-NPY, en anorexigenisch peptide-POMC in de hypothalamus. Alles bij elkaar toont de huidige studie volgens de auteurs aan dat blootstelling aan EMV afkomstig van mobiele telefoons en onbeperkte inname van fructose tijdens de kinderjaren en de adolescentie een inhiberend effect heeft op de centrale en perifere zenuwbanen die de glucosensoren, de glucoregulatie, het eetgedrag en het verzadigingsgedrag regelen in de vroege volwassenheid.

In vitro studies

/

Andere effecten

In vivo studies

Sharma A, Shrivastava S, Shukla S. Oxidatieve schade in de lever en hersenen van ratten die werden blootgesteld aan frequentie-afhankelijke radiofrequente elektromagnetische: biochemisch en histopathologisch bewijs [Oxidative damage in the liver and brain of the rats exposed to frequency-dependent radiofrequency electromagnetic exposure: biochemical and histopathological evidence.] Free Radic Res. 2021 Aug 27:1-12. doi: 10.1080/10715762.2021.1966001. Epub ahead of print. PMID: 34404322.
De studie had tot doel om te onderzoeken of er een verband is tussen de functionele status van de lever en de hersenen en blootstelling aan frequentie-afhankelijke-radiofrequente elektromagnetische straling (RF-EMV). Veertig Wistar ratten werden willekeurig ingedeeld in een controle (sham-blootgesteld) en EMV blootgestelde groep. De dieren werden blootgesteld aan 900, 1800, en 2100 MHz met een specifieke absorptiewaarde (SAR) van respectievelijk 0,434 (W/Kg), 0,433 (W/Kg), en 0,453 (W/Kg). De blootstelling van dieren werd beperkt tot 1 uur/dag, 5 dagen/week gedurende 1 maand met een beperkte vermogensdichtheid (900 MHz- 11,638 µW/m2, 1800- 11,438 µW/m2 en 2100 MHz frequentie- 8,237 µW/m2). Blootstelling aan verschillende frequenties toonde een frequentie-afhankelijke verandering in het lichaamsgewicht en de hematologische parameters (RBC's, WBC's, bloedplaatjes, hemoglobine en hematocriet) in vergelijking met de controlegroep ($p \leq 0,01$) ($p \leq 0,001$). Een significante verhoging van serum transaminasen en bilirubine, ureum, urinezuur, en creatinine werd waargenomen, terwijl albumine significant daalde na blootstelling aan EMV ($p \leq 0.01$) ($p \leq 0.001$). De bloedglucose, lipide peroxidatie, triglyceriden, en cholesterol waren verhoogd terwijl adenosine triphosphatases, acetylcholinesterase, en weefsel antioxidanten zoals glutathion, superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione Peroxidase, glutathione-S-transferase, en glucose-6-fosfaat dehydrogenases significant verlaagd waren ($p \leq 0.001$). Histopathologische waarnemingen van de lever toonden centrilobulaire mononucleaire celinfiltratie en zwelling in sinusoïdale ruimten, aan terwijl in de hersenen gedegenereerde piramidale en Purkinje neuronen werden gezien. Bovendien werd aanzienlijk bewijs gevonden dat de hersenen gevoeliger zijn voor oxidatieve schade in vergelijking met de lever van blootgestelde dieren. De auteurs concluderen op basis van deze resultaten dat blootstelling aan RF-EMV oxidatieve schade aan de lever kan induceren en een frequentie-afhankelijke toename van de incidentie van schade aan de hersenen.

Sieroń K, Knapik K, Onik G, Romuk E, Birkner E, Kwiatek S, Sieroń A. Elektromagnetische velden wijzigen het redoxevenwicht in het maagdarmkanaal van ratten. [Electromagnetic Fields Modify Redox Balance in the Rat Gastrointestinal Tract.] Front Public Health. 2021 Sep 13;9:710484. doi: 10.3389/fpubh.2021.710484. PMID: 34589462; PMCID: PMC8473753.
Doelstelling: Het doel van de studie was om de invloed van elektromagnetische velden met uiteenlopende fysische eigenschappen op de pro- en anti-oxidatieve balansen in homogenaten van de tong, speekselklieren, slokdarm, maag, en dunne en dikke darm van ratten na te gaan.
Materiaal en Methoden: Veertig ratten werden willekeurig verdeeld in vier gelijke groepen, namelijk (i) een controlegroep, (ii) een groep blootgesteld aan laagfrequente elektromagnetische velden (LF-EMV's; frequentie: 50 Hz; intensiteit: 10 kV/m; magnetische inductie: 4,3 pT), (iii) een groep blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV's) uitgezonden door mobiele telefoons (frequentie: 900 MHz), en (iv) een groep die gelijktijdig werd blootgesteld aan

LF-EMV's en RF-EMV's, uitgezonden door mobiele telefoons. Na 28 opeenvolgende dagen van het experiment werden de volgende pro- en antioxidatieve markers beoordeeld in de homogenaten van het maagdarmkanaal: superoxide dismutase (SOD) en zijn twee isoenzymen (Mn-SOD, Cu,Zn-SOD) catalase (CAT), glutathion peroxidase (GPx), glutathion reductase (GR), glutathion S-transferase (GST), totale antioxidatieve capaciteit (TAC), totale oxidatieve status (TOS), en malondialdehyde (MDA).
Resultaten: Bij ratten blootgesteld aan LF-EMV's werden hogere concentraties van de markers van prooxidant processen, MDA of TOS, waargenomen in homogenaten van de speekselklieren, slokdarm, en dunne darm in vergelijking met de controlegroep. Bovendien werd in vergelijking met de controlegroep een duidelijke antioxidantwerking waargenomen in de ratten van deze groep. De belangrijkste verschillen waren een hogere activiteit van Cu, Zn-SOD in homogenaten van de tong, speekselklieren en slokdarm, alsmede een verlaagde activiteit van CAT in homogenaten van de tong, slokdarm en dunne darm. Bij aan RF-EMV's blootgestelde dieren was de concentratie van TOS hoger in de dikke darm dan bij controle ratten. Het belangrijkste verschil in antioxidantwerking bleek uit de daling van Cu, Zn-SOD in homogenaten van de speekselklieren, maag, dunne en dikke darm, en CAT in homogenaten van de tong, slokdarm, maag, dunne en dikke darm. Bovendien werd bij ratten die gelijktijdig aan LF-EMV's en RF-EMV's werden blootgesteld, een lagere concentratie van TOS waargenomen. De antioxidantwerking bleek uit een verlaagde activiteit van CAT in homogenaten van tong, slokdarm, maag en dunne en dikke darm in vergelijking met de controlegroep.
Conclusie: Van de in de studie onderzochte elaktromagnetische velden veroorzaakten elektromagnetische velden met een lage frequentie de meest significante verstoringen van de oxidatieve stress in het maag-darmkanaal van de rat.

In vitro studies

Xie W, Xu R, Fan C, Yang C, Chen H, Cao Y. 900 MHz Radiofrequentiestraling induceert 'Mitochondrial Unfolded Protein Response' in beenmergstamcellen van de muis. [Radiofrequency Field Induces Mitochondrial Unfolded Protein Response in Mouse Bone Marrow Stem Cells.] Front Public Health. 2021 Aug 26;9:724239. doi: 10.3389/fpubh.2021.724239. PMID: 34513791; PMCID: PMC8428517.
Doelstelling: Nagaan of blootstelling van beenmergstromale cellen (BMSC) van muizen aan 900 MHz radiofrequente velden, gebruikt in mobiele communicatieapparatuur, de 'mitochondrial unfolded protein response' (UPRmt) kan induceren.
Methoden: BMSCs werden blootgesteld aan continue golf 900 MHz radiofrequente velden (RF) met een vermogensintensiteit van 120 µW/cm2 gedurende 4 u/d tijdens 5 opeenvolgende dagen. Cellen in de shamgroep (SH) werden gekweekt in een RF-blootstellingssysteem, maar zonder RF-straling. De positieve controlecellen werden bestraald met 6 Gy röntgenstraling bij een dosistempo van 1,103 Gy/min (XR). Om de upstream moleculaire JNK2 van UPRmt te remmen, werden cellen in siRNA + RF, en siRNA + XR groep ook voorbehandeld met 100 nM siRNA-JNK2 gedurende 48 uur vóór RF/XR blootstelling. Dertig minuten, 4 uur en 24 uur na blootstelling aan RF/XR werden de cellen verzameld, het niveau van ROS werd gemeten met flowcytometrie en de expressieniveaus van UPRmt-gerelateerde eiwitten werden gedetecteerd met behulp van Western blot analyse.
Resultaten: In vergelijking met de Sham groep, was het niveau van ROS in de RF en XR groep significant verhoogd 30 min en 4 u na de RF/XR blootstelling ($P < 0.05$), echter, de RF/XR-geïnduceerde verhoging van het ROS niveau was terug hersteld 24 u na de RF/XR blootstelling. Ten opzichte van de Sham-groep namen de expressieniveaus van HSP10/HSP60/ClpP-eiwitten in cellen

van de RF- en XR-groep significant toe 30 min en 4 u na de RF/XR-blootstelling ($P < 0,05$), maar de RF/XR-geïnduceerde toename van HSP10/HSP60/ClpP-eiwitniveaus was hersteld 24 u na de RF-blootstelling. Na interferentie met siRNA-JNK2, konden de RF/XR-blootstellingen de toename van HSP10/HSP60/ClpP eiwitniveaus niet meer induceren.
Conclusies: De blootstelling van 900 MHz RF bij 120 µW/cm2 fluxdichtheid kan het ROS niveau verhogen en een transient UPRmt activeren in BMSC cellen. Mitochondriale homeostase in termen van eiwitvouwing is hersteld 24 uur na blootstelling aan RF. Blootstelling aan RF in de gehanteerde experimentele conditie veroorzaakte geen permanente en ernstige mitochondriale disfuncties. Het gedetailleerde onderliggende moleculaire mechanisme van RF-geïnduceerde UPRmt moet echter nog verder worden bestudeerd.

OVERZICHT VAN STUDIES OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE STRALING DIE IN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD – 4E TRIMESTER

OVERZICHT VAN DE EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMAAN-EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET VIERDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

dr. Els De Waegeneer

Vakgroep Volksgezondheid en Eerstelijnszorg

Universiteit Gent

Algemene conclusie van dit trimester

De meeste epidemiologische onderzoeken ondersteunen geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en verschillende soorten tumoren. Ook andere negatieve gezondheidseffecten zijn niet wetenschappelijk bewezen.

Met betrekking tot 5G lijken "fake news"-trends ook de academische wereld te beïnvloeden. Het artikel van Rubik & Brown (2021) zaait angst voor de effecten van straling, hoewel ze geen wetenschappelijk bewijs kunnen leveren voor een causaal verband tussen 5G-straling en COVID-19. Dit onderstreept de noodzaak van wetenschappelijke geletterdheid en zorgvuldige communicatie, zowel naar wetenschappers als naar leken

Reviews en meta-analyses

Radiofrequente straling en kanker: een review.

Grimes, DR (2021). JAMA Oncology, in druk. doi:10.1001/jamaoncol.2021.5964

Achtergrond en doelstelling: Bezorgdheid over radiofrequente straling (RFR) en carcinogenese bestaat al lang, en de komst van 5G mobiele technologie heeft geleid tot een stortvloed aan claims die beweren dat de nieuwe standaard en RFR in het algemeen kankerverwekkend kunnen zijn. Voor clinici en onderzoekers in het veld is het van cruciaal belang om de zorgen van patiënten over het onderwerp aan te pakken en bekend te zijn met de bestaande wetenschappelijke basis. Deze review beschouwt mogelijke biofysische mechanismen van kankerinductie, verheldert

mechanismen van elektromagnetisch geïnduceerde DNA-schade en plaatst RFR in de juiste context op het elektromagnetische spectrum. Het tot nu toe bestaande epidemiologische bewijs bij mensen en proefdieren over dit onderwerp wordt ook beoordeeld en besproken.

Resultaten en conclusie: Deze studie geeft sterk aan dat beweringen over een RFR-kankerlink niet worden ondersteund door de huidige wetenschappelijke evidentie. Veel van het onderzoek tot nu toe is echter ondermijnd door methodologische tekortkomingen en er is behoefte aan toekomstig onderzoek van hogere kwaliteit. Ten slotte spelen ongefundeerde claims in de perceptie van patiënten en het publiek over dit onderwerp een belangrijke rol en moet dit in rekening gebracht worden.

Beroepsmatige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden.

Stam, R. (2021). Industrial Health, in druk. DOI: 10.2486/indhealth.2021-0129

Achtergrond en doelstelling: Hoge blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF EMF) is mogelijk op werkplekken met bronnen die worden gebruikt voor omroep, telecommunicatie, beveiliging en identificatie, tele-detectie en het verwarmen en drogen van goederen. Een systematisch literatuuronderzoek van beroepsmatige RF EMV-blootstellingsmetingen zou kunnen helpen om te verduidelijken waar meer aandacht voor arbeidsveiligheid nodig kan zijn. Deze beoordeling identificeert specifieke bronnen van beroepsmatige blootstelling aan RF EMV en vergelijkt de gepubliceerde maximale blootstellingen met grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling.

Methoden: Via PubMed en Scopus is systematisch gezocht naar peer-reviewed publicaties. Relevante “grijze” literatuur werd verzameld via zoekopdrachten op het web. Voor elke publicatie werd de hoogst gemeten elektrische veldsterkte, magnetische fluxdichtheid of vermogensdichtheid bepaald.

Resultaten en conclusie: Er werden maximale blootstellingen gerapporteerd die de limieten overschrijden voor diëlektrische verwarming, scanners voor beveiliging en radiofrequentie-identificatie, plasma-apparaten en omroep- en telecommunicatiezenders. Beroepsmatige blootstelling die de limieten overschreed, was zeldzaam voor microgolfverwarming en radartoepassingen. Enkele publicaties betroffen casussen van arbeidsongevallen gevolgd door een medisch onderzoek naar thermische gezondheidseffecten. Deze werden gevonden voor zendantennes, radarinstallaties en een magnetron en daarbij ging het vaak om onderhoudspersoneel. Nieuwe bronnen van beroepsmatige blootstelling, zoals die in telecommunicatiesystemen van de vijfde generatie of de energietransitie, zullen nader moeten worden beoordeeld.

Kan prenatale en postnatale blootstelling aan mobiele telefoons nadelige gevolgen hebben voor moeders, zuigelingen en kinderen ?

Ashrafinia, F., Moeindarbari, S., Razmjouei, P., Ghazanfarpour, M., Najafi, M.N., Ghalibaf, A.A.M., Abdi, F. (2021). Revista Brasilera de Gynecologia en Obstetrica, 43(11), 870-877.

Achtergrond en doelstelling: het verband bepalen tussen het gebruik van mobiele telefoons door moeders en nadelige gevolgen bij zuigelingen, kinderen en moeders.

Methoden: De auteurs hebben gezocht in de databases MEDLINE, Embase en Scopus. Gegevensextractie en een beoordeling van de kwaliteit van de studies werden uitgevoerd door twee auteurs. De kwaliteit van de onderzoeken is beoordeeld aan de hand van de checklist van de Newcastle-Ottawa-schaal.

Resultaten: Studies naar gedragsproblemen bij zuigelingen in de leeftijd van 6 tot 18 maanden rapporteerden geen bevindingen. Er werd echter een verhoogd risico op emotionele en gedragsstoornissen waargenomen bij kinderen tussen 7 en 11 jaar van wie de moeder was blootgesteld aan mobiele telefoons. De bevindingen met betrekking tot de associatie tussen blootstelling van moeders aan mobiele telefoons en nadelige uitkomsten bij kinderen van 3 tot 5 jaar zijn controversieel. Een studie vond een significant verband tussen de beltijd ($p = 0,002$) of de geschiedenis van het gebruik van de mobiele telefoon (in maanden) en spraakstoornissen bij de kinderen ($p = 0,003$). Uit een ander onderzoek bleek echter dat het gebruik van mobiele telefoons door de moeder tijdens de zwangerschap niet significant geassocieerd was met de psychomotorische en mentale ontwikkelingen van het kind. Er werden onduidelijke resultaten waargenomen over de nadelige uitkomsten bij foetussen, zoals foetale groeibeperking of t-scores voor geboortegewicht bij gebruikers van mobiele telefoons in tegenstelling tot niet-gebruikers. Integendeel, de kinderen van moeders die mobiele telefoons gebruikten, hadden een lager risico om laag te scoren op motorische vaardigheden. Vergelijkbare resultaten werden waargenomen met betrekking tot de nadelige gevolgen van het gebruik van mobiele telefoons bij zuigelingen, zoals groeibeperking van de foetus of een laag geboortegewicht, en het risico op pre-eclampsie was lager bij personen met een gemiddelde en hoge blootstelling aan mobiele telefoons, in tegenstelling tot degenen met een lage blootstelling.

Conclusie: Studies naar gedragsproblemen hebben verschillende tegenstijdige resultaten gerapporteerd, waardoor meer onderzoek nodig is.

Gezondheidseffecten van blootstelling aan een 5G-basisstation: een systematische review.

Sofri, T., Rahim, HA, Abdulmalek, M., Rani, KA, Omar, MH, Yasin, MNM, Jusoh, M. Soh, PJ (2021). IEEE-Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3139385

Achtergrond en doelstelling: de communicatietechnologie van de vijfde generatie (5G) zal hogere datasnelheden leveren en tal van nieuwe toepassingen ondersteunen, zoals virtual en augmented reality. De extra behoefte aan een groter aantal 5G-basisstations heeft geleid tot wijdverbreide publieke bezorgdheid over de mogelijke negatieve gevolgen voor de gezondheid. Deze review analyseert het meest recente onderzoek naar elektromagnetische blootstelling bij mensen, met bijzondere aandacht voor het effect ervan op cognitieve prestaties, welzijn, fysiologische parameters en elektro-encefalografie (EEG).

Resultaten en conclusie: Hoewel de meeste van de resultaten geen veranderingen in de cognitieve functie, fysiologische parameters of algemeen welzijn aangaven, wordt opgemerkt dat de sterkte van de EEG-alfagolf varieert afhankelijk van verschillende aspecten van cognitieve functies. De beschikbare studies hebben echter geen onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van blootstelling van de 5G-antennes voor mobiele telefoons en basisstations van 700 MHz tot 30 GHz op de cognitieve prestaties, subjectieve welzijnssymptomen, menselijke fysiologische parameters en EEG van volwassenen. Er is behoefte aan dergelijk onderzoek met betrekking tot deze huidige

opkomende technologie. Dergelijke studies zijn belangrijk om te bepalen of 5G-technologie inderdaad veilig is.

Bewijs voor een verband tussen COVID-19 en blootstelling aan radiofrequente straling van draadloze communicatie, waaronder 5G.

Rubik, B., Brown RR (2021). Journal of Clinical and Translational Research, 10.18053/Jctres/07.202105.007

Achtergrond en doelstelling: Bij het beschouwen van de epidemiologische triade (agent-gastheer-omgeving) die van toepassing is op alle ziekten, onderzochten de auteurs een mogelijke omgevingsfactor in de COVID-19-pandemie: radiofrequente omgevingsstraling van draadloze communicatiesystemen, waaronder microgolven en millimetergolven. SARS-CoV-2, het virus dat de COVID-19-pandemie veroorzaakte, dook op in Wuhan, China kort na de implementatie van stadsbrede 5G (vijfde generatie draadloze communicatiestraling), en verspreidde zich snel wereldwijd, wat aanvankelijk een statistische correlatie aantoonde met internationale gemeenschappen met recent opgerichte 5G-netwerken.

Methoden: In deze studie onderzochten de auteurs de peer-reviewed wetenschappelijke literatuur over de schadelijke bio-effecten van draadloze communicatiestraling (WCR) en identificeerden ze verschillende mechanismen waarmee WCR mogelijk heeft bijgedragen aan de COVID-19-pandemie als een giftige omgevingsfactor.

Resultaten en conclusie: In hun multidisciplinaire studie presenteren de auteurs bewijs dat WCR: (1) morfologische veranderingen in erytrocyten kan veroorzaken, waaronder de vorming van echinocyten en rouleaux die kunnen bijdragen aan hypercoagulatie; (2) verslechteren de microcirculatie en verminderen de erytrocyten- en hemoglobinespiegels die hypoxie verergeren; (3) de disfunctie van het immuunsysteem versterken, waaronder immunosuppressie, auto-immuniteit en hyperinflammatie; (4) verhoging van cellulaire oxidatieve stress en de productie van vrije radicalen resulterend in vaatletsel en orgaanschade; (5) verhoging van intracellulair Ca2+ dat essentieel is voor virale binnenkomst, replicatie en afgifte, naast het bevorderen van pro-inflammatoire routes; en (6) hartritmestoornissen en hartaandoeningen verergeren. Kortom, de auteurs stellen voor dat WCR mogelijk heeft bijgedragen aan nadelige gezondheidsresultaten van patiënten die zijn geïnfecteerd met SARS-CoV-2 en de ernst van de COVID-19-pandemie heeft vergroot.

Commentaar dr. Els De Waegeneer: De auteurs van het artikel bespreken de studies die hun bewering ondersteunen, terwijl ze ander wetenschappelijk bewijs negeren. Ze vergelijken bepaalde onderzoeken naar de effecten van straling van draadloze communicatie met bevindingen uit publicaties over Corona-symptomen. Ze concluderen dat de vergelijking van beide soorten symptomen een verband suggereert. Dit is natuurlijk geen legitieme wetenschappelijke claim. De auteurs erkennen dat hun bevindingen geen verband bevestigen. Ze stellen deze associatie echter voor in de voorliggende krant en waarschuwen zelfs voor de effecten van 5G op het verhogen van COVID-symptomen.

Gebruik van gsm's.

Gezondheidsrisico door straling van mobiele telefoons: wat verandert er met 5G?

Röösli, M., Hahad, O., Dongus, S., Loizeau, N., Daiber, A., Münzel, T., Eeftens, M. (2021). Aktuelle Kardiologie, 10 (6), 531-536. DOI: 10.1055/a-1545-0875

Achtergrond en doestelling: Blootstelling van de bevolking aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMF) wordt gedomineerd door het gebruik van draadloze communicatieapparatuur dicht bij het lichaam. Blootstelling van zenders ver van het lichaam ligt gemiddeld enkele ordes van grootte onder de internationale richtwaarden. Met toenemend mobiel datagebruik en het daarmee samenhangende gebruik van hogere frequenties voor 5G, is een verdichting van het mobiele netwerk te verwachten. Dit zal echter niet noodzakelijk de algehele blootstelling aan RF-EMF van de bevolking verhogen, aangezien mobiele telefoons minder zenden met een betere signaalkwaliteit. 5G is een technologische vooruitgang van de vorige mobiele radiotechnologie met dezelfde biofysische eigenschappen.

Resultaten & Conclusie: Tot nu toe zijn er geen gezondheidseffecten onder de richtlijnlimieten aangetoond voor RF-EMF. Biologische effecten zoals veranderingen van de elektrische activiteit van de hersenen of de oxidatieve balans werden waargenomen bij hoge lokale blootstelling binnen het bereik van de blootstellingsrichtlijnlimieten. Volgens de huidige kennis vormen ze geen gezondheidsrisico.

Effecten van radiofrequentiegolven van mobiele telefoons op oto-akoestische emissie.

Nayak, S., Aroor, R., Shastri, U., Goutham, MK, Sinha, D. (2021). Journal of Health and Allied Sciences, 12(1). DOI: 10.1055/s-00045654

Achtergrond & doelstelling: De langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden van mobiele telefoons kan de cochleaire haarcellen beschadigen, wat kan worden gedetecteerd door oto-akoestische emissie (OAE). Om het effect van mobiele telefoons op het gehoor te kennen, werden vrijwilligers onderworpen aan langdurig gebruik van mobiele telefoons en werden veranderingen in OAE geregistreerd.

Methoden: Achtentwintig vrijwilligers met een normaal gehoor moesten een vol uur ononderbroken praten via de mobiele telefoon. De otoakoestische emissie (DPOAE) werd gemeten vóór het gebruik van mobiele telefoons en onmiddellijk na het gebruik (post-expositie 1) en 24 uur na het gebruik (post-exposure 2). De waarden werden vergeleken.

Resultaten: Van de 28 vrijwilligers waren er 20 vrouwen en 8 mannen. Eenentwintig vrijwilligers gaven de voorkeur aan het rechteroor bij het gebruik van mobiele telefoons, 7 gaven de voorkeur aan het linkeroor. Er was geen statistisch significant verschil tussen de baseline DPOAE-waarden en waarden van post-expositie 1 en 2 wanneer alleen het voorkeursoor in aanmerking werd

genomen. Wanneer het voorkeursoor werd vergeleken met het niet-voorkeursoor, werd alleen een statistisch significant verschil gevonden in de lage frequenties tussen de pre-expositie en post-exposure 1-waarden.

Conclusie: Deze studie toont aan dat er geen significante correlatie was tussen OAE en langdurige blootstelling aan mobiele telefoons.

Interpretatie van Timetrends (1996-2017) van de incidentie van geselecteerde kankers in Engeland in relatie tot het gebruik van mobiele telefoons als mogelijke risicofactor.

De Vocht, F. (2021). Bioelectromagnetism, 42, 609-615.

Achtergrond en doelstelling: Radiofrequente (RF) straling van mobiele telefoons is door het IARC geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend voor de mens (2b). Tot op heden is de discussie over de vraag of het gebruik van mobiele telefoons een risicofactor voor kanker is, echter niet opgelost. In deze context van aanhoudende onzekerheid is het belangrijk om de trends in de incidentie van kanker te blijven volgen.

Methoden: Jaarlijkse incidentiecijfers en naar leeftijd gestandaardiseerde percentages van geselecteerde kankers per geslacht en leeftijdsgroepen van 5 jaar voor 1996 tot 2017 voor Engeland werden verkregen van het UK Office for National Statistics. Interpretatie in het licht van het gebruik van mobiele telefoons als een bijdragende risicofactor werd uitgevoerd voor kankers van de hersenen, parotisklier, schildklier en colorectale kanker, waarvan werd aangenomen dat ze allemaal verband houden met blootstelling aan RF.

Resultaten: Hersen- en parotisklierkankers werden nog eens 10 jaar bijgewerkt na een eerdere publicatie, en leveren nog steeds weinig bewijs van een verband met het gebruik van mobiele telefoons. Hoewel het gebruik van mobiele telefoons als potentiële risicofactor die bijdraagt aan een verhoogde incidentie van colorectale of schildklierkanker niet kan worden uitgesloten op basis van deze ecologische gegevens, is het onwaarschijnlijk dat het een belangrijke risicofactor is voor beide.

Conclusie: Bij gebrek aan duidelijkheid uit epidemiologische studies, blijft het belangrijk om trends te blijven volgen. Voorlopig is er echter, in overeenstemming met gegevens uit andere landen, weinig bewijs voor een verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en kanker van de hersenen of de parotisklier, terwijl de hypothesen over verbanden met schildklier- of colorectale kanker eveneens zwak zijn.

Residentiële blootstelling

Geen

Menselijk experimenteel onderzoek

Geen

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET VIERDE TRIMESTER VAN 2021 WERDEN GEPUBLICEERD.

Seppe Segers, Maryse Ledent, & Birgit Mertens
Sciensano, Dienst Risico- en Gezondheidsimpactevaluatie

Algemene Opmerkingen

Dit rapport omvat drie experimentele studies en twee overzichtsartikels over de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (EMV). Er moet echter op gewezen worden dat voor één overzichtsstudie (David Grimes) de volledige tekst van het artikel niet kon worden verkregen. Bovendien was de oorspronkelijke tekst van één experimentele studie (Cheng at al.) enkel beschikbaar in het Chinees waardoor alleen de Engelse samenvatting kon worden doorgenomen. Deze twee artikels zijn voor de volledigheid in het rapport opgenomen, maar de conclusies van de studies moeten met bijzondere voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, aangezien de kwaliteit ervan niet kon worden beoordeeld. Bovendien bevat dit rapport ook een manuscript waarin het protocol van een epidemiologische studie naar de effecten van RF-EMV op cognitie wordt beschreven. Zoals vermeld in het vorige rapport heeft de WHO onlangs een oproep gedaan voor systematische reviews met meta-analyse over de effecten van RF-EMV-blootstelling op diverse eindpunten gerelateerd aan de gezondheid bij de mens. De teams die aan deze grootschalige literatuuronderzoeken deelnemen moeten hun protocol vóór de eigenlijke publicatie bekendmaken, zodat hun methodologie door de wetenschappelijke gemeenschap kan worden geëvalueerd. Eén van de onderzoeksgroepen die door de WHO werd gecontracteerd om een overzicht te schrijven van de beschikbare gegevens aangaande de effecten van RF-EMV op de cognitie die zijn gerapporteerd in humane observationele studies, heeft nu het protocol gepubliceerd dat zij voor hun overzicht zullen gebruiken. Hoewel dit manuscript dus eerder betrekking heeft op epidemiologische dan op experimentele studies, werd het voor de volledigheid toch in dit rapport opgenomen. De resultaten van de WHO-evaluaties zouden in de komende jaren beschikbaar moeten zijn.

Over het algemeen veranderen de artikels die in dit rapport zijn opgenomen niet onmiddellijk iets aan onze huidige inzichten over de mogelijke gezondheidseffecten van RF-EMV. In zijn overzichtsartikel concludeerde D. Grimes bijvoorbeeld dat de beschikbare wetenschappelijke gegevens geen verband tussen RF-straling en kanker aantonen. Aangezien we geen toegang hebben tot de methodologie die werd toegepast om de studies voor het onderzoek te selecteren, is een kritische interpretatie van het resultaat van het onderzoek echter niet mogelijk.

Ghazanfarpour et al. gebruikten dan weer een grote verscheidenheid aan informatiebronnen voor hun meta-review, waaronder extreem lage frequentie (ELF) elektromagnetische velden, radiofrequenties en zelfs ioniserende X-stralen. Dit is geen correcte manier om het mogelijk gevaar van elektromagnetische velden te evalueren, aangezien al deze soorten straling verschillende eigenschappen hebben. Bovendien hebben zij ook studies opgenomen over de effecten van straling die wordt opgewekt door elektrische verwarmingsdekens die niet alleen ELF-EMV opwekken maar ook een grote hoeveelheid warmte. Het is dus niet mogelijk een onderscheid te maken tussen een mogelijk effect van ELF-velden en de verhoogde temperatuur, die nadelig kan

zijn voor de slaapkwaliteit en de gezondheid. Bovendien zijn de auteurs niet erg transparant in de criteria die zij hebben toegepast om de kwaliteit van de geselecteerde studies te beoordelen. De verschillende beperkingen van de toegepaste methodologie maken het onmogelijk om conclusies te trekken uit dit overzichtsartikel. Om te vermijden dat studies van slechte kwaliteit (bijvoorbeeld studies die geen rekening houden met de verschillen tussen verschillende frequentiebereiken) worden opgenomen in meta-reviews, zoals bijvoorbeeld het geval is voor deze van Ghazanfarpour, is een nauwe samenwerking tussen medisch-biologische en technische (engineering) teams nodig. Op die manier kan een correct begrip van elektromagnetische velden en hun mogelijke interacties met biologisch materiaal worden verzekerd.

De meeste experimentele studies die hier in dit verslag worden gepresenteerd, vertoonden beperkingen in hun experimentele opzet. De studie van Kim et al. omvatte bijvoorbeeld geendosimetriemetingen, maakte gebruik van blootstellingssystemen die niet geschikt waren voor hun doel en vermeldde niet duidelijk of de juiste shamcondities werden gebruikt. Ook waren er geen geschikte geblindeerde testcondities opgenomen. Bovendien werd zowel in de studie van Kim et al. als deze van Li et al. de temperatuur van het medium in geen van de experimenten gecontroleerd. Dit is echter belangrijk om rekening te houden met mogelijke opwarming van het staal als gevolg van de RF-EMV.

Een studie die wel aan de meeste kwaliteitscriteria voldeed, was die van Li et al. waarin een effect van RF-EMV op de uitgroei van neurieten werd aangetoond. Of dit effect ook in vivo aanwezig is en of dat dit effect gerelateerd is aan eventuele gezondheidseffecten bij de mens is echter onduidelijk, aangezien het moeilijk blijft om een biologisch effect dat in een in vitro of in vivo studie is waargenomen rechtstreeks te linken met een negatief gezondheidseffect bij de mens.

Aangezien de meeste studies die in dit rapport werden opgenomen belangrijke beperkingen vertonen, blijft het belangrijk om te benadrukken dat onderzoekers bij het opzetten van nieuwe studies waakzaam moeten zijn voor het verzekeren van een hoge kwaliteit van hun experimentele design.

Reviews

Grimes, David Robert. "Radiofrequentie straling en kanker: een review." [“Radiofrequency Radiation and Cancer: A Review.”] JAMA oncology, 10.1001/jamaoncol.2021.5964. 9 dec. 2021, doi:10.1001/jamaoncol.2021.5964.

Belang: Er bestaat reeds lang bezorgdheid over de mogelijk link tussen radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV) en kanker, en de komst van 5G mobiele technologie heeft geleid tot een sterke toename in het aantal claims die stellen dat de nieuwe technologiestandaard, en RF-EMV in het algemeen, carcinogeen zou zijn. Voor clinici en onderzoekers is het van cruciaal belang om de bezorgdheid van patiënten rond dit onderwerp weg te nemen en op de hoogte te zijn van de bestaande wetenschappelijke evidentie.

Observaties: In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de mogelijke biofysische mechanismen van kankerinductie, waarbij meer inzicht wordt gegeven in de mechanismen van elektromagnetisch geïnduceerde DNA-schade en waarbij RF-EMV in de juiste context van het elektromagnetische spectrum wordt geplaatst. Het epidemiologisch bewijsmateriaal dat tot op

heden over dit onderwerp bij mensen en proefdieren is gevonden, wordt eveneens geëvalueerd en besproken.

Conclusies en relevantie: Het wetenschappelijk bewijs dat werd teruggevonden wijst er volgens de auteurs van deze review sterk op dat de claims over een verband tussen RF-EMV en kanker niet worden ondersteund door de beschikbare wetenschappelijke evidentie. Veel van het onderzoek dat tot op heden werd uitgevoerd, wordt echter ondermijnd door methodologische tekortkomingen, en er is bijgevolg behoefte aan meer onderzoek van hogere kwaliteit. Ten slotte wijst de auteur erop dat de rol van pseudo-wetenschap en ongefundeerde claims in de perceptie van patiënten en het publiek over dit onderwerp zeer relevant is en zorgvuldig moet worden in rekening gebracht.

Ghazanfarpour M, Kashani ZA, Pakzad R, et al. Effect van elektromagnetische velden op spontane abortus: Een systematische review en meta-analyse. [Effect of electromagnetic field on abortion: A systematic review and meta-analysis]. Open Med (Wars). 2021;16(1):1628-1641. Gepubliceerd 2021 nov 3. doi:10.1515/med-2021-0384

Achtergrond: Het toenemend gebruik van nieuwe technologieën door zwangere vrouwen stelt hen onvermijdelijk bloot aan de mogelijke risico's van de elektromagnetische velden (EMV's). Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie zijn EMV's een van de meest voorkomende en snelst groeiende milieu-invloeden. Deze studie was gericht op het evalueren van de effecten van blootstelling aan EMV's op voortijdige spontane abortus.

Methoden: Web of Science, Cochrane Library, MEDLINE, PubMed, EMBASE, Scopus, en Google Scholar werden doorzocht tot 2021. De gepoolde odds ratio (OR) met 95% betrouwbaarheidsinterval (CI) werd geschat met behulp van een ‘random-effects’ model. Heterogeniteit werd onderzocht met behulp van Cochran's Q test en I 2 index. Een meta-regressie methode werd gebruikt om de factoren te onderzoeken die heterogeniteit tussen de studies beïnvloeden. De Newcastle-Ottawa schaal werd gebruikt om de geloofwaardigheid van de studies te beoordelen.

Resultaten: Studies die in aanmerking kwamen (N = 17) werden geanalyseerd met een totaal van 57.693 deelnemers. De gemiddelde leeftijd van de moeder (95% CI) was 31,06 jaar (27,32-34,80). Op basis van de resultaten van de meta-analyse was de gepoolde schatting voor OR van EMV 1,27 (95% CI: 1,10-1,46). Volgens de resultaten van de meta-regressie had de steekproefgrootte een significant effect op de heterogeniteit tussen studies (p: 0,030), maar de leeftijd van de moeder en het publicatiejaar hadden geen significant effect op de heterogeniteit (p-waarde van beide waren >0,05). Er werd geen publicatiebias waargenomen.

Conclusie: Volgens de auteurs van de studie is blootstelling aan EMV's boven 50 Hz of 16 mG geassocieerd met een 1,27× verhoogd risico op voortijdige spontane abortus. Ze stellen daarom dat het verstandig kan zijn vrouwen te adviseren over dit potentieel belangrijke omgevingsgevaar. Sterker nog, zwangere vrouwen zouden volgens de auteurs op maat gesneden begeleiding moeten krijgen.

Neoplastische ziekten

In vivo studies

/

In vitro studies

/

(Anti-)Genotoxiciteitsstudies

/

Effecten op het zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

/

In vitro studies

Li Y, Deng P, Chen C, Ma Q, Pi H, He M, Lu Y, Gao P, Zhou C, He Z, Zhang Y, Yu Z, Zhang L. 1.800 MHz Radiofrequentie elektromagnetische straling belemmert de uitgroei van neurieten met een afname van Rap1-GTP in primaire hippocampale neuronen en neuro2a-cellen van de muis. [1,800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Irradiation Impairs Neurite Outgrowth with a Decrease in Rap1-GTP in Primary Mouse Hippocampal Neurons and Neuro2a Cells]. Front Public Health. 2021 Nov 22;9:771508. doi: 10.3389/fpubh.2021.771508. PMID: 34881219; PMCID: PMC8646047.

Achtergrond: Door de wereldwijde populariteit van communicatieapparatuur zoals mobiele telefoons is er ook een toenemende bezorgdheid over het effect van RF-EMV op de hersenen. De hersenen zijn één van de belangrijkste organen die gevoelig zijn voor blootstelling aan RF-EMV bij 1.800 MHz. De effecten van blootstelling aan RF-EMV op neuronale cellen zijn echter onduidelijk. De uitgroei van neurieten speelt een cruciale rol in de ontwikkeling van de hersenen en daarom is het bepalen van de effecten van 1,800 MHz RF-EMV blootstelling op de uitgroei van neurieten belangrijk voor het onderzoeken van de effecten op de hersenontwikkeling.

Doelstellingen: De auteurs wilden de effecten van blootstelling aan 1.800 MHz RF-EMV gedurende 48 uur op de uitgroei van neurieten in neuronale cellen en de mogelijke rol van de Rap1 signaleringsroute hierin onderzoeken.

Materiaal en Methoden: Primaire hippocampale neuronen van C57BL/6 muizen en Neuro2a cellen werden blootgesteld aan 1.800 MHz RF-EMV bij een stralingswaarde (SAR) van 4 W/kg gedurende 48 uur. CCK-8 testen werden gebruikt om de levensvatbaarheid van de cellen te bepalen na 24, 48, en 72 uur bestraling. Neurieten uitgroei van primaire hippocampale neuronen (DIV 2) en Neuro2a

cellen werd waargenomen met een 20× optische microscoop en herkend door de ImageJ software. Rap1a en Rap1b genexpressies werden gedetecteerd door real-time kwantitatieve PCR. Rap1, Rap1a, Rap1b, Rap1GAP, en p-MEK1/2 eiwitexpressies werden gedetecteerd door western blot. Rap1-GTP expressie werd gedetecteerd door immunoprecipitatie. De rol van Rap1-GTP werd beoordeeld door transfectie van een constitutief actief mutant plasmide (Rap1-Gly_Val-GFP) in Neuro2a cellen.

Resultaten: Blootstelling aan 1.800 MHz RF-EMV gedurende 24, 48 en 72 uur bij 4 W/kg had geen invloed op de levensvatbaarheid van de cellen. De neurietlengte, het aantal primaire en secundaire neurieten, en de vertakkingspunten van primaire muis hippocampale neuronen werden significant verminderd door 48 uur blootstelling aan RF-EMV. Het neurietdragende celpercentage en de neurietlengte van Neuro2a-cellen werden ook geïnhibeerd door 48-uurs RF-EMV-blootstelling. De Rap1-activiteit werd geïnhibeerd door 48 uur RF-EMV blootstelling zonder aantoonbare verandering in gen- of eiwitexpressie van Rap1. De expressie van Rap1GAP-eiwit nam toe na 48 uur blootstelling aan RF-EMV, terwijl de expressie van p-MEK1/2-eiwit afnam. Overexpressie van constitutief actief Rap1 herstelde de afname van Rap1-GTP en de verminderde neurietuitgroei in Neuro2a cellen geïnduceerd door 1.800 MHz RF-EMV blootstelling gedurende 48 uur.

Conclusie: Rap1 activiteit en gerelateerde signaalwegen zijn betrokken bij de verstoring van de uitgroei van de neurieten veroorzaakt door 48-uurs blootstelling aan 1.800 MHz RF-EMV. Op basis hiervan besluiten de auteurs dat de effecten van blootstelling aan RF-EMV op de neuronale ontwikkeling bij zuigelingen en kinderen meer aandacht verdienen.

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

Cheng Q, Yu G, Wang G, Bai ZM. Blootstelling van het scrotum aan 4G mobiele telefoon radiofrequentie elektromagnetische straling beïnvloedt de spermatogenese en de bloed-testis barrière van volwassen mannelijke ratten. [Exposure of the scrotum to 4G cellphone radiofrequency electromagnetic radiation affects the spermatogenesis and blood-testis barrier of adult male rats]. Zhonghua Nan Ke Xue. 2021 Aug;27(8):680-684. Chinees. PMID: 34914238.

Doelstelling: Het onderzoeken van de directe invloed van blootstelling van het scrotum aan 4G mobiele telefoon radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV) op de testis van volwassen ratten.

Methoden: De auteurs hebben 30 volwassen mannelijke SD-ratten willekeurig en gelijkmatig onderverdeeld in een controle- en een blootstellingsgroep. De laatste groep werd gedurende 150 dagen 6 uur per dag blootgesteld aan 4G RF-EMV afkomstig van mobiele telefoons. Vervolgens analyseerden de auteurs de veranderingen in de spermakwaliteit en de epithelia van de zaadleiders, en maten de niveaus van antioxidant enzym-peroxide en de expressies van bloed-testis barrière-eiwitten in de testis van de ratten.

Resultaten: In vergelijking met de controles vertoonden de ratten in de blootstellingsgroep een significant verlaagde spermaconcentratie (［6.39 ± 0.82］ vs ［4.74 ± 0.87］ ×107/ml, P < 0.05), levensvatbaarheid (［62. 11 ± 8.82］ % vs ［41.44 ± 7.33］ %, P < 0.05), beweeglijkheid (［55.71 ±

7.39］ vs ［36.22 ± 6.36］%, P < 0.05), het percentage morfologisch normaal sperma (［84. 89 ± 5.11］% vs ［70.78 ± 8.11］%, P < 0.05) en Johnsen's score (8.38 ± 0.98 vs 6.11 ± 1.56, P < 0.05), verhoogde Coentino's score (1.36 ± 0.21 vs 1.81 ± 0. 34, P < 0.05) en MDA niveau (P < 0.05), verlaagde niveaus van SOD, GSH en CAT (P < 0.05), en gedownreguleerde expressies van occludin, ZO-1, CAR en N-Cadherin (P < 0.05).

Conclusies: De auteurs concluderen dat blootstelling van het scrotum aan 4G RF-EMV van mobiele telefoons leidt tot directe letsels aan de testis, verstoring van de bloed-testisbarrière, vermindering van de spermakwaliteit en bijhorende afname van de vruchtbaarheid van mannelijke ratten.

In vitro studies

/

Andere effecten

In vivo studies

Kim HM, Oh S, Yang JY, et al. Onderzoek naar het effect van radiofrequente bestraling op UV-B-geïnduceerde huidpigmentatie ten gevolge van verhoogde Melanosomale autofagie en verlaagde melaninesynthese. [Evaluating Whether Radiofrequency Irradiation Attenuated UV-B-Induced Skin Pigmentation by Increasing Melanosomal Autophagy and Decreasing Melanin Synthesis.] Int J Mol Sci. 2021;22(19):10724. Gepubliceerd 2021 Okt 3. doi:10.3390/ijms221910724

Autofagie is betrokken bij de afbraak van melanosomen en de bepaling van de huidskleur. TLR4 en tumor necrose factor (TNF) signalering verhoogt NF-kB expressie, die betrokken is bij de upregulatie van mTOR. De activering van mTOR door UV-B blootstelling resulteert in verminderde autofagie, terwijl radiofrequentie (RF) bestraling de expressie van TLR4 en TNF receptor (TNFR) vermindert. De auteurs evalueerden of RF de huidpigmentatie verminderde door herstel van autofagie door vermindering van de expressie van TLR4 of TNFR/NF-κB/mTOR in het UV-B bestraalde diermodel. UV-B straling induceerde de expressie van TNFR, TLR, en NF-κB in de huid, welke allen werden verminderd door RF-bestraling. RF-bestraling verminderde ook de expressie van gefosforyleerde mTOR en verhoogde autofagie-initiatiefactoren zoals FIP200, ULK1, ULK2, ATG13, en ATG101 in de UV-B bestraalde huid. Beclin 1 expressie en de expressie ratio van LC3-I tot LC3-II werden verhoogd door UV-B/RF bestraling. Verder namen melanine-bevattende autofagosomen toe bij RF-bestraling. Fontana-Masson-kleuring toonde aan dat de hoeveelheid melanine-afzetting in de huid was afgenomen door RF-bestraling. Deze studie toonde aan dat RF-bestraling huidpigmentatie verminderde door melanosomale autofagie te herstellen, en dat de mogelijke signaalwegen die autofagie moduleren TLR4, TNFR, NF-κB, en mTOR zouden kunnen zijn.

In vitro studies

/

Protocollen

Benke G, Abramson MJ, Zeleke BM, Kaufman J, Karipidis K, Kelsall H, McDonald S, Brzozek C, Feychting M, Brennan S. Het effect van langdurige blootstelling aan radiofrequentie op cognitie in observationele studies bij mensen: een protocol voor een systematische review [The effect of long-term radiofrequency exposure on cognition in human observational studies: a protocol for a systematic review.] Environ Int. 2022 Jan 15;159:106972. doi: 10.1016/j.envint.2021.106972. Epub 2021 Dec 23. PMID: 34953282.

Achtergrond: De langetermijneffecten van blootstelling aan radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (EMV) voor frequenties van 100 kHz tot 300 GHz op cognitieve prestaties kunnen het beste worden gevaluteerd met behulp van observationele studies. In de afgelopen jaren is het gebruik van mobiele telefoons de belangrijkste bron van blootstelling van de hersenen aan RF EMV geweest, hoewel andere bronnen van blootstelling ook significant kunnen zijn. De cognitieve functie omvat diverse mentale en psychologische vaardigheden, die op een aantal gebieden kunnen worden gemeten, zoals leren, geheugen, redeneren, probleemoplossing, besluitvorming en aandacht. Hoewel de effecten op de cognitieve functie het duidelijkst zijn op latere leeftijd, kunnen in een experimentele setting alleen acute en onmiddellijke effecten worden bestudeerd. Observationele studies zijn nodig wanneer effecten worden waargenomen maanden of jaren na kortdurende of langdurige blootstelling. Het belang van de effecten van blootstelling bij kinderen werd onlangs ook vastgesteld.

Doelstellingen: Evalueren van de langetermijneffecten van lokale blootstelling aan RF-EMV en blootstelling van het gehele lichaam in vergelijking met geen of een lager niveau van blootstelling op indicatoren van cognitie, waaronder complexe aandacht, executieve functie, leren en geheugen, perceptueel motorisch vermogen en sociale cognitie, maar exclusief cognitieve effecten veroorzaakt door neurodegeneratieve ziekten of neuronale ontwikkelingsstoornissen, en evalueren van mogelijke aanwijzingen voor een dosis-responsrelatie.

Geschiktheid van studies en criteria: De auteurs zullen observationele studies includeren die cognitieve effecten van RF-energie hebben geëvalueerd, inclusief een vergelijkingsgroep met een ander niveau van blootstelling. In de studies moet ten minste één gevalideerde meting van de cognitieve functie, inclusief algemene of domeinspecifieke metingen, of cognitieve stoornissen worden gerapporteerd, met een follow-up van ten minste 6 maanden. Cohort- of case-controlstudies, gepubliceerd in de vakliteratuur in om het even welke taal, komen in aanmerking. De auteurs sluiten cross-sectionele studies en studies die alleen de hersenstructuur of biomarkers rapporteren uit.

Beoordeling en synthese van de studies: De auteurs zullen PubMed, Embase, PsycINFO en EMF-portal doorzoeken. Ten minste twee auteurs zullen onafhankelijk van elkaar de titels/abstracts van alle publicaties screenen, waarbij eventuele conflicten door een derde beoordelaar zullen worden opgelost. De volledige tekst zal ook onafhankelijk van elkaar door twee auteurs worden gescreend, waarbij conflicten bij consensus zullen worden opgelost. Gegevens zullen worden geëxtraheerd uit de geïncludeerde studies, zoals factoren en kenmerken van de onderzoeksopzet, blootstellings- en vergelijkingsgroepen, deelnemers, beoordeelde uitkomsten en resultaten. Het risico op vertekening zal worden beoordeeld met het instrument van het Office of Health Assessment and Translation (OHAT). De auteurs zullen een meta-analyse van gelijkaardige studies uitvoeren met

een random effects model in STATA of gelijkaardige software, indien twee of meer studies beschikbaar zijn voor een bepaalde combinatie van blootstelling en uitkomst. De betrouwbaarheid van het bewijsmateriaal zal worden beoordeeld aan de hand van GRADE-methoden, zoals door OHAT aangepast voor beoordelingen van milieublootstellingen.