



Vlaanderen
is omgeving



Overzicht van studies over de gezondheidseffecten van radiofrequente elektromagnetische straling die in 2023 werden gepubliceerd

Het Departement Omgeving volgt de meest recente wetenschappelijke onderzoeken op om snel tekunnen inspelen op de resultaten. Het opvolgen en evalueren van nieuw onderzoek gebeurt door experts 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 noodzakelijkerwijs die van de Vlaamse Regering.

COLOFON

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

Dr. Els De Waegeneer – Universiteit Gent, Vakgroep Volksgezondheid en Eerstelijnszorg
Océane Bobin - Sciensano, Dienst Risico- en gezondheidsimpactevaluatie
Seppe Segers – Sciensano, Dienst Risico- en gezondheidsimpactevaluatie
Maryse Ledent – Sciensano, Dienst Risico- en gezondheidsimpactevaluatie
Birgit Mertens – Sciensano, Dienst Risico- en gezondheidsimpactevaluatie

Inhoud 3

pagina 3 van 85

OVERZICHT VAN DE EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMANE EXPERIMENTELE STUDIES NAAR DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING – EERSTE KWARTAAL 2023.

Dr. Els De Waegeneer

1 OVERZICHTSRAPPORTEN EN META-ANALYSES

1.1 BEROEPSBLOOTSTELLING AAN FYSISCH EN CHEMISCH RISICOFACTOREN: EEN SYSTEMATISCHE OVERZICHT VAN REPRODUCTIEVE PATHOFYSIOLOGISCHE EFFECTEN BIJ VROUWEN EN MANNEN.

Ramezanifar, S., Beyrami, S., Mehrifar, Y., Ramezanifar, E., Soltanpour, Z., et al. (2023). Safety and Health at Work, 14, 17-30. <https://orcid.org/0000-0002-0100-7971>

Achtergrond en doel: Het menselijk voortplantingssysteem kan worden beïnvloed door beroepsmatige blootstelling aan vele fysische en chemische risicofactoren. Deze studie heeft tot doel om de onderzoeken te herzien die zijn uitgevoerd naar de pathofysiologische effecten van fysische en chemische risicofactoren op het voortplantingssysteem van vrouwen en mannen.

Methoden: In deze systematische review werden de databases "Google Scholar", "Pub-Med", "Scopus" en "Web of Science" gebruikt. In navolging van de "Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses" (PRISMA 2020), werden de studies die deel uitmaken van het onderzoek gepubliceerd tussen 2000 en 2021. Om de vereiste gegevens te extraheren, werden alle secties van de artikelen beoordeeld.

Resultaten: Van de 57 artikelen die werden beoordeeld, hadden 34 artikelen betrekking op veldstudies en 23 artikelen op klinische studies. Hiervan gingen 43 studies over de pathofysiologische effecten van chemische agentia, zes studies over de pathofysiologische effecten van fysische factoren en 8 studies over de pathofysiologische effecten van fysisch-chemische factoren op het menselijke voortplantingssysteem.

Conclusie: Fysieke (lawaai, hitte en radiofrequente straling) en chemische (zoals carbamaat- en organofosfaatpesticiden, benzeen, toluen, xyleen, formaldehyde, NO₂, CS₂, mangaan, lood, nikkel en n-hexaan) risicofactoren hadden pathofysiologische effecten op het menselijke voortplantingssysteem. De aanwezigheid van deze risicofactoren op de werkplek veroorzaakte schade aan het menselijke voortplantingssysteem. De snelheid van deze negatieve pathofysiologische effecten kan worden verminderd door passende bestuurlijke, technische en technische maatregelen in werkomgevingen uit te voeren.

Commentaar dr. Els De Waegeneer: Deze publicatie vertoont nogal wat methodologische tekortkomingen als het gaat om het beoordelen van het effect van RF-EMF op de reproductie van individuen. Het houdt geen rekening met de meeste peer-reviewed publicaties over dit onderwerp, maar gebruikt slechts enkele artikelen om rekening mee te houden. Daarom moet de conclusie van de auteurs met de nodige voorzichtigheid worden benaderd.

2 GSM-GEbruik

2.1 EPIDEMIOLOGIE EN RISICOFACTOREN VOOR DE ONTWIKKELING VAN SPORADISCHE VESTIBULAIRE SCHWANNOMA

Durham, A.R., Tooker, E.L., Patel, N.S., Gurgel, R.K. (2023). Otolaryngologic Clinics of North America, in press. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.02.003>

Achtergrond en doel: Momenteel bestaat er geen consensus over het verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en een verhoogd risico op kanker, maar de meeste literatuur suggereert dat er geen correlatie bestaat. Vanaf de introductie van mobiele telefoons halverwege de jaren tachtig was er bezorgdheid over het risico op hersentumoren, gezien de nabijheid van de hersenen tot de radiofrequente straling die wordt uitgezonden door mobiele antennes. Blootstelling aan matige tot hoge doses ioniserende straling bij overlevenden van de atoombom en tandheeldkundige röntgenfoto's zijn de enige twee vastgestelde omgevingsrisico's voor hersen- en CZS-tumoren. Ioniserende straling in de klinische setting, waaronder diagnostische straling (5-50 EHz) en therapeutische straling (500-5.000 EHz), is echter een magnitude van 106 groter dan de 39 GHz die wordt uitgezonden door 5G-mobiele antennes en ver onder de menselijke blootstellingslimieten gespecificeerd door de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

Vroegge epidemiologische studies door het National Cancer Institute (NCI) tussen 1994 en 1998 vonden geen verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en het risico op VS bij volwassenen. Een van de grootste dierstudies van het Amerikaanse National Toxicology Program waarin 2G- en 3G-frequenties bij ratten en muizen werden onderzocht, nam kleine hoeveelheden kankerachtige Schwann-cellen in het hart waar bij mannelijke ratten, maar niet bij vrouwelijke ratten of muizen. Gezien de overeenkomsten tussen cardiale en vestibulaire Schwann-cellen, was er bezorgdheid over het potentiële risico voor VS. Deze bevindingen werden echter niet gevonden in vergelijkbare muis- en rattendiermodellen, wat vragen oproep over inconsistentie. De ICNIRP heeft conclusies over het verhoogde risico op kanker in verband met blootstelling aan radiofrequentie in latere dierstudies grotendeels in diskrediet gebracht.

De Million Women-studie en de Danish Cohort, twee van de grootste epidemiologische beoordelingen tot nu toe, concludeerden gezamenlijk dat er geen bewijs is dat het gebruik van mobiele telefoons in verband wordt gebracht met een verhoogd risico op sporadische VS. De Million Women Study, een prospectief cohort van meer dan 790.000 vrouwen in het Verenigd Koninkrijk, analyseerde gegevens van zelfgerapporteerde vragenlijsten voor mobiele telefoons en percentages van VS. De aanvankelijke resultaten rapporteerden hogere VS-percentages onder deelnemers met meer dan 10 jaar gebruik van mobiele telefoons, maar werden niet gerapporteerd in vervolgonderzoeken. Onderzoekers erkenden beperkingen bij de interpretatie van het verhoogde risico op VS en merkten op dat de tarieven in het Verenigd Koninkrijk niet zijn gestegen in dezelfde periode van toegenomen gebruik van mobiele telefoons. De meest uitgebreide studie, de Deense

Vanaf 2011 classificeert het International Agency for Research on Cancer radiofrequente elektromagnetische velden als een groep 2B (mogelijk kankerverwekkend voor mensen) op basis van het beperkte bewijs van een verhoogd risico op glioom (niet VS). De Food and Drug Administration, NCI en het Center for Disease Control verklaren gezamenlijk dat er geen wetenschappelijk bewijs is dat een definitief verband legt tussen het gebruik van mobiele telefoons en kanker.

2.2 MOBIEL TELEFOONGEBRUIK, GENETISCHE GEVOELIGHEID EN NIEUWE CHRONISCHE NIERZIEKTEN

Achtergrond en doel: Chronische nierziekte (CNZ) heeft een grote invloed op de wereldwijde gezondheid, zowel als directe oorzaak van morbiditeit als als een belangrijke risicofactor voor hart- en vaatziekten en vroegtijdig overlijden. In 2017 waren er wereldwijd 697,5 miljoen gevallen van CNZ, met een wereldwijde prevalentie van 9,1%. CNZ is grotendeels te voorkomen, en daarom heeft het identificeren van meer beïnvloedbare risicofactoren voor CNZ om primaire preventieve maatregelen vast te stellen belangrijke klinische implicaties. De auteurs willen de associaties onderzoeken tussen het gebruik van mobiele telefoons en de gebruikskenmerken ervan met nieuw ontstane chronische nierziekten.

Resultaten: Tijdens een mediane follow-up van 12,1 jaar kwamen 10.797 (2,6%) deelnemers met chronische nierziekte voor. Vergeleken met niet-gebruikers van mobiele telefoons, werd een significant hoger risico op nieuwe CNZ gevonden bij gebruikers van mobiele telefoons (HR = 1,07; 95%-BI: 1,02–1,13). Bovendien werd bij gebruikers van mobiele telefoons, in vergelijking met deelnemers met een wekelijkse gebruikstijd van het maken of ontvangen van mobiele telefoons <30 minuten, een significant hoger risico op nieuwe CNZ waargenomen bij degenen met een gebruikstijd van ≥ 30 minuten (HR = 1,12; 95 % BI: 1,07–1,18). Bovendien hadden deelnemers met zowel een hoog genetisch risico op CNZ als een langere wekelijkse gebruikstijd van mobiele telefoons het hoogste risico op CNZ. Vergelijkbare resultaten werden gevonden met behulp van “propensity score matching”-methoden. Er waren echter geen significante verbanden tussen de duur van het gebruik van mobiele telefoons en het gebruik van een handsfree-apparaat/speakerphone met het ontstaan van CNZ bij mobiele telefoongebruikers.

pagina 10 van 85

Conclusie: Mobiele telefoongesprekken kunnen HRV en autonome balans beïnvloeden. Deze verandering kan worden beïnvloed door het elektromagnetische veld, alsook door spreken.

2.4 EFFECT VAN RADIOFREQUENTIE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING UITGEZONDEN DOOR MOBIELE TELEFOONS OP DE MOBILITEIT EN LEVENSVATBAARHEID VAN SPERMA

Achtergrond en doel: GSMs zenden radiofrequente elektromagnetische straling (RF-EMR) uit voor overdracht van gegevens voor communicatie via sociale media, voor surfen op het web en voor het streamen van muziek en podcasts. Het gebruik van Bluetooth-oordopjes heeft waarschijnlijk de periode waarin GSMS in de broekzakken van mannen zitten, verlengd. Er is gepostuleerd dat RF-EMR oxidatieve stress verhoogt en de vorming van vrije radicalen induceert. Het doel van deze studie is om het effect te onderzoeken van het draadloze spectrum (4G, 5G en wifi) RF-EMR uitgezonden door moderne smartphones op de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma en te onderzoeken of deze effecten kunnen worden beperkt met behulp van een fysieke barrière of afstand.

Resultaten: De auteurs zagen een afname van de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van het sperma bij blootstelling aan wifi, maar niet bij blootstelling aan 4G of 5G RF-EMR.

Commentaar van dr. Els De Waegeneer: Een eerste beperking van deze studie is de kleine steekproefomvang. Bovendien werden er geen demografische gegevens over deze patiënten verzameld, dus uitgebreide confounding bias is mogelijk. Er moet ook rekening worden gehouden met andere variabelen, zoals temperatuur en stralingssterkte.

3 RESIDENTIËLE BLOOTSTELLING

3.1 DE RELATIE TUSSEN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS EN HERSENTUMOREN: DE HERSENTUMOR INCIDENTIE TRENDS IN ZUID-KOREA

Moon, J. (2023). Environmental Research, 226. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115657>

Achtergrond en doel: Het doel van deze studie is het onderzoeken van de relatie tussen het hebben van een GSM-abonnement en de incidentie van hersentumoren in Zuid-Korea. Het abonnementspercentage voor mobiele telefoons werd gebruikt als proxy voor de RF-EMR-blootstellingsbeoordeling.

Methoden: De gegevens voor GSM-abonnementen per 100 personen van 1985 tot 2019 zijn gevonden in de Statistics, International Telecom Union (ITU). De gegevens over de incidentie van hersentumoren van 1999 tot 2018, werden verstrekt door de South Korea Central Cancer Registry, beheerd door het National Cancer Center.

Resultaten: In Zuid-Korea steeg de abonnementsgraad van 0 per 100 personen in 1991 naar 57 per 100 personen in 2000. De abonnementsgraad werd 97 per 100 personen in 2009 en 135 per 100 personen in 2019. Voor de correlatiecoëfficiënt tussen mobiele telefoons inschrijvingspercentage vóór 10 jaar en ASIR per 100.000, werd een positieve correlatiecoëfficiënt met statistische significantie gerapporteerd bij 3 goedaardige hersentumoren (International Classification of Diseases, ICD-10 code, D32, D33 en D32.0) en bij 3 kwaadaardige hersentumoren tumoren (ICD-10-code, C71.0, C71.1 en C71.2). Positieve correlatiecoëfficiënten met een statistische significantie bij kwaadaardige hersentumoren varieerden van 0,75 (95% BI 0,46–0,90) voor C71.0 tot 0,85 (95% BI 0,63–0,93) voor C71.1. Gezien het feit dat de belangrijkste route voor blootstelling aan RF-EMR via de frontotemporale zijde van de hersenen (de locatie van beide oren) is geweest, is er sprake van een positieve correlatiecoëfficiënt met een statistische significantie in de frontale kwab (C71.1) en temporale kwab (C71.2).

Conclusie: Statistisch niet-significante resultaten van recente internationale cohortstudies en grote populatieonderzoeken en tegenstrijdige resultaten van veel eerdere case-control-onderzoeken zouden kunnen wijzen op een probleem bij het identificeren van een factor als bepalende factor voor een ziekte in de opzet van een ecologisch onderzoek.

Commentaar van dr. Els De Waegeneer: Het gebruik van het aantal gsm-abonnementen als proxy voor de mate van blootstelling aan RF-EMF is problematisch en kan vertekening veroorzaken. Er is een nauwkeurigere beoordeling van de blootstelling nodig, zoals locatiespecifieke, tijdintegrale meting van SAR voor elk individu.

3.2 TIJDSVERLOOP VAN GEZONDHEIDSKLACHTEN TOEGESCHREVEN AAN BLOOTSTELLING AAN RF-EMV EN VOORSPELLERS VAN ELEKTROMAGNETISCHE OVERGEVOELIGHEID GEDURENDE 10 JAAR IN EEN PROSPECTIEF COHORT VAN NEDERLANDSE VOLWASSENEN

Traini, E., Martens, A.L., Slottje, P. (2023). *Science of the Total Environment*, 856.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159240>

Achtergrond en doel: Sommige personen schrijven gezondheidsklachten toe aan blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMF). Deze aandoening, bekend als idiopathische omgevingsintolerantie toegeschreven aan RF-EMF's (IEI-RF) of elektromagnetische overgevoeligheid (EHS), kan invaliderend zijn voor degenen die erdoor worden getroffen. In deze studie beoordeelden de auteurs factoren die verband houden met het ontwikkelen, behouden of verwerpen van IEI-RF in de loop van 10 jaar, en voorspellers van het ontwikkelen van EHS bij follow-up met behulp van een gerichte vraag zonder de voorwaarde om gezondheidsklachten te melden die worden toegeschreven aan RF- EMV-blootstelling.

Methoden: Deelnemers (n=892, gemiddelde leeftijd 50 bij aanvang, 52% vrouwen) van de Nederlandse arbeids- en milieugezondheidscohortstudie AMIGO vulden vragenlijsten in in 2011/2012 (T0), 2013 (T1) en 2021 (T4) waarbij er informatie werd verzameld met betrekking tot waargenomen RF-EMF-blootstelling en -risico, niet-specifieke symptomen, slaapproblemen, IEI-RF en EHS. De auteurs pasten Markov-modellen met meerdere toestanden toe om weer te geven hoe individuen overgingen tussen toestanden ("ja", "nee") van IEI-RF.

Resultaten: Op elk tijdstip rapporteerde ongeveer 1% van de deelnemers aan de studie gezondheidsklachten die ze toeschreven aan blootstelling aan RF-EMF. Hoewel dit percentage stabiel bleef, veranderden de personen die dergelijke klachten rapporteerden in de loop van de tijd: van de negen personen die gezondheidsklachten rapporteerden op T0, meldde slechts één IEI-RF op zowel T1 als T4, en twee nieuw gemelde gezondheidsklachten op T4. Over het algemeen hadden de deelnemers een kans van 95% om over een tijdsverloop van 10 jaar van "ja" naar "nee" te gaan, en een kans van 1% om van "nee" naar "ja" te gaan. Deelnemers met een hoge perceptie van RF-EMF-blootstelling en -risico hadden een algemene neiging om vaker van toestand te veranderen.

Conclusies: De auteurs zagen een lage prevalentie van IEI-RF in de bestudeerde populatie. De prevalentie varieerde niet sterk in de loop van de tijd, maar er was een sterk aspect van verandering: gedurende 10 jaar was er een grote kans dat de symptomen niet meer werden toegeschreven aan blootstelling aan RF-EMF. IEI-RF lijkt een meer voorbijgaande aandoening te zijn dan eerder werd aangenomen.

3.3 CASE REPORT: HET MICROGOLFSYNDROOM NA INSTALLATIE VAN 5G BEKLEMT TOONT DE NOODZAAK VAN BESCHERMING TEGEN RADIOFREQUENTIESTRALING

Hardell, L., Nilsson, M. (2023). Annal of Case Reports, 8, 1112. <https://doi.org/10.29011/2574->

7754.101112

In dit geval melden twee voorheen gezonde personen, een man van 63 jaar en een vrouw van 62 jaar, symptomen van het microgolfsyndroom na installatie van een 5G-basisstation voor draadloze communicatie op het dak boven hun appartement. Op dezelfde plek was sinds enkele jaren een basisstation voor eerdere telecommunicatiegeneratietechnologie (3G/4G). Zeer hoge

Commentaar van dr. Els De Waegeneer: Een case-rapport kan bias en confounding niet uitsluiten en moet daarom met de nodige voorzichtigheid worden benaderd wat betreft de causaliteit.

REFERENCES

Chu, K.Y., Khodamoradi, K., Blachman-Braun, R. et al. (2023). EFFECT OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION EMITTED BY MODERN CELLPHONES ON SPERM MOTILITY AND VIABILITY: AN IN VITRO STUDY. *European Urology Focus*, 9, 69-74.
<https://doi.org/10.1016/j.euf.2022.11.004>

Durham, A.R., Tooker, E.L., Patel, N.S., Gurgel, R.K. (2023). EPIDEMIOLOGY AND RISK FACTORS FOR DEVELOPMENT OF SPORADIC VESTIBULAR SCHWANNOMA. *Otolaryngologic Clinics of North America*, in press. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.02.003>

<https://doi.org/10.7759/cureus.33566>

Case Reports, 8, 1112. <https://doi.org/10.29011/2574-7754.101112>

Environmental Research, 226. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115657>

14, 17-30. <https://orcid.org/0000-0002-0100-7971>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159240>

and Neck Surgery, in press. <https://doi.org/10.1007/s12070-022-03384-8>

<https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605358>

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES EN REVIEWS BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET EERSTE TRIMESTER VAN 2023 WERDEN GEPUBLICEERD

Seppe Segers, Maryse Ledent & Birgit Mertens

1 REVIEWS

1.1 IN VIVO STUDIES OVER BLOOTSTELLING AAN RADIOFREQUENTE (100 KHZ-300 GHZ) ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN KANKER: EEN SYSTEMATISCHE REVIEW

Pinto R, Ardoino L, Villani P, Marino C.

[In Vivo studies on Radiofrequency (100 kHz-300 GHz) Electromagnetic Field Exposure and Cancer: A Systematic Review.] *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(3):2071. Gepubliceerd 2023 jan 23. doi:10.3390/ijerph20032071.

Door de toenemende blootstelling van de menselijke bevolking aan radiofrequente (RF) elektromagnetische velden is de bezorgdheid over de mogelijke gezondheidseffecten ervan toegenomen. Het doel van deze systematische review is om via een kwantitatieve analyse een update te geven over de stand van het onderzoek over dit onderwerp en om het verhoogde risico van tumorincidentie bij proefdieren (knaagdieren) te beoordelen waarbij studies in verschillende soorten, stammen, geslachten en genotypes in rekening worden gebracht. De review werd uitgevoerd volgens de PRISMA-richtlijn en individuele studies werden beoordeeld aan de hand van de 'OHAT Risk of Bias Rating Tool for Human and Animal Studies'. In totaal kwamen 27 studies in aanmerking voor de evaluatie van de tumorincidentie; er werd een meta-analyse uitgevoerd op 23 studies om het mogelijke verhoogde risico van zowel kwaadaardige als goedaardige tumoren op systemisch niveau of in verschillende organen/weefsels te evalueren. Er werd in deze meta-analyse voor de meeste weefsels geen significant verband gevonden tussen blootstelling aan RF en een verhoogd/verlaagd risico op kanker. Alleen in het hart, het centraal zenuwstelsel (CZS)/de hersenen en de darmen kon een significant verhoogd/verlaagd risico voor kwaadaardige tumoren worden vastgesteld. De evaluatie van de beschikbare evidentie levert echter weinig of onvoldoende aanwijzingen op voor een verband tussen blootstelling aan RF en het ontstaan van neoplasma's in alle weefsels.

1.2 VERBAND TUSSEN BLOOTSTELLING VAN DE OUDERS AAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN HEMATOPOÏETISCHE NEOPLASMEN (LYMFOOM, LEUKEMIE) EN TUMOREN IN HET CENTRALE ZENUWSTELSEL BIJ KINDEREN: EEN SYSTEMATISCHE REVIEW

Morales-Suárez-Varela M, Llopis-Morales A, Doccioli C, Donzelli G.

[Relationship between parental exposure to radiofrequency electromagnetic fields and primarily

hematopoietic neoplasms (lymphoma, leukemia) and tumors in the central nervous system in children: a systematic review]. *Rev Environ Health*. 2023;10.1515/reveh-2022-0248. doi:10.1515/reveh-2022-0248

Het gebruik van laagfrequente elektromagnetische velden is de laatste jaren exponentieel toegenomen als gevolg van technologische ontwikkeling en modernisering. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO)/International Agency for Research on Cancer (IARC) heeft radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV's) geklasseerd als mogelijk kankerverwekkend voor mensen (groep 2B), en recente studies hebben de associatie onderzocht tussen blootstelling aan EMV's bij ouders en mogelijke gezondheidseffecten bij kinderen, met name de ontwikkeling van tumoren van het centrale zenuwstelsel (CZS). Het doel van deze systematische review was om al het beschikbare bewijsmateriaal over het verband tussen beroepsmatige blootstelling van ouders aan EMV's en de ontwikkeling van CZS-kanker bij kinderen te verzamelen en dit te evalueren. Deze review werd voorbereid volgens de 'Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)' richtlijnen. PubMed, Embase en Web of Science werden doorzocht op artikels gepubliceerd in de periode van januari 1990 tot april 2021. Er werd gezocht op basis van de volgende zoektermen: "occupational" AND "child" AND "electromagnetic" AND "cancer". Zeventien artikels voldeden aan de inclusiecriteria: 13 case-control studies, twee cohortstudies en 2 meta-analyses. De meeste studies vertoonden verschillende methodologische tekortkomingen. Door een gebrek aan consistentie met betrekking tot de uitkomst en door de heterogeniteit in de onderzochte studies is het bewijsmateriaal voor de effecten van blootstelling van ouders aan EMV's niet duidelijk. De methodologische heterogeniteit in de wijze waarop de studies zijn uitgevoerd, zou verantwoordelijk kunnen zijn voor het gebrek aan consistentie in de bevindingen. In het algemeen kan op basis van het verzamelde bewijsmateriaal geen conclusie worden getrokken over het verband tussen blootstelling van ouders aan elektromagnetische velden en het optreden van CZS-tumoren bij kinderen.

1.3 GENOTOXISCHE RISICO'S VAN RADIOFREQUENTE STRALING VOOR DE VOORTPLANTING VAN MANNEN.

Kaur P, Rai U, Singh R.

[Genotoxic Risks to Male Reproductive Health from Radiofrequency Radiation.] Cells. 2023;12(4):594. Gepubliceerd 2023 feb 12. doi:10.3390/cells12040594

In onze moderne wereld zijn mobiele telefoons, televisies, magnetrons, radio en draadloze apparaten enz. niet meer weg te denken uit onze dagelijkse levensstijl. Al deze technologieën maken gebruik van radiofrequente (RF) golven en iedereen wordt eraan blootgesteld, aangezien ze wijd verspreid zijn in de omgeving. Het toenemende risico op mannelijke onvruchtbaarheid baart de menselijke bevolking steeds meer zorgen. Overmatige en langdurige blootstelling aan niet-ioniserende straling kan volgens de auteurs leiden tot genetische effecten op het mannelijke voortplantingssysteem, wat een primitieve factor kan zijn voor het risico op kanker. Er werden reeds verschillende studies naar de mogelijke genotoxische effecten van RF golven uitgevoerd; de resultaten van deze studies zijn echter zeer tegenstrijdig. Deze evaluatie richtte zich daarom op de evalueren van de impact van het radiofrequente elektromagnetische veld (RF-EMV) op het genoom, met mogelijke gevolgen op de mannelijke onvruchtbaarheid. In dit overzicht zijn zowel in vitro als in vivo studies opgenomen waarbij de rol van RF-EMV op het mannelijke voortplantingssysteem werd bestudeerd. Dit omvat door RF-EMV veroorzaakte DNA-schade, vorming van micronuclei, chromosoomafwijkingen, generatie van SCE, enz. Daarnaast werd ook

aandacht besteed aan de ROS-generatie na blootstelling aan radiofrequente straling, waarbij een toename van oxidatieve stress, de vorming van basenadducten, DNA-schade in het spermahoofd of problemen met cross-linking tussen DNA en eiwitten werd aangetoond.

2 NEOPLASTISCHE ZIEKTEN

In vivo studies

/

In vitro studies

/

(Anti-)Genotoxiciteits studies

/

3 EFFECTEN OP HET ZENUWSTELSEL EN NEUROLOGISCHE AANDOENINGEN

In vivo studies

3.1 EVALUATIE VAN HET EFFECT VAN “JAMMER” STRALING OP HET LEREN EN HET GEHEUGEN VAN MANNELIJKE RATTEN.

Yazdanpanahi M, Namazi A, Shojaeifard MB, Nematolahi S, Pourahmad S.

[Evaluating the Effect of Jammer Radiation on Learning and Memory in Male Rats.] J Biomed Phys Eng. 2023;13(1):29-38. Gepubliceerd 2023 Feb 1. doi:10.31661/jbpe.v0i0.2001-1049

Achtergrond: Eerdere studies toonden aan dat het gebruik van mobiele telefoons het werkgeheugen bij mensen kan aantasten.

Doelstelling: In deze studie werd het effect van radiofrequente straling afkomstig van gewone mobiele “jammers” bestudeerd op het leren en het geheugen van ratten.

Materiaal en methoden: In deze prospectieve studie werden 90 Sprague-Dawley ratten, verdeeld in 9 groepen (N=10): Controle, Sham1st (blootgesteld aan een uitgeschakeld mobiel stoorapparaat op een afstand van 50 of 100 cm/1 dag, 2 uur), Sham2nd (vergelijkbaar met Sham1st, maar gedurende 14 dagen, 2 uur/dag), Experimental1st -50 cm/1 dag & 100 cm/1 dag (blootgesteld aan een ingeschakeld apparaat op een afstand van 50 of 100 cm gedurende 2 uur), Experimental2nd (vergelijkbaar met experimental1st, maar gedurende 14 dagen, 2 uur/dag). De dieren werden de volgende dag getest op leren en werking van het geheugen aan de hand van een shuttlebox. De tijd die een rat nodig had om het donkere gedeelte binnen te gaan werd beschouwd als geheugen.

Resultaten: Het gemiddelde kortetermijngeheugen was bij de experimentele- 50 cm/1 dag korter dan bij de controle- en sham- 50 cm/1 dag ($P=0,034$), het langetermijngeheugen was vergelijkbaar. Het gemiddelde korte- en langetermijngeheugen was vergelijkbaar in de experimentele- 100 cm/1 dag, controle en sham- 100 cm/1 dag ($P>0,05$). Het gemiddelde kortetermijngeheugen was vergelijkbaar in de experimentele- 50 cm/14 dagen, controle en sham- 50 cm/14 dagen ($P=0,087$), maar het langetermijnleergeheugen was korter in de bestraalde groep ($P=0,038$). De gemiddelde

Conclusie: Op basis van hun resultaten concluderen de auteurs dat bij ratten blootgesteld aan “jammer” straling het korte- en langetermijngeheugen was verstoord, wat volgens hun het ongunstige effect van een stoorzender op geheugen en leren aantoonde. De auteurs merkten ook op dat de afstand tot de stralingsbron belangrijker was dan de duur.

[Protective role of hispolon and its derivatives against apoptosis in cortical neurons induced by electromagnetic radiation from 4G mobile phone] [published online ahead of print, 2023 Mar 30]. J Biochem Mol Toxicol. 2023:e23351. doi:10.1002/jbt.23351

pagina 24 van 85

4 REPRODUCTIEVE EN ONTWIKKELINGSEFFECTEN

In vivo studies

4.1 DE EFFECTEN VAN LANGDURIGE PRENATALE BLOOTSTELLING AAN 900, 1800 EN 2100 MHZ ELEKTROMAGNETISCHE VELDSTRALING OP HET MYOCARDIAAL WEEFSEL VAN RATTEN.

Bozok S, Karaagac E, Sener D, Akakin D, Tumkaya L.

[The effects of long-term prenatal exposure to 900, 1800, and 2100 MHz electromagnetic field radiation on myocardial tissue of rats.] *Toxicol Ind Health*. 2023;39(1):1-9.

doi:10.1177/07482337221139586

Het is bekend dat draadloze communicatietechnologieën het menselijk leven vergemakkelijken. De schadelijke effecten van elektromagnetische veldstraling (EMV) op het menselijk lichaam mogen echter niet worden genegeerd. In de huidige studie evalueerden de auteurs de effecten van langdurige, prenatale blootstelling aan EMV-straling op het myocardiaal weefsel van ratten bij verschillende blootstellingsduur. In totaal werden 18 zwangere Sprague-Dawley ratten ingedeeld in zes groepen (n = 3 in elke groep). In alle groepen, behalve de controlegroep, werden drie zwangere ratten blootgesteld aan EMV-straling (900, 1800 en 2100 MHz) gedurende 6, 12 en 24 uur gedurende 20 dagen. Na de bevalling werden de pasgeboren mannelijke pups geïdentificeerd en uit elke groep werden willekeurig zes pasgeboren mannelijke pups geselecteerd. Vervolgens werden histopathologische en biochemische analyses van myocardiale stalen uitgevoerd. Bij evaluatie van de 24-uurs prenatale blootstelling aan 900, 1800 en 2100 MHz EMV-straling was de schade aan de hartspier groter in de 2100 MHz EMV-24u-groep dan in de andere groepen. Bij de evaluatie van malondialdehyde (MDA) en glutathion (GSH) niveaus die verband houden met reactieve oxidatieve species (ROS), was het MDA niveau hoger in de 2100 MHz EMV-24u groep vergeleken met de andere groepen. Het GSH-niveau was ook lager in de 2100 MHz EMV-24u-groep. Bij evaluatie van de 6, 12 en 24 uur/dag prenatale blootstelling aan 1800 MHz EMV-straling was de myocardiale schade groter in de 1800 MHz EMV-24 uur groep dan in de overige groepen (p <0,0001). Ook het MDA-niveau was hoger in de 1800 MHz EMV-24h-groep vergeleken met de andere groepen, terwijl het GSH-niveau in deze groep lager was. Het myocardiaal weefsel was meer aangetast bij langdurige blootstelling aan EMV-straling bij hoge frequenties. Op basis van deze gegevens concluderen de auteurs dat de schadelijke effecten van blootstelling aan niet-ioniserende straling op het hartweefsel zullen toenemen met de 5G-technologie.

4.2 EFFECT VAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING VAN MODERNE MOBIELE TELEFOONS OP DE BEWEEGLIJKHEID EN LEVENSVATBAARHEID VAN SPERMA: EEN IN VITRO STUDIE

Chu KY, Khodamoradi K, Blachman-Braun R, et al.

[Effect of Radiofrequency Electromagnetic Radiation Emitted by Modern Cellphones on Sperm Motility and Viability: An in vitro study.] Eur Urol Focus. 2023;9(1):69-74.

doi:10.1016/j.euf.2022.11.004

Achtergrond: Mobiele telefoons zenden radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) uit voor de overdracht van gegevens voor communicatie via sociale media, surfen op het web en het streamen van muziek/podcasts. Het gebruik van Bluetooth oordopjes heeft er waarschijnlijk toe geleid dat mobiele telefoons langer in de broekzakken van mannen blijven zitten. Er wordt verondersteld dat RF-EMV de oxidatieve stress verhoogt en de vorming van vrije radicalen induceert.

Doelstelling: Het bestuderen van het effect van RF-EMV uit het draadloze spectrum (4G, 5G en WiFi) van moderne smartphones op de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma en onderzoeken of deze effecten kunnen worden verminderd door een fysieke barrière of afstand. Ontwerp, setting en deelnemers: Spermastalen werden verkregen van vruchtbare normozoospermische mannen van 25-35 jaar. Een smartphone van de huidige generatie in gespreksmodus werd gebruikt als RF-EMV-bron. Er werd een WhatsApp-spraakgesprek gevoerd via een draadloze 4G-, 5G- of WiFi-verbinding. De auteurs evalueerden of de RF-geïnduceerde effecten werden verminderd door een telefoonhoesje of een grotere afstand tot het spermastaal. Resultaatmetingen en statistische analyse: De spermastalen werden geanalyseerd volgens de laboratoriumrichtlijnen van de Wereldgezondheidsorganisatie van 2010. Statistische analyse werd uitgevoerd met SPSS v.28.

Resultaten en beperkingen: De auteurs constateerden een afname van de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma bij blootstelling aan WiFi, maar niet bij blootstelling aan 4G of 5G RF-EMV. Gezien de grote variabiliteit tussen smartphones is verder onderzoek naar blootstellingseffecten nodig.

Conclusies: Op basis van deze verkennende studie concludeerden de auteurs dat de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma negatief worden beïnvloed door smartphones die het WiFi-spectrum gebruiken voor datatransmissie.

Samenvatting: De auteurs onderzochten het effect van het gebruik van mobiele telefoons op de beweeglijkheid en levensvatbaarheid van sperma. De auteurs concludeerden dat mobiele telefoons die WiFi-connectiviteit gebruiken voor gegevensgebruik schadelijke effecten hebben op de spermakwaliteit bij mannen.

5 ANDERE EFFECTEN

In vivo studies

5.1 NADELIGE EFFECTEN VAN 900, 1800 EN 2100 MHZ RADIOFREQUENTE STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS OP BOTTEN EN SKELETSPIEREN.

Bektas H, Nalbant A, Akdag MB, Demir C, Kavak S, Dasdag S.

[Adverse effects of 900, 1800 and 2100 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phones on bone and skeletal muscle.] *Electromagn Biol Med.* 2023;42(1):12-20.

doi:10.1080/15368378.2023.2179065

Het doel van deze studie was om biomechanisch en morfologisch onderzoek uit te voeren naar zowel de impact van mobiele telefoonachtige radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) op het scheenbeen als de effecten op de skeletspier via oxidatieve stressparameters. Zesenvijftig ratten (200-250 g) werden in groepen verdeeld: gezonde sham (n = 7), gezonde RF-EMV (900, 1800, 2100 MHz) (n = 21), diabetische sham (n = 7) en diabetische RF-EMV (900, 1800, 2100 MHz) (n = 21). Gedurende een maand bracht elke groep twee uur per dag door in een plexiglas carrousel. De ratten in de experimentele groep werden blootgesteld aan RF-EMV, maar de shamgroepen niet. Aan het einde van het experiment werden de rechterscheenbeenderen en het skeletspierweefsel verwijderd. De driepuntsbuigtest en radiologische evaluaties werden uitgevoerd op de botten, en CAT, GSH, MDA en IMA niveaus in de spieren werden gemeten. Er waren verschillen in biomechanische eigenschappen en radiologische evaluaties tussen de groepen ($p < .05$). Bij de metingen in de spierweefsels werden statistisch significante verschillen gevonden ($p < .05$). De gemiddelde SAR-waarden voor het gehele lichaam voor GSM 900, 1800 en 2100 MHz bedroegen 0,026, 0,164 en 0,173 W/kg. De auteurs concluderen op basis van deze resultaten dat RF-EMV afkomstig van mobiele telefoons schadelijke effecten kan hebben op het scheenbeen en de skeletspieren, maar geven ook aan dat verdere studies nodig zijn.

In vitro studies

5.2 ANALYSE VAN GLOBALE DNA-METHYLERINGSVERANDERINGEN IN MENSELIJKE KERATINOCYTEN ONMIDDELLIJK NA BLOOTSTELLING AAN EEN 900 MHZ RADIOFREQUENTIEVELD

Cantu JC, Butterworth JW, Peralta XG, Payne JA, Echchgadda I.

[Analysis of global DNA methylation changes in human keratinocytes immediately following exposure to a 900 MHz radiofrequency field] [published online ahead of print, 2023 Mar 31]. Bioelektromagnetica. 2023;10.1002/bem.22439. doi:10.1002/bem.22439

Het toenemende gebruik van niet-ioniserende radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) in een breed scala van technologieën maakt studies noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in de biologische effecten van blootstelling aan dergelijke vormen van elektromagnetische velden. Hoewel eerdere studies mechanismen hebben beschreven voor cellulaire veranderingen die optreden na blootstelling aan RF-EMV van lage intensiteit, werd de rol van moleculaire epigenetica nog niet grondig onderzocht. Met name het effect van RF-EMV op methylering van

6 GENERAL COMMENTS

Kaur et al. publiceerden een narratieve review over het genotoxische effect van RF-straling op de mannelijke vruchtbaarheid. De auteurs concluderen dat de review bevestigt dat RF genotoxiciteit kan induceren die ten grondslag ligt aan mannelijke onvruchtbaarheid, maar dat een plausibel mechanisme nog niet bekend is. Dit is echter een narratieve review, en geen systematische review met meta-analyse. De auteurs maken geen opmerkingen over de kwaliteit van de geïncludeerde studies en over de mogelijke methodologische tekortkomingen. Bovendien hebben de auteurs studies met veel verschillende golflengten van RF-EMV opgenomen en samen beschouwd. Ook moet worden opgemerkt dat Kaur et al. in hun zoekstrategie het specifieke woord "radiofrequente straling" gebruikten. Bijgevolg zouden studies die niet het woord "straling" maar andere termen

REFERENCES

Pinto R, Ardoino L, Villani P, Marino C.

[In Vivo studies on Radiofrequency (100 kHz-300 GHz) Electromagnetic Field Exposure and Cancer: A Systematic Review.] *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(3):2071. Gepubliceerd 2023 jan 23. doi:10.3390/ijerph20032071.

Morales-Suárez-Varela M, Llopis-Morales A, Doccioli C, Donzelli G.

[Relationship between parental exposure to radiofrequency electromagnetic fields and primarily hematopoietic neoplasms (lymphoma, leukemia) and tumors in the central nervous system in children: a systematic review]. Rev Environ Health. 2023;10.1515/reveh-2022-0248. doi:10.1515/reveh-2022-0248

Kaur P, Rai U, Singh R.

[Genotoxic Risks to Male Reproductive Health from Radiofrequency Radiation.] Cells. 2023;12(4):594. Gepubliceerd 2023 feb 12. doi:10.3390/cells12040594

Yazdanpanahi M, Namazi A, Shojaeifard MB, Nematolahi S, Pourahmad S.

[Evaluating the Effect of Jammer Radiation on Learning and Memory in Male Rats.] J Biomed Phys Eng. 2023;13(1):29-38. Gepubliceerd 2023 Feb 1. doi:10.31661/jbpe.v0i0.2001-1049

Spandole-Dinu S, Catrina AM, Voinea OC, et al.

[Pilot Study of the Long-Term Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation Exposure on the Mouse Brain.] *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(4):3025. Gepubliceerd 2023 Feb 9. doi:10.3390/ijerph20043025.

Saka VP, V C, Narayanasamy D.

[Protective role of hispolon and its derivatives against apoptosis in cortical neurons induced by electromagnetic radiation from 4G mobile phone] [published online ahead of print, 2023 Mar 30]. J Biochem Mol Toxicol. 2023:e23351. doi:10.1002/jbt.23351

Bozok S, Karaagac E, Sener D, Akakin D, Tumkaya L.

[The effects of long-term prenatal exposure to 900, 1800, and 2100 MHz electromagnetic field radiation on myocardial tissue of rats.] *Toxicol Ind Health*. 2023;39(1):1-9.
doi:10.1177/07482337221139586

Chu KY, Khodamoradi K, Blachman-Braun R, et al.

[Effect of Radiofrequency Electromagnetic Radiation Emitted by Modern Cellphones on Sperm Motility and Viability: An in vitro study.] Eur Urol Focus. 2023;9(1):69-74.
doi:10.1016/j.euf.2022.11.004

Bektas H, Nalbant A, Akdag MB, Demir C, Kavak S, Dasdag S.

[Adverse effects of 900, 1800 and 2100 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phones on bone and skeletal muscle.] *Electromagn Biol Med.* 2023;42(1):12-20.
doi:10.1080/15368378.2023.2179065

Cantu JC, Butterworth JW, Peralta XG, Payne JA, Echchgadda I.

[Analysis of global DNA methylation changes in human keratinocytes immediately following

exposure to a 900 MHz radiofrequency field] [published online ahead of print, 2023 Mar 31]. *Bioelektromagnetica*. 2023;10.1002/bem.22439. doi:10.1002/bem.22439

OVERZICHT VAN DE EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMANE EXPERIMENTELE STUDIES NAAR DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING – TWEEDE KWARTAAL 2023.

Dr. Els De Waegeneer

1 OVERZICHTSSTUDIES EN META-ANALYSES

1.1 EXPOSURES TO RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AND THEIR IMPACT ON CHILDREN'S HEALTH.

Lim, H., Choi, J., Joo, H., Ha, M. (2023). *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100456>

Achtergrond en doelstellingen: De mogelijke gezondheidseffecten van radiofrequente elektromagnetische straling op kinderen zijn een publieke zorg geworden vanwege de biologische kwetsbaarheid van zich ontwikkelende kinderen. Om het bewijs voor mogelijke nadelige gezondheidseffecten op kinderen te evalueren, hebben de auteurs systematisch epidemiologische studies beoordeeld en kort de experimentele dier- of mechanistische studies besproken.

Methoden: Met behulp van een zoekstrategie en een beoordeling van het risico op vooringenomenheid (bias) vatten de auteurs de bestaande gegevens over kanker, geboortekomst, neurocognitieve ontwikkeling en gedragsproblemen samen.

Resultaten: Er was onvoldoende bewijs om de mogelijks nadelige effecten vast te stellen. Recente grootschalige dierstudies hebben kankerverwekkende bevindingen aangetoond, maar het biologische mechanisme is nog niet opgehelderd.

Conclusie: Er is een goed opgezette toekomstige studie nodig om hoogwaardig wetenschappelijk bewijs te leveren van de mogelijke schadelijke effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische straling bij kinderen.

Commentaar van dr. Els De Waegeneer: De auteurs onderstrepen terecht de lage tot matige niveaus van risico-op-bias-beoordeling in de meeste epidemiologische studies, wat inderdaad een terugkerend probleem is in dit onderzoeksgebied. Hun oproep om de blootstellingsbeoordeling en onderzoekopzet te verbeteren verdient veel aandacht.

Achtergrond en doel: Tegenwoordig worden mensen vaak blootgesteld aan elektromagnetische golven, die ongewenste effecten kunnen hebben op celcomponenten die leiden tot differentiatie en afwijkingen in celproliferatie, DNA-schade, chromosomale afwijkingen, kankers en geboortefwijkingen. Deze studie was gericht op het onderzoeken van het effect van elektromagnetische golven op foetale afwijkingen en afwijkingen in de kindertijd.

Methoden: PubMed, Scopus, Web of Science, ProQuest, Cochrane Library en Google Scholar werden doorzocht op 1 januari 2023. De Cochran's Q-test en I²-statistieken werden toegepast om heterogeniteit te beoordelen, een random-effects-model werd gebruikt om de gepoolde odds ratio (OR), gestandaardiseerd gemiddeld verschil (SMD) en gemiddeld verschil voor verschillende uitkomsten, en een meta-regressiemethode werden gebruikt om de factoren te onderzoeken die de heterogeniteit tussen studies beïnvloeden.

Resultaten: In totaal werden 14 onderzoeken in de analyse opgenomen en de onderzochte uitkomsten waren: verandering in genexpressie, oxidantparameters, antioxidantparameters en DNA-schadeparameters in het navelstrengbloed van de foetus en foetale ontwikkelingsstoornissen, kankers en ontwikkelingsstoornissen bij kinderen. Over het geheel genomen kwamen foetale afwijkingen en afwijkingen in de kindertijd vaker voor bij ouders die zijn blootgesteld aan elektromagnetische velden dan bij ouders die dat niet hebben gedaan (SMD en 95% betrouwbaarheidsinterval [BI], 0,25 [0,15-0,35]; I², 91%). Bovendien foetale ontwikkelingsstoornissen (OR, 1,34; CI, 1,17-1,52; I², 0%); kanker (OR, 1,14; CI, 1,05-1,23; I², 60,1%); ontwikkelingsstoornissen bij kinderen (OR, 2,10; CI, 1,00-3,21; I², 0%); veranderingen in genexpressie (gemiddeld verschil [MD], 1,02; CI, 0,67–1,37; I², 93%); oxidantparameters (MD, 0,94; CI, 0,70-1,18; I², 61,3%); en DNA-schadeparameters (MD, 1,01; CI, 0,17-1,86; I², 91,6%) bij ouders die zijn blootgesteld aan elektromagnetische velden waren hoger dan die bij ouders die dat niet hebben gedaan. Volgens meta-regressie heeft het publicatiejaar een significant effect op de heterogeniteit (coëfficiënt: 0,033; 0,009–0,057). Blootstelling van de moeder aan elektromagnetische velden, vooral in het eerste trimester van de zwangerschap, vanwege het hoge aantal stamcellen en hun hoge gevoeligheid voor deze straling, toonden de biochemische parameters van het onderzochte navelstrengbloed verhoogde oxidatieve stressreacties, veranderingen in eiwitgenexpressie, DNA-schade en verhoogde embryonale afwijkingen. Bovendien kan blootstelling van ouders aan ioniserende en niet-ioniserende straling leiden tot de versterking van verschillende celgebaseerde kankers en ontwikkelingsstoornissen zoals spraakproblemen in de kindertijd.

Commentaar van dr. Els De Waegeneer: Aangezien de kenmerken en effecten van verschillende delen van het ioniserende elektromagnetische spectrum aanzienlijk verschillen, moeten ze afzonderlijk worden beoordeeld en niet als gelijkaardige bronnen/types van blootstelling worden behandeld. Deze studie haalt de verschillende soorten EMV door elkaar en daarmee hun mogelijke effecten. Het feit dat zelfs ioniserende straling in dezelfde review en meta-analyse in aanmerking wordt genomen, is zeer zorgwekkend, aangezien dit een bekende kankerverwekkende stof is. Naast de verschillende soorten EMV is ook de rol van de deelnemers aan de onderzoeken zeer divers: zowel beroepsmatige als residentiële blootstelling worden tegelijkertijd in aanmerking genomen.

2 GSM-GEbruik

2.1 IMPACT OF RADIOFREQUENCY EXPOSURE FROM MOBILE PHONES ON THE RISK OF DEVELOPING BRAIN TUMORS IN KOREAN AND JAPANESE ADOLESCENTS: A MOBI-KIDS CASE-CONTROL STUDY

Kojimaharaa, N., Leeb, Y.-H., Lee, A.-K., Bae, S. et al. (2023). *Journal of Epidemiology*, online ahead of print. <https://doi.org/10.2188/jea.je20230005>

Doel: Deze studie was gericht op het onderzoeken van het verband tussen het risico op hersentumoren en blootstelling aan radiofrequentie (RF) van mobiele telefoons onder jongeren in Korea en Japan.

Methoden: Deze case-control studie van hersentumoren bij jongeren werd uitgevoerd in Korea en Japan in het kader van de internationale MOBI-Kids studie. De auteurs includeren 118 patiënten met de diagnose hersentumor tussen 2011 en 2015 en 236 gematchte appendicitis-controles in de leeftijd van 10-24 jaar. Via face-to-face interviews werd informatie over het gebruik van mobiele telefoons verzameld. Een gedetailleerd RF-blootstellingsalgoritme, gebaseerd op het MOBI-Kids-algoritme en aangepast aan de specifieke kenmerken van Japanse en Koreaanse telefoons en netwerken, werd gebruikt om de odds ratio's (OR's) voor totale cumulatieve specifieke energie te berekenen met behulp van voorwaardelijke logistische regressie.

Resultaten: De gecorrigeerde OR's in het hoogste tertiel van cumulatieve beltijd 1 jaar voor de peildatum waren 1,61 (95% betrouwbaarheidsinterval [BI], 0,72-3,60) voor alle hersentumoren en 0,70 (95% BI, 0,16-3,03) voor gliomen, zonder indicatie van een trend met blootstelling. De OR's voor specifiek glioom waren lager dan 1 in de laagste blootstellingscategorie.

Conclusies: Deze studie leverde geen bewijs voor een oorzakelijk verband tussen het gebruik van mobiele telefoons en het risico op hersentumoren in het algemeen of glioom in het bijzonder. Verder onderzoek zal nodig zijn om de impact van nieuwere communicatietechnologieën in de toekomst te evalueren.

2.2 THE ASSOCIATION BETWEEN REAL-LIFE MARKERS OF PHONE USE AND COGNITIVE PERFORMANCE, HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE AND SLEEP

Eeftens, M., Pujol, S., Klaiber, A., et al. (2023). *Environmental Research*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116011>

Achtergrond en doelstellingen: De r korte termijnimplicaties van elektromagnetische velden (RF-EMF) op cognitieve prestaties en levenskwaliteit leven zijn niet goed bestudeerd. De SPUTNIC-studie (Studiepanel over opkomende technologieën om niet-ioniserende straling en cognitie te bestuderen) was gericht op het onderzoeken van mogelijke correlaties tussen straling van mobiele telefoons en gezondheid, waaronder cognitie, levenskwaliteit en slaap.

Methoden: Volwassen deelnemers werden gevolgd aan de hand van dagelijkse markers van blootstelling aan RF-EMF (draadloos bellen, mobiel bellen en mobiele schermtijd 4 uur voorafgaand aan elke beoordeling), evenals aan de hand van drie gezondheidsresultaten gedurende tien

Resultaten: Uiteindelijk namen 121 deelnemers deel aan de SPUTNIC-studie, waaronder 63 uit Besançon en 58 uit Bazel. Zelfgerapporteerd gebruik van mobiele telefoons en schermtijd werden sporadisch geassocieerd met visueel-ruimtelijke en verbale cognitieve prestaties, compatibel met toevallige bevindingen. De auteurs vonden een kleine maar robuuste significante toename van stress 0,03 (0,00-0,06; op een 1-10 Likert-schaal) in verhouding tot een toename van 10 minuten in de schermtijd van mobiele telefoons. Slaapduur en -kwaliteit waren niet geassocieerd met draadloze of mobiele telefoongesprekken, of met schermtijd.

2.3 ELECTROMAGNETIC FIELDS - DO THEY POSE A CARDIOVASCULAR RISK?

Achtergrond en doel: Mobiele draadloze communicatietechnologieën zijn nu een alledaags onderdeel van ons leven geworden. Het monitoren van het autonome systeem onder blootstelling aan elektromagnetische velden kan een belangrijke rol spelen bij het verbreden van onze nog beperkte kennis over hun effect op het menselijk lichaam. Daarom bestudeerden de auteurs de interactie van het hoogfrequente elektromagnetische veld (HF-EMF) met het menselijk lichaam en het effect ervan op de autonome controle van de hartslag met behulp van lineaire en niet-lineaire analyses van de hartslagvariabiliteit (HRV) bij gezonde vrijwilligers.

Resultaten: de cardiale parasympathische index HF-HRV was significant verlaagd ($p=0,036$) en sympathisch gemedieerde HRV-index 0V% was significant hoger ($p=0,002$) tijdens blootstelling aan EMF op 2400 MHz (Wi-Fi), vergeleken met gesimuleerde 4G frequentie 2600 MHz. Er werden geen significante verschillen gevonden in de RR-intervallen. Deze resultaten toonden een verschuiving in

Conclusies: Dit werk moedigt aan om de hoofdpijn van deze patiënten te beschouwen als een mogelijke variant van migraine en ze mogelijks te behandelen volgens de huidige aanbevelingen hieromtrent.

4 HUMAAN EXPERIMENTEEL ONDERZOEK

/

5 GENERAL CONCLUSION

Het meeste epidemiologische onderzoek ondersteunt geen verband tussen radiofrequente elektromagnetische straling en negatieve gezondheidseffecten. De kwaliteit van de studies is echter vaak slecht en meer onderzoek met een robuuste methodologische aanpak is hard nodig.

REFERENTIES

Eeftens, M., Pujol, S., Klaiber, A., et al. (2023). THE ASSOCIATION BETWEEN REAL-LIFE MARKERS OF PHONE USE AND COGNITIVE PERFORMANCE, HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE AND SLEEP. *Environmental Research*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116011>

Grecco, F., Garnier, O., Macioce, V., Picot M.-C. (2023). PREVALENCE OF MIGRAINE DISEASE IN ELECTROHYPERSENSITIVE PATIENTS. *Journal of Clinical Medicine*, 12, 4092.
<https://doi.org/10.3390/jcm12124092>

Kashani, Z.A., Pakzad, R., Fakari, F.R. , et al. (2023). Open Medicine, 18. ELECTROMAGNETIC FIELDS EXPOSURE ON FETAL AND CHILDHOOD ABNORMALITIES: SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. <https://doi.org/10.1515/med-2023-0697>

Kojimaharaa, N., Leeb, Y.-H., Lee, A.-K., Bae, S. et al. (2023). IMPACT OF RADIOFREQUENCY EXPOSURE FROM MOBILE PHONES ON THE RISK OF DEVELOPING BRAIN TUMORS IN KOREAN AND JAPANESE ADOLESCENTS: A MOBI-KIDS CASE-CONTROL STUDY. *Journal of Epidemiology*, online ahead of print. <https://doi.org/10.2188/jea.je202300005>

Lim, H., Choi, J., Joo, H., Ha, M. (2023). EXPOSURES TO RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AND THEIR IMPACT ON CHILDREN'S HEALTH. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100456>

Mansourian, M., Marateb, H., Nouri, R., Mansourian, M. (2023). EFFECTS OF MAN-MADE ELECTROMAGNETIC FIELDS ON HEART RATE VARIABILITY PARAMETERS OF GENERAL PUBLIC: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF EXPERIMENTAL STUDIES. *Review of Environmental Health*, ahead of publishing. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0191>

Parizek, D., Visnovcova, N., Hamza, K. et al. (2023). ELECTROMAGNETIC FIELDS - DO THEY POSE A CARDIOVASCULAR RISK? *Physiological Research*, 72, 199-208.
<https://doi.org/10.33549/physiolres.934938>

Achtergrond: Met de ontwikkeling van communicatietechnologie besteedt het publiek steeds meer aandacht aan de vraag of elektromagnetische straling schadelijk is voor de gezondheid. Mobiele telefooncommunicatie is het 5G-tijdperk binnengetreden en er zijn bijna geen rapporten over elektromagnetische straling bij 2650 MHz. Daarom is het noodzakelijk om het risico op schadelijke effecten ten gevolge van blootstelling aan 5G mobiele telefoon EMV straling op het menselijk brein te evalueren.

Methoden: Mannelijke dieren werden gedurende 28 dagen continu blootgesteld aan 2650 MHz-EMV met een gemiddelde stralingswaarde voor het hele lichaam (Whole Body SAR) van 2,06 W/kg gedurende 4 uur per dag. Het gedrag van de muizen werd beoordeeld met behulp van de ‘open field test’ (OFT), het ‘elevated-plus maze’ (EPM) en de ‘tail suspension test’ (TST). Het Morris water doolhof (MWM), HE kleuring en TUNEL kleuring werden gebruikt om het ruimtelijk geheugen en de pathologische morfologie van hippocampale dentate gyrus cellen te evalueren. Daarnaast werden de expressieniveaus van de ‘brain-derived neurotrophic factor (BDNF)’, gamma-aminoboterzuur (GABA) en glucocorticoïde (GR) in de hippocampus gedetecteerd door middel van western blotting en immunohistochemie, terwijl het corticosterongehalte (CORT) in serum werd bepaald door middel van ELISA.

Resultaten: In de OFT namen de totale afgelegde afstand, de centraal afgelegde afstand en de verblijftijd significant af in de EMV-blootstellingsgroep ($p < .05$). In de EPM nam het percentage van het aantal keren dat de arm geopend moest worden en het percentage van de tijd dat de arm geopend moest worden significant af in de EMV-blootstellingsgroep. In de TST was er echter geen significant verschil tussen de twee groepen in de 4-min immobiliteitstijd. In de MWM was de ontsnapingslatentie van de EMV-blootstellingsgroep korter dan die van de controlegroep, zonder significant verschil. Verder waren de CORT-spiegels in serum significant verhoogd in de EMV-blootstellingsgroep ($p < .05$), terwijl de expressie van BDNF en GR-eiwitten in de hippocampus was verlaagd ($p < .05$), maar er was geen significant verschil in GABA-expressie.

Conclusies: De resultaten van de auteurs geven aan dat blootstelling aan 2650 MHz-EMV (stralingswaarde: 2,06 W/kg, 28 dagen, 4 uur per dag) geen significant effect had op het ruimtelijk geheugen van muizen. De blootstelling aan EMV is mogelijk geassocieerd met angst-achtig gedrag bij muizen, maar niet met depressie-achtig gedrag bij muizen.

3.2 EFFECTEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS OP DE SCHILDKLIER EN HORMONEN IN DE HERSENEN VAN RATTUS NORVEGICUS: EEN ANALYSE VAN SCHILDKLIERFUNCTIE, REACTIEVE ZUURSTOFSPECIES EN MONOCARBOXYLAAT TRANSPORTER 8

Zufry H, Rudijanto A, Soeatmadji DW, et al.

[Effects of mobile phone electromagnetic radiation on thyroid glands and hormones in *Rattus norvegicus* brain: An analysis of thyroid function, reactive oxygen species, and monocarboxylate transporter 8.] J Adv Pharm Technol Res. 2023;14(2):63-68. doi:10.4103/japtr.japtr 680 22

Het **doel** van deze studie was het onderzoeken van de effecten van elektromagnetische velden van mobiele telefoons (MP-EMV) op de schildklier en de hormonen in de hersenen van *Rattus norvegicus* in termen van schildklierfunctie, reactieve zuurstofspecies (ROS) en monocarboxylaattransporter 8 (MCT8) concentratie. Veertig ratten werden verdeeld in verschillende groepen: controle (zonder blootstelling aan EMV), EMV1 (120-min/dag blootstelling), EMV2 (150-min) en EMV3 (180-min).

3.3 EFFECTEN VAN NIET-THERMISCHE RADIOFREQUENTIESTIMULATIE OP NEURONALE ACTIVITEIT EN HET NEURAAL CIRCUIT BIJ MUIZEN

[Effects of Nonthermal Radiofrequency Stimulation on Neuronal Activity and Neural Circuit in Mice.] Adv Sci (Weinh). 2023;10(11):e2205988. doi:10.1002/advs.202205988

Het is onbekend of er niet-thermische effecten van radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) bestaan en hoe niet-thermische RF-EMV inwerkt op het zenuwstelsel. Door muizen bloot te stellen aan 2856-MHz RF-EMV in het bereik van thermische ruis ($\leq 1^\circ\text{C}$) wordt een diemodel van ruimtelijke geheugenstoornis opgesteld. Het vrijkomen van glutamaat in de dorsale hippocampus (dHPC) CA1 regio was niet significant veranderd na blootstelling aan radiofrequentie, terwijl het vrijkomen van dopamine was verminderd. Belangrijk is dat RF-EMV de glutamaat-gestuurde CA1 piramidale neuron calciumactiviteit verhoogde door niet-thermische mechanismen, die zich herstelden tot het basale niveau na beëindiging van RF-EMV blootstelling. Verder was de onderdrukte dopamine-afgifte van dHPC, geïnduceerd door blootstelling aan radiofrequentie, te wijten aan een verminderde dichtheid van dopaminerge projecties van de locus coeruleus naar dHPC, en kunstmatige activering van dopamine axon terminals of D1 receptoren in dHPC CA1 verbeterde de geheugenbeschadiging bij muizen blootgesteld aan RFR. Deze bevindingen geven volgens de onderzoekers aan dat niet-thermische radiofrequente stimulatie de lopende neuronale activiteit moduleert en de functie van het zenuwstelsel beïnvloedt op het niveau van het neurale circuit.

In vitro studies

/

4 REPRODUCTIEVE EN ONTWIKKELINGSEFFECTEN

In vivo studies

4.1 TERATOGENE EFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING OP DE EMBRYONALE ONTWIKKELING VAN KUIKENS: EEN STUDIE NAAR MORFOLOGIE EN UITBROEDBAARHEID.

Augustianath T, Evans DA, Anisha GS.

[Teratogenic effects of radiofrequency electromagnetic radiation on the embryonic development of chick: A study on morphology and hatchability.] Res Vet Sci. 2023;159:93-100. doi:10.1016/j.rvsc.2023.04.015

De huidige studie was gericht op het bestuderen van de effecten van RF-EMV in het induceren van teratogene veranderingen in de embryonale ontwikkeling van organismen met behulp van het kuikenembryo als model. De bevruchte eieren van de kip werden geïncubeerd in een digitale bevochtigde incubator en blootgesteld aan RF-EMV van 2G en 4G mobiele telefoons door met regelmatige tussenpozen te bellen. De dosis RF-EMV werd gevarieerd door de gespreksduur en het aantal gesprekken per dag te verhogen, met als laagste dosis een gespreksduur van 50 min/dag en als hoogste dosis 90 min/dag. De gebruikte telefoon had een radiofrequentiebereik tussen 900 en 1800 MHz en een stralingswaarde van respectievelijk 1,355 (2G) en 1,12 (4G) watt/kg. De partij eieren die werd geïncubeerd zonder enige blootstelling aan RF-EMV werd genomen als controle. Het aantal eieren die uitkomen in de 2G en 4G experimentele groepen was respectievelijk 65% en 75% bij lagere veldblootstelling en 40% en 55% bij hogere veldblootstelling. De teratogene effecten van RF-EMV op de morfologie van kuikenembryo's manifesteerden zich onder de vorm van een gekruiste snavel, niet-ingetrokken dooierzak, macrocefalie, misvormde poten en tenen, ongemak bij het opstaan en in evenwicht houden van het lichaam en variaties in lichaamsgewicht, lichaamslengte en snavellengte. De resultaten geven aan dat RF-EMV een potentiële bedreiging vormt voor de zich ontwikkelende stadia van organismen.

4.2 PRE- EN POSTNATALE BLOOTSTELLING AAN 900 MHZ ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN INDUCEREN INFLAMMATIE EN OXIDATIEVE STRESS, EN VERANDEREN DE COMPONENTEN VAN HET RENINE-ANGIOTENSINESYSTEEM IN MANNELIJKE EN VROUWELIJKE NAKOMELINGEN OP EEN VERSCHILLENDE MANIER.

Kilic A, Ustunova S, Bulut H, Meral I. [Pre and postnatal exposure to 900 MHz electromagnetic fields induce inflammation and oxidative stress, and alter renin-angiotensin system components differently in male and female offsprings.] *Life Sci.* 2023;321:121627. doi:10.1016/j.lfs.2023.121627

Doelstellingen: Deze studie werd ontworpen om de impact op inflammatie en oxidatieve stress en op de componenten van het renine-angiotensinesysteem te onderzoeken in het hersen- en nierweefsel van vrouwelijke en mannelijke ratten die prenataal en/of postnataal werden blootgesteld aan 900 MHz elektromagnetische velden (EMV). Het doel was om de biologische effecten te evalueren van 900 MHz EMV blootstelling als gevolg van de toename in het gebruik van mobiele telefoons en in het bijzonder het meer wijdverspreide gebruik van het GSM 900 systeem.

Belangrijkste **methoden**: Mannelijke en vrouwelijke Wistar albino nakomelingen werden verdeeld in vier groepen: controle, prenataal, postnataal en prenataal+postnataal blootgesteld aan 900 MHz EMV gedurende 1 uur/dag (23 dagen tijdens de zwangerschap voor de prenatale periode, 40 dagen voor de postnatale periode). De hersen- en nierweefsels werden verzameld bij het bereiken van de puberteit.

Conclusie: De auteurs concluderen dat de 900 MHz EMV het renine-angiotensinesysteem in de hersenen en nieren kan activeren, en dat deze activering misschien gerelateerd is aan ontsteking en oxidatieve stress in zowel mannelijke als vrouwelijke nakomelingen.

Akefe IO, Nyan ES, Adegoke VA, et al. [Myrtenal improves memory deficits in mice exposed to radiofrequency-electromagnetic radiation during gestational and neonatal development via enhancing oxido-inflammatory, and neurotransmitter functions.] *Heliyon*. 2023;9(4):e15321. Gepubliceerd 2023 apr 8. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e15321

Methode: Vijfendertig mannelijke muizen werden willekeurig verdeeld in 5 cohorten, elk bestaande uit 7 muizen. Groep I kreeg vehicle toegediend, Groep II: RF-EMV (900 MHz); Groep III: RF-EMV (900 MHz) + 100 mg/kg Myrtr; Groep IV: RF-EMV (900 MHz) + 200 mg/kg Myrtr; en Groep V: RF-EMV (900 MHz) + donepezil 0,5 mg/kg.

Conclusie: De resultaten van de huidige studie tonen aan dat blootstelling aan RF-EMV het kortetermijngeheugen bij dieren aantastte en de respons van markers van oxido-inflammatoire

[Niet-thermische verstorend van β -adrenerge receptor-geactiveerde Ca^{2+} signalering en apoptose in menselijke es-afgeleide cardiomyocyten door elektrische microgolfvelden op 2,4 GHz] Biochem Biophys Res Commun. 2023;661:89-98. doi:10.1016/j.bbrc.2023.04.038

Door de alomtegenwoordigheid van draadloze verbindingen tussen elektronische apparaten zijn microgolven een van de snelst groeiende vormen van elektromagnetische blootstelling geworden. Er is volgens de auteurs steeds meer bewijs dat de hypothese weerlegt dat draadloze technologieën geen risico vormen voor de menselijke gezondheid bij de huidige veiligheidsniveaus die zijn ontworpen om thermische (verhittings)effecten te beperken. De potentiële impact van niet-thermische effecten van blootstelling aan microgolven, vooral in elektrisch-exciteerbare weefsels (bijv. hart), blijft controversieel. De auteurs stelden menselijke embryonale stamcellen afgeleide cardiomyocyten (CM) bloot aan microgolven op 2,4 GHz, een frequentie die veel gebruikt wordt in draadloze communicatie (bijv. 4G, Bluetooth™ en WiFi), onder baseline en bèta-adrenerge receptor (β -AR)-gestimuleerde omstandigheden. Om te controleren op er eventueel een warmte-geïnduceerd effect was, werden experimenten uitgevoerd in CM onderworpen aan gelijke hoeveelheden van directe verwarming of CM bewaard bij 37 °C. Gedetailleerde profilering van de temporele en amplitude kenmerken van Ca^{2+} signalering in CM onder deze experimentele omstandigheden werd gekoppeld aan de omvang en ruimtelijke clustering van apoptose. De gegevens tonen aan dat blootstelling van CM aan 2,4 GHz EMV de normale Ca^{2+} signaleringsrespons op β -AR stimulatie elimineerde en ruimtelijk geclusterde apoptose uitlokte. Dit is volgens de auteurs het eerste bewijs dat niet-thermische effecten van 2,4 GHz microgolven diepgaande effecten kunnen hebben op de functie van het menselijk hart, de respons op activering en de overleving.

5.3 EVALUATIE VAN DNA-METHYLERINGSPROFIELEN VAN LINE-1, ALU EN RIBOSOMALE DNA REPEATS IN MENSELIJKE CELLIJNEN DIE ZIJN BLOOTGESTELD AAN RADIOFREQUENTE STRALING

Ravaioli F, Bacalini MG, Giuliani C, et al. [Evaluation of DNA Methylation Profiles of LINE-1, Alu and Ribosomal DNA Repeats in Human Cell Lines Exposed to Radiofrequency Radiation.] *Int J Mol Sci.* 2023;24(11):9380. Gepubliceerd op 2023 mei 27. doi:10.3390/ijms24119380

Er zijn veel aanwijzingen dat milieu-invloeden veranderingen in DNA-methyleringsprofielen (DNAm) kunnen veroorzaken. Radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV's) zijn straling uitgezonden door alledaagse apparaten, die geclassificeerd zijn als "mogelijk kankerverwekkend", hun biologische effecten zijn echter onduidelijk. Omdat afwijkend DNAm van genomische repetitieve elementen (RE's) genomische instabiliteit kan bevorderen, probeerden de auteurs hier te bepalen of blootstelling aan RF-EMV's het DNAm van verschillende klassen van RE's kan beïnvloeden, zoals long interspersed nuclear elements-1 (LINE-1), Alu short interspersed nuclear elements en ribosomale herhalingen. Met dit doel analyseerden de auteurs DNAm-profielen van baarmoederhalskanker en neuroblastoom cellijnen (HeLa, BE(2)C en SH-SY5Y) blootgesteld aan 900 MHz GSM-gemoduleerde RF-EMV door middel van een Illumina-gebaseerde gerichte diepe bisulfiet sequencing aanpak. De bevindingen tonen volgens de auteurs aan dat blootstelling aan radiofrequentie het DNAm van Alu-elementen in geen van de geanalyseerde cellijnen beïnvloedde. Daarentegen beïnvloedde het wel het DNAm van LINE-1 en ribosomale repeats zowel op het gebied van het profiel als de organisatie van gemethyleerde en ongemethyleerde CpG-plaatsen. De effecten varieerden in elk van de drie onderzochte cellijnen.

5.4 EFFECTEN VAN 5G-GEMODULEERDE 3,5 GHZ RADIOFREQUENTE VELDBLOOTSTELLING OP HSF1, RAS, ERK EN PML ACTIVERING IN LEVENDE FIBROBLASTEN EN KERATINOCYTEN CELLEN

Joushomme A, Orlacchio R, Patrignoni L, et al. [Effects of 5G-modulated 3.5 GHz radiofrequency field exposures on HSF1, RAS, ERK, and PML activation in live fibroblasts and keratinocytes cells.] *Sci Rep.* 2023;13(1):8305. Gepubliceerd op 2023 mei 23. doi:10.1038/s41598-023-35397-w

De potentiële gezondheidsrisico's van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden van mobiele communicatietechnologieën hebben geleid tot maatschappelijke bezorgdheid. Er zijn richtlijnen opgesteld om de bevolking te beschermen (bijv. niet-specifieke verwarming boven 1 °C bij blootstelling aan radiofrequente velden), maar er blijven vragen bestaan over de mogelijke biologische effecten van niet-thermische blootstelling. Met de komst van de vijfde generatie (5G) van mobiele communicatie is het evalueren van het feit of blootstelling aan dit nieuwe signaal een cellulaire stressrespons induceert één van de verplichte stappen op de routekaart voor een veilige uitrol en evaluatie van gezondheidsrisico's. Met behulp van de BRET-techniek (Bioluminescence Resonance Energy-Transfer) beoordeelden de auteurs of continue of intermitterende (5 min AAN / 10 min UIT) blootstelling van levende menselijke keratinocyten en fibroblasten aan 5G 3,5 GHz signalen met een stralingswaarde tot 4 W/kg gedurende 24 uur een invloed had op de basale of chemisch geïnduceerde activiteit van Heat Shock Factor (HSF), Rat Sarcoma virus (RAS) en Extracellular signal-Regulated Kinases (ERK) kinases, en Promyelocytic Leukemia Protein (PML), allemaal moleculaire routes die betrokken zijn bij de cel-stressresponsen in de omgeving. De belangrijkste resultaten zijn (i) een afname van het HSF1 basale BRET signaal wanneer fibroblastcellen werden blootgesteld bij de lagere geteste stralingswaarden (0,25 en 1 W/kg), maar niet bij de hoogste stralingswaarde (4 W/kg), en (ii) een lichte afname van de maximale effectiviteit van As₂O₃ om PML SUMOylering te triggeren wanneer fibroblastcellen, maar geen keratinocyten, continu werden blootgesteld aan het 5G RF-EMV signaal. Desondanks concludeerden de auteurs, gezien de inconsistentie van deze effecten mbt celtype, effectieve stralingswaarde, blootstellingsmodus en moleculaire celstressrespons, dat hun studie geen overtuigend bewijs levert dat moleculaire effecten kunnen optreden wanneer huidcellen alleen of samen met een chemische stressor worden blootgesteld aan de 5G RF-EMV.

6 GENERAL COMMENTS

Dit verslag bestaat uit 10 experimentele studies naar de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente (RF) elektromagnetische velden. Voor twee studies (Augustianath et al., Kilic et al.) konden de volledige artikels niet worden teruggevonden. Deze werden niet beoordeeld op kwaliteit, maar werden voor de volledigheid opgenomen in het rapport.

De meeste experimentele studies die in dit rapport worden besproken, hadden beperkingen in hun experimentele opzet. Sommige studies omvatten geen of slechte dosimetrieberekeningen (Zufry et al., Akefe et al.) of gebruikten blootstellingssystemen die niet geschikt waren voor het type experiment dat werd uitgevoerd (Akefe et al.). In sommige gevallen werd er niet genoeg informatie gegeven om de geschiktheid van het blootstellingsysteem te bepalen (Zufry et al.) of werden blootstellingscondities gehanteerd die niet representatief zijn voor de blootstelling die mensen dagelijks zouden ervaren (Hao et al., Williams et al.). Voor sommige onderzoeken was het onduidelijk of de juiste shamcondities werden gebruikt (Hao et al., Williams et al.). In de meeste

Bovendien werd de temperatuur van het staal (lichaamstemperatuur in het geval van in vivo studies of mediumtemperatuur in het geval van in vitro studies) in sommige experimenten (Zufry et al., Akefe et al., Maalouf et al., Ravailoli et al., Joushomme et al.) niet gecontroleerd, waardoor geen rekening kon worden gehouden met mogelijke warmte-geïnduceerde effecten ten gevolge van RF-EMV blootstelling. Andere experimenten, zoals die van Williams et al., gebruikten een zeer gecompliceerd systeem voor temperatuurregeling om verhitte van het staal door het gebruik van RF-blootstelling met een zeer hoge intensiteit te voorkomen. Bij de meeste onderzoeken werd de kamertemperatuur gecontroleerd.

Een ander onderzoek dat rekening hield met de meeste kwaliteitscriteria was het onderzoek van Ravaioli et al. Ondanks het feit dat er geen temperatuurcontrole was tijdens het experiment, zou de dosimetrie van het veld (1W/kg) onder het niveau moeten liggen waarbij temperatuurveranderingen optreden. De experimentele design had echter kunnen worden verbeterd door ook tijdens het experiment de temperatuur te meten om niet-thermische omstandigheden te garanderen. De auteurs concludeerden dat blootstelling aan RF-EMV het DNA-methyleringsprofiel van LINE-1 en ribosomale repeats kan beïnvloeden, maar dat dit op verschillende manieren gebeurt in verschillende celtypen, waarbij het effect vaak beperkt blijft tot één van de bestudeerde celtypen. Er is meer onderzoek nodig om het mechanisme van de methylering en de effecten die de methylering zou kunnen hebben op moleculaire mechanismen zoals transcriptie te bepalen en om na te gaan of dit slechts een tijdelijke of een onomkeerbare verandering is.

In de nabije toekomst zullen de systematische reviews met meta-analyses naar de mogelijk link tussen RF en verschillende gezondheidseffecten die werden uitgevoerd in opdracht van de WHO worden gepubliceerd. Deze reviews zullen rekening houden met alle onderzoeken die betrekking hebben op kanker, nadelige gevolgen voor de voortplanting, cognitieve stoornissen, aspecifieke symptomen, oxidatieve stress en hitte-gerelateerde ziekten. Dit moet ons meer inzicht geven in welke onderwerpen verder onderzoek vereisen.

pagina 49 van 85

REFERENCES

Zheng R, Zhang X, Gao Y, et al.

[Biological effects of exposure to 2650 MHz electromagnetic radiation on the behavior, learning, and memory of mice.] *Brain Behav.* 2023;13(6):e3004. doi:10.1002/brb3.3004

Zufry H, Rudijanto A, Soeatmadji DW, et al.

[Effects of mobile phone electromagnetic radiation on thyroid glands and hormones in *Rattus norvegicus* brain: An analysis of thyroid function, reactive oxygen species, and monocarboxylate transporter 8.] *J Adv Pharm Technol Res.* 2023;14(2):63-68. doi:10.4103/japtr.japtr 680 22

Hao Y, Liu W, Liu Y, et al.

[Effects of Nonthermal Radiofrequency Stimulation on Neuronal Activity and Neural Circuit in Mice.] Adv Sci (Weinh). 2023;10(11):e2205988. doi:10.1002/advs.202205988

Augustianath T, Evans DA, Anisha GS.

[Teratogenic effects of radiofrequency electromagnetic radiation on the embryonic development of chick: A study on morphology and hatchability.] Res Vet Sci. 2023;159:93-100. doi:10.1016/j.rvsc.2023.04.015

Kilic A, Ustunova S, Bulut H, Meral I. [Pre and postnatal exposure to 900 MHz electromagnetic fields induce inflammation and oxidative stress, and alter renin-angiotensin system components differently in male and female offsprings.] *Life Sci.* 2023;321:121627. doi:10.1016/j.lfs.2023.121627

Akefe IO, Nyan ES, Adegoke VA, et al. [Myrtenal improves memory deficits in mice exposed to radiofrequency-electromagnetic radiation during gestational and neonatal development via enhancing oxido-inflammatory, and neurotransmitter functions.] *Heliyon*. 2023;9(4):e15321. Gepubliceerd 2023 apr 8. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e15321

Maalouf J, Pelletier A, Corona A, et al. [Dose- and Time-Dependent Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field on Adipose Tissue: Implications of Thermoregulation and Mitochondrial Signaling.] *Int J Mol Sci.* 2023;24(13):10628. Gepubliceerd 2023 jun 25. doi:10.3390/ijms241310628

Williams CF, Hather C, Conteh JS, et al.

[Niet-thermische verstorend van β -adrenerge receptor-geactiveerde Ca^{2+} signalering en apoptose in menselijke es-afgeleide cardiomyocyten door elektrische microgolfvelden op 2,4 GHz] Biochem Biophys Res Commun. 2023;661:89-98. doi:10.1016/j.bbrc.2023.04.038

Ravaioli F, Bacalini MG, Giuliani C, et al. [Evaluation of DNA Methylation Profiles of LINE-1, Alu and Ribosomal DNA Repeats in Human Cell Lines Exposed to Radiofrequency Radiation.] *Int J Mol Sci.* 2023;24(11):9380. Gepubliceerd op 2023 mei 27. doi:10.3390/ijms24119380

Joushomme A, Orlacchio R, Patrignoni L, et al. [Effects of 5G-modulated 3.5 GHz radiofrequency field exposures on HSF1, RAS, ERK, and PML activation in live fibroblasts and keratinocytes cells.] *Sci Rep.* 2023;13(1):8305. Gepubliceerd op 2023 mei 23. doi:10.1038/s41598-023-35397-w

**OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES EN REVIEWS
BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN
RADIOFREQUENTIE STRALING DIE IN HET DERDE
KWARTAAL VAN 2023 WERDEN GEPUBLICEERD.**

Seppe Segers – Risk and Health impact assessment (Sciensano)

Océane Bobin - Risk and Health impact assessment (Sciensano)

Maryse Ledent – Risk and Health impact assessment (Sciensano)

Dr. Birgit Mertens – Risk and Health impact assessment (Sciensano)

1 REVIEWS

/

2 NEOPLASTISCHE ZIEKTEN

In vivo studies

/

In vitro studies

/

(Anti-)Genotoxicitätsstudies

2.1 IMPACT VAN MOBIELE TELEFOON-SPECIFIEKE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN OP DNA-SCHADE VEROORZAAKT DOOR BEROEPSMATIGE BLOOTSTELLING: RESULTATEN VAN EX VIVO EXPERIMENTEN MET PERIFERE MONONUCLEAIRE CELLEN UIT HET BLOED VAN VERSCHILLENDE DEMOGRAFISCHE GROEPEN [IMPACT OF MOBILE PHONE SPECIFIC ELECTROMAGNETIC FIELDS ON DNA DAMAGE CAUSED BY OCCUPATIONALLY RELEVANT EXPOSURES: RESULTS OF EX VIVO EXPERIMENTS WITH PERIPHERAL BLOOD MONONUCLEAR CELLS FROM DIFFERENT DEMOGRAPHIC GROUPS]

Mišík M, Kundi M, Worel N, et al. *Mutagenesis*. 2023; 38(4):227-237

<https://doi.org/10.1093/mutage/gead022>

Het doel van deze studie was om te onderzoeken of factoren zoals de leeftijd en het lichaamsgewicht van mensen een invloed hebben op de DNA-beschadigende eigenschappen van hoogfrequente elektromagnetische velden die specifiek zijn voor mobiele telefoons (HF-EMV, 1950 MHz, UMTS-

Het effect van blootstelling aan radiofrequent LTE-signaal en gecombineerde blootstelling aan mitomycine-C in Chinese hamster longfibroblast V79 cellen [The effect of exposure to radiofrequency LTE signal And coexposure to mitomycin-C in Chinese hamster lung fibroblast V79 cells.]

Deze studie had als doel om de cellulaire effecten te onderzoeken van blootstelling aan een radiofrequentie, 1950 MHz, Long-Term Evolution (LTE) signaal, alleen toegediend en in combinatie met mitomycine-C (MMC), een gekende cytotoxische component. Chinese hamsterlongfibroblastcellen (V79) werden blootgesteld in een waveguide-gebaseerd systeem onder strikt gecontroleerde condities, zowel wat betreft elektromagnetische als omgevingsparameters, bij een specifieke stralingswaarde (SAR) van 0,3 en 1,25 W/kg. Chromosomale schade (vorming van micronuclei), oxidatieve stress (vorming van reactieve zuurstofspecies (ROS)) en celcyclusprogressie werden geanalyseerd. Er werden geen verschillen waargenomen tussen blootgestelde stalen en sham-controles na blootstelling aan radiofrequentie alleen, voor alle geteste experimentele condities en onderzochte biologische eindpunten. Een 3u durende voorafgaande blootstelling aan radiofrequentie gevolgd door MMC-behandeling had geen effect op de door MMC geïnduceerde micronucleusvorming. Voorgaande blootstelling van 20u bij 0,3 W/kg veranderde het aantal micronuclei geïnduceerd door MMC ook niet, terwijl 20u blootstelling bij 1,25 W/kg resulteerde in een significante vermindering van MMC-geïnduceerde schade. Er werd ook geen effect waargenomen bij gebruik van een continue golf signaal (CW) op beide stralingswaarden. De door MMC geïnduceerde ROS-vorming nam significant af bij beide onderzochte stralingswaarden, terwijl de celproliferatie en het celcyclusverloop niet werden beïnvloed door gecombineerde blootstellingen. De hier gerapporteerde resultaten leveren geen bewijs voor directe effecten van het 1950 MHz LTE-signaal. Bovendien ondersteunen ze de eerdere bevindingen van de auteurs dat voorafgaande blootstelling aan radiofrequente straling bescherming kan bieden tegen een daaropvolgende toxische behandeling en dat gemoduleerde signalen en de gekozen experimentele omstandigheden een sleutelrol spelen bij het uitlokken van het effect.

2.2 INHIBITIE VAN MITOCHONDRIALE CALCIUMOPNAME DOOR RU360 VERSTERKT HET DNA-BESCHADIGEND EFFECT VAN 1800 MHZ RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN. [INHIBITION OF MITOCHONDRIAL CALCIUM UPTAKE BY RU360 ENHANCES THE EFFECT OF 1800 MHZ RADIO-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON DNA DAMAGE.]

Sun C, Zhu L, Qin H, et al. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023;264:115472.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115472>

Tegenwoordig worden overal in onze leefomgeving radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) uitgezonden door mobiele telefoons, draadloze routers, basisstations en andere bronnen, en de dosis neemt toe. In bepaalde studies werd gerapporteerd dat RF-EMV cytotoxisch zijn en dat ze een risicofactor zijn voor verschillende menselijke ziekten. In de afgelopen jaren werd interferentie met mitochondriale calciumopname door het gebruik van mitochondriale calcium uniporter (MCU) inhibitor voorgesteld als een potentiële klinische behandeling voor mitochondriale calciumoverbelasting, zoals neurodegeneratie, ischemie/reperfusieschade en kanker, maar het is onbekend of deze aanpak het gezondheidsrisico van blootstelling aan RF-EMV verhoogt. In deze context voerden de auteurs een pilootstudie uit om te bepalen of inhibitie van MCU de genotoxiciteit van RF-EMV blootstelling in cellen kan verhogen. Ze ontdekten dat kortdurende (15 min) blootstelling aan 1800 MHz RF-EMV significante DNA-schade en apoptose induceerde in embryonale fibroblasten van muizen (MEF's) die behandeld werden met Ruthenium 360 (Ru360), een specifieke inhibitor van MCU, maar er werden geen significante effecten op de celcyclus, celproliferatie of levensvatbaarheid van de cellen waargenomen. De auteurs concluderen dat de inhibitie van MCU de genotoxiciteit van blootstelling aan RF-EMV verhoogt en dat er meer aandacht moet worden besteed aan de mogelijke gevolgen voor de gezondheid van blootstelling aan RF-EMV bij deze behandelingen.

3 EFFECTEN OP HET ZENUWSTELSEL EN NEUROLOGISCHE AANDOENINGEN

In vivo studies

3.1 DE ASSOCIATIE TUSSEN ‘REAL-LIFE’ MARKERS VAN TELEFOONGEBRUIK EN COGNITIEVE PRESTATIES, GEZONDHEIDSGERELATEERDE LEVENSKWALITEIT EN SLAAP. [THE ASSOCIATION BETWEEN REAL-LIFE MARKERS OF PHONE USE AND COGNITIVE PERFORMANCE, HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE AND SLEEP.]

Eeftens M, Pujol S, Klaiber A, et al. *Environ Res.* 2023;231(Pt 1):116011.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116011>

In vitro studies

Canovi A, Orlacchio R, Poullietier de Gannes F, et al. *Front Public Health*. 2023;11:1231360.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1231360>

pagina 54 van 85

4 REPRODUCTIEVE EN ONTWIKKELINGSEFFECTEN

/

/

5 ANDERE EFFECTEN

Het wijdverspreide gebruik van de vijfde generatie 5G millimetergolven (MMW) veroorzaakt bezorgdheid over mogelijke schadelijke gezondheidseffecten. De meest recente internationale richtlijnen voor blootstelling aan MMW hanteren een geabsorbeerde vermogensdichtheid (APD) van 200 W/m² als operationele drempelwaarde voor schadelijke gezondheidseffecten om een lokale temperatuurstijging van 5°C in menselijk weefsel te voorkomen. Omdat APD echter wordt geschat door simulaties met modellen van menselijk weefsel, is het onbekend of een vergelijkbare waarde kan worden bevestigd voor levend weefsel. Het doel van deze studie was om de relatie

5.3 IMMUNOMODULERENDE ROL VAN NIET-IONISERENDE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING IN EEN MENSELIJKE LEUKEMIE MONOCYTISCHE CELLIJN.
[IMMUNOMODULATORY ROLE OF NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION IN HUMAN LEUKEMIA MONOCYTIC CELL LINE.]

Yadav H, Singh R. *Environ Pollut*. 2023;331(Pt 2):121843.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121843>

In het dagelijks leven worden mensen meestal blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV). De effecten van RF-EMV op de menselijke fysiologie zijn een belangrijke bron van controverse sinds de WHO verklaarde dat deze straling een soort omgevingsenergie is die inwerkt op de fysiologische werking van het menselijk lichaam. Het immuunsysteem biedt interne bescherming en bevordert langdurige gezondheid en overleving. Relevant onderzoek naar het aangeboren immuunsysteem en radiofrequente straling is echter schaars. In dit verband stelden de auteurs de hypothese dat de aangeboren immuunrespons zou worden beïnvloed door blootstelling aan niet-ioniserende elektromagnetische straling van mobiele telefoons op een celspecifieke en tijdsafhankelijke manier. Om deze hypothese te testen, werden menselijke leukemie monocytair cellijnen blootgesteld aan 2318 MHz (MHz) RF-EMV uitgezonden door mobiele telefoons met een vermogensdichtheid van 0,224 W/m² op een gecontroleerde manier voor verschillende tijdsduren (15, 30, 45, 60, 90 en 120 min). Na de bestraling werden systematische onderzoeken uitgevoerd naar de levensvatbaarheid van de cellen, stikstofmonoxide (NO), superoxide (SO), pro-inflammatoire cytokineproductie en fagocytische testen. De duur van de blootstelling lijkt een aanzienlijke invloed te hebben op de RF-EMV-geïnduceerde effecten. Er werd vastgesteld dat na 30 minuten blootstelling de RF-EMV het niveau van de ontstekingsbevorderende cytokine IL-1 α aanzienlijk verhoogde, evenals de productie van reactieve stoffen zoals NO en SO in vergelijking met de controle. Daarentegen verminderde de RF-EMV de fagocytische activiteit van monocytan drastisch gedurende 60 minuten blootstelling. Interessant genoeg herstelden de bestraalde cellen hun normale werking tot de laatste 120 minuten van blootstelling. Bovendien had blootstelling aan de mobiele telefoon geen invloed op de levensvatbaarheid van de cellen of het TNF- α niveau. De resultaten toonden volgens de auteurs aan dat RF-EMV een tijdsafhankelijke immuunmodulerende rol speelt in de humane leukemie monocytair cellijn. Er is echter meer onderzoek nodig om de langetermijneffecten en het precieze werkingsmechanisme van RF straling verder te bepalen.

5.4 EFFECTEN VAN ZWAKKE RADIOFREQUENTE VELDEN OP CHEMISCHE PARAMETERS DIE OXIDATIEVE STRESS KARAKTERISEREN IN HUMANE FIBROSARCOMEN EN FIBROBLASTCELLEN. [WEAK RADIOFREQUENCY FIELD EFFECTS ON CHEMICAL PARAMETERS THAT CHARACTERIZE OXIDATIVE STRESS IN HUMAN FIBROSARCOMA AND FIBROBLAST CELLS.]

Gurhan H, Bajtoš M, Barnes F. *Biomolecules*. 2023;13(7):1112.

<https://doi.org/10.3390/biom13071112>

In de afgelopen decennia rapporteerden bepaalde studies dat zwakke radiofrequente (RF) velden biologische systemen kunnen beïnvloeden. Deze studie was erop gericht om beter te begrijpen hoe

5.5 INVLOED VAN ZWAKKE RADIOFREQUENTIE EN STATISCHE MAGNETISCHE VELDEN OP BELANGRIJKE SIGNAALMOLECULEN, INTRACELLULAIRE PH, MEMBRAANPOTENTIALAAL EN CELGROEI IN HT-1080 FIBROSARCOOMCELLEN. [IMPACT OF WEAK RADIOFREQUENCY AND STATIC MAGNETIC FIELDS ON KEY SIGNALING MOLECULES, INTRACELLULAR PH, MEMBRANE POTENTIAL, AND CELL GROWTH IN HT-1080 FIBROSARCOMA CELLS.]

<https://doi.org/10.1038/s41598-023-41167-5>

6 ALGEMENE CONCLUSIES VAN DIT TRIMESTER

pagina 58 van 85

één van de tien experimentele onderzoeken (Ergun et al.) kon niet worden gevonden. Deze studie kon niet worden beoordeeld op kwaliteit, maar is voor de volledigheid opgenomen in het rapport.

De meeste experimentele studies die in dit rapport worden gepresenteerd, hadden beperkingen in hun experimentele opzet. Sommige studies controleerden de blootstellingsomstandigheden niet voldoende (Yadav & Singh en Eeftens et al.). Bovendien moet worden opgemerkt dat in de studie van Eeftens, de auteurs gebruik maakten van gesprekstijd (zowel op draadloze telefoons als mobiele telefoons) en schermtijd als een benadering voor de beoordeling van de blootstelling aan RF-EMV. Het is niet helemaal duidelijk of deze blootstelling door de deelnemers zelf werd gerapporteerd of werd verzameld via de telefoons van de deelnemers. Als het zelf is gerapporteerd, kan dit leiden tot vertekeningen (zoals vertekening door herinneringen) die het vertrouwen in de resultaten beperken. Over het algemeen laat het gebruik van schermtijd en gesprekstijd niet toe om de werkelijke blootstelling aan RF-EMV te beoordelen. Bijvoorbeeld, de verbinding met een antenne van een mobiele telefoon tijdens een gesprek kan verschillende blootstellingsintensiteiten produceren, afhankelijk van de locatie van de mensen op het moment van hun gesprek, wat resulteert in een verschillende blootstelling. Sommige andere onderzoeken gebruikten blootstellingsomstandigheden die niet realistisch zijn voor de dagelijkse blootstelling van mensen aan RF van telecommunicatie (Gurhan et al., Gurhan & Barnes, Canovi et al.). De informatie in het onderzoek van Sun et al. was onvoldoende om te bepalen of het blootstellingsscenario realistisch was. Bovendien was de gebruikte blootstellingstijd in dit onderzoek erg kort. In een andere studie (Ijima et al.) was het moeilijk om te bepalen of de toegepaste blootstellingscondities al dan niet representatief waren voor de werkelijke blootstellingssituatie. Het doel van dit onderzoek was echter niet om blootstelling in het echte leven direct na te bootsen, maar om de relatie tussen vermogensdichtheid en temperatuurstijging in het lichaam vast te stellen en of deze relatie al dan niet geldig is in het millimetergolfbereik in vergelijking met de momenteel gebruikte frequenties. Ze concludeerden dat de huidige ICNIRP-richtlijnen voor geabsorbeerde vermogensdichtheid nog steeds geldig zouden zijn met de nieuwe frequentie.

Sommige onderzoeken maakten geen gebruik van de juiste sham-condities (Gurhan et al., Gurhan & Barnes). Bovendien was het voor de studie van Sun et al. onduidelijk of er controles waren opgenomen en of de juiste herhalingsexperimenten werden uitgevoerd. Andere onderzoeken voerden de experimenten niet geblindeerd uit, wat de resultaten kan hebben beïnvloed (Ijima et al., Yadav & Singh).

Bij de meeste onderzoeken werd de temperatuur van de incubator en de blootstellingskamer gecontroleerd. In Sun et al. en Yadav et al. werd de mediumtemperatuur echter niet gecontroleerd (Sun et al.) of werd hierover geen informatie verstrekt (Yadav et al.). Hierdoor kon er geen rekening worden gehouden met mogelijke verhitting van het staal als gevolg van RF-EMV blootstelling. Het onderzoek van Mišík et al. voldoet aan de meeste kwaliteitscriteria. De auteurs ontdekten dat hoogfrequente (HF)-EMV kan leiden tot DNA-beschadiging in mononucleaire cellen van perifere bloed van oude niet-obese personen. De auteurs voerden het experiment echter uit op de samengevoegde cellen van een kleine groep (6 mannen en 6 vrouwen in de oude niet-obese groep). Bijgevolg kan de waargenomen toename in DNA-schade te wijten zijn aan andere factoren, zoals natuurlijke variatie. Verder onderzoek is nodig om deze resultaten te bevestigen, vooral omdat er

op dit moment geen inzichten zijn in de plausibele onderliggende werkingsmechanismen van een mogelijk genotoxisch effect van HF-EMV.

Een ander onderzoek dat aan de meeste kwaliteitscriteria voldoet, is dat van Sannino et al. De auteurs namen geen effecten waar op cellulair niveau na blootstelling aan RF-EMV alleen. Ze observeerden een beschermend effect tegen MMC-geïnduceerde effecten wanneer de cellen vooraf werden blootgesteld aan het 1,25 W/Kg LTE-gemoduleerde signaal, terwijl er geen effect werd waargenomen wanneer het CW-signaal werd gebruikt. Het gemoduleerde signaal lijkt dus cruciaal te zijn om de effecten te verklaren. Deze resultaten komen overeen met de meeste eerdere studies van de auteurs (d.w.z. geen genotoxische effecten veroorzaakt door RF-EMV alleen en beschermende effecten tegen genotoxine-geïnduceerde effecten) en de auteurs benadrukken de noodzaak van verdere studies om de mechanismen achter de waargenomen effecten te begrijpen.

Op basis van de resultaten van de studies die in dit rapport worden gepresenteerd, kunnen we geen uitspraak doen over nieuwe negatieve gevolgen van RF-EMV voor de gezondheid. In het algemeen blijft het belangrijk om rekening te houden met de methodologische kwaliteit van experimentele studies voordat er conclusies worden getrokken over gezondheidseffecten.

**EPIDEMIOLOGISCHE EN HUMANE EXPERIMENTELE STUDIES
OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE
STRALING, GEPUBLICEERD IN HET VIERDE KWARTAAL VAN
2023.**

Dr. Els De Waegeneer – Universiteit Gent, Vakgroep Volksgezondheid en Eerstelijns geneeskunde

1 REVIEWS EN META-ANALYSES

1.1 DE EFFECTEN VAN BLOOTSTELLING AAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN OP TINNITUS, MIGRAINE EN NIET-SPECIFIEKE SYMPTOMEN IN DE ALGEMENE EN WERKENDE BEVOLKING: EEN SYSTEMATISCHE REVIEW EN META-ANALYSE VAN OBSERVATIONELE STUDIES BIJ MENSEN

Röösli, M., Dongus, S., Jalilian, H. et al. (2024). *Environment International*, 183.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108338>

Achtergrond en doelstellingen: Toepassingen die radiofrequente elektromagnetische velden uitzenden (RF-EMV; 100 kHz tot 300 GHz) worden veel gebruikt voor communicatie (bijv. mobiele telefoons), in de geneeskunde (diathermie) en in de industrie (RF-verwarmers). Het doel van deze studie is om systematisch de effecten te beoordelen van langdurige of herhaalde blootstelling aan lokale en volledige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) van het menselijk lichaam op het optreden van symptomen. Primaire hypothesen waren tinnitus, migraine en hoofdpijn in relatie tot RF-EMV-blootstelling van de hersenen, slaapstoornissen en samengestelde symptoomscores in relatie tot RF-EMV-blootstelling van het hele lichaam.

Methoden: De auteurs hebben case-control en prospectieve cohortstudies opgenomen in de algemene bevolking of werknemers die de lokale blootstelling of de blootstelling aan RF-EMV in het hele lichaam gedurende ten minste één week schatten. De auteurs voerden een systematisch literatuuronderzoek uit in verschillende databases, waaronder Web of Science en Medline. Er werd gebruik gemaakt van de Risk of Bias (RoB)-tool, ontwikkeld door OHAT, aangepast aan het onderwerp van deze review. Synthese van de onderzoeken werd uitgevoerd met behulp van meta-analyse van random effecten.

Resultaten: De auteurs namen 13 papers op uit acht verschillende cohort- en één case-control studies met in totaal 486.558 deelnemers die uitsluitend in Europa werden uitgevoerd. Tinnitus wordt behandeld in drie papers, migraine in één, hoofdpijn in zes, slaapstoornissen in vijf en samengestelde symptoomscores in vijf papers. Slechts één studie had betrekking op beroepsmatige blootstelling. Voor alle vijf prioritaire hypothesen suggereert het beschikbare onderzoek dat blootstelling aan RF-EMV onder de richtwaarden geen symptomen veroorzaakt, maar het bewijs is zeer onzeker. Deze lage zekerheid is te wijten aan het lage aantal onderzoeken, het mogelijke risico

op vooringenomenheid (bias) in sommige onderzoeken, inconsistenties en onnauwkeurigheid. In termen van niet-prioritaire hypothesen werden in de 13 in aanmerking komende artikelen talrijke blootstelling-uitkomstcombinaties behandeld zonder indicatie voor een associatie die verband houdt met een specifiek symptoom of blootstellingsbron.

Conclusie: Dit overzicht omvat verschillende beperkingen op vlak van confounding en blootstellingsbeoordeling. Veel van deze aspecten zijn inherent aanwezig en niet gemakkelijk op te lossen in toekomstig onderzoek. Aangezien blootstelling in het nabije veld van draadloze communicatieapparatuur verband houdt met levensstijl, is het een bijzondere uitdaging om onderscheid te maken tussen mogelijke biofysische effecten en andere potentiële effecten van uitgebreid gebruik van draadloze communicatieapparatuur die kunnen concurreren met gezond gedrag zoals slapen of fysieke activiteit. Toekomstig onderzoek heeft nieuwe en innovatieve methoden nodig om onderscheid te maken tussen deze twee hypothetische mechanismen.

1.2 RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN GEZONDHEIDSEFFECTEN - EEN OVERZICHT VAN DE LITERATUUR

Rathebe, P.C. (2023). *Internasionale konferensie oor elektriese, rekenaar- en energietechnologie*, 16-17 November 2023, Kaapstad, Suid-Afrika.

<https://doi.org/10.1109/ICECET58911.2023.10389451>

Inleiding en doelstellingen: Radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV's) zijn alomtegenwoordige antropogene fysieke stressoren die zich snel uitbreiden. Mensen worden voornamelijk blootgesteld aan een veelheid aan RF-EMV bronnen. Verschillende onderzoeken suggereren een verband tussen blootstelling aan RF-EMV's en de ontwikkeling van uitkomsten zoals kanker en andere ernstige gezondheidseffecten. Dit artikel bespreekt het verband tussen blootstelling aan RF-EMV en ernstige gevolgen voor de gezondheid.

Methoden: Relevante literatuur werd gezocht met behulp van Google Scholar, PubMed, NCBI Science Direct en Research Gate.

Resultaten: Van de in totaal 50 artikelen zijn er 39 geselecteerd en gebruikt om dit overzicht samen te stellen. De bevindingen van de studies werden met elkaar vergeleken op basis van mogelijke gezondheidseffecten die verband houden met blootstelling aan RF-EMV. De minderheid van de studies suggereert dat de blootstelling aan RF-EMV moet worden geclassificeerd als een bekend kankerverwekkend voor de mens (IARC groep 1). De nadelige effecten van blootstelling aan RF-EMV op zowel de volksgezondheid als de ecologie moeten echter verder onderzocht worden. De ontwikkeling van RF-overheidsbeleid en veiligheidsrichtlijnen op basis van het beschikbare wetenschappelijke bewijs is nodig.

Opmerkingen: Het literatuuronderzoek is niet transparant en lijkt niet systematisch te worden uitgevoerd, wat de conclusies van de auteur ondermijnt. Een systematische review moet rekening houden met verschillende methodologische voorwaarden om de geldigheid van de resultaten en conclusies te claimen.

2 GEBRUIK VAN MOBIELE TELEFOONS

2.1 BEOORDELING VAN DE EFFECTEN VAN CHRONISCH GEBRUIK VAN MOBIELE TELEFOONS OP AUDITIEVE FUNCTIES: EEN STUDIE IN EEN ACADEMISCH ZIEKENHUIS VOOR TERTIAIRE ZORG IN NOORD-INDIA

Saroeh, P., Kalsotra, G., Kalsotra, P. (2023). Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery <https://doi.org/10.1007/s12070-023-04354-4>

Achtergrond en doelstellingen: Er wordt steeds meer bezorgdheid geuit over mogelijke gezondheidsrisico's die gepaard gaan met de blootstelling aan straling tijdens het gebruik van mobiele apparaten. De auteurs willen de effecten van het gebruik van mobiele telefoons op auditieve functies bestuderen.

Methoden: De gedetailleerde geschiedenis van de patiënt werd verkregen met speciale nadruk op het totale cumulatieve gebruik [in jaren] en het gemiddelde dagelijkse gebruik [in minuten]. Op basis van de blootstellingsjaren werden de proefpersonen verdeeld in groep A (5 jaar blootstelling) en op basis van het gemiddelde dagelijkse gebruik van mobiele telefoons werden de proefpersonen verdeeld in groep 1 (60 minuten dagelijks gebruik). Daarna is er systemisch onderzoek gedaan. Audiologische tests omvatten pure toonaudiometrie (PTA) met uitgebreide hoge frequenties (0,250-12 kHz), otoakoestische emissies (OAE) en auditieve hersenstamrespons (ABR) testen en middenlatentierespons (MLR) werden uitgevoerd.

Resultaten: Van de 100 proefpersonen bevonden de meeste proefpersonen (38%) in de studie zich in de leeftijdsgroep van 21-30 jaar met een man:vrouw-verhouding van 1,6:1. De belangrijkste klachten bij de proefpersonen op het moment van deelname aan het onderzoek waren oorwarmte (34%), gevolgd door auditieve volheid (20%) en tinnitus (17%). In groep A werd milde SNHL waargenomen bij 3 (11,54%) proefpersonen bij wie 2 >60 min gemiddeld dagelijks gebruik hadden en 1 <60 min dagelijks gebruik. In groep B hadden 19 (25,68%) proefpersonen milde SNHL, waarvan 6 in groep 2 en 13 in groep 1. In groep B hadden 2 (2,7%) proefpersonen matige SNHL. Toename van latenties van Na en Pa werd opgemerkt bij langdurige en frequente blootstelling aan mobiele telefoons in MLR. Het wordt geadviseerd om het gebruik van mobiele telefoons te beperken om de schade aan het auditieve systeem te verminderen.

Beperkingen: Hoewel de huidige studie een toename van de gehoordrempel van het oor laat zien bij langdurig gebruik van mobiele telefoons, is het niet bekend of deze drempelverschuiving tijdelijk of permanent is. Er zijn dus meer studies met een grotere steekproefomvang en follow-up op lange termijn nodig om onze bevindingen te valideren. Bovendien ontbreken wetenschappelijke gegevens

over moleculaire en biochemische veranderingen veroorzaakt door EMV's in het binnenoor. Verder onderzoek is nodig.

2.2 MOBIEL DATA- EN WIFI-GEbruik WORDEN NIET IN VERBAND GEBRACHT MET NADELIGE GEZONDHEIDSEFFECTEN

Rabiei, M., Masoumi, S.J., Mortazavi, S.M.J., Nematolahi, S., Haghani, M. (2023). *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 13 (6), 497-502.
<https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2310-1669>

Achtergrond en doelstellingen: Smartphonegebruikers maken vaak verbinding met internet via mobiele data of Wi-Fi. In de afgelopen twee decennia is het wereldwijde percentage mensen dat verbinding maakt met internet via hun mobiele telefoon drastisch toegenomen. Deze studie had tot doel het mogelijke verband tussen mobiel data- en wifi-gebruik en nadelige gezondheidseffecten te evalueren.

Methoden: Deze crosssectionele studie werd uitgevoerd bij 2.796 werknemers (52% vrouw en 48% man) van de Shiraz University of Medical Sciences (SUMS), Shiraz, Iran. De sociodemografische gegevens (geslacht, leeftijd, nationaliteit en opleidingsniveau) werden verzameld voor alle deelnemers. De deelnemers werden ook gevraagd om informatie te verstrekken over hun smartphonegebruik, inclusief de kenmerken van de verbinding met internet via hun smartphones (mobiele data en wifi). Bovendien werd de geschiedenis van diabetes, hypertensie, cardiale ischemie, myocardinfarct, nierfalen, leververvetting, hepatitis, chronische longziekte, schildklierziekte, niersteen, galblaassteen, reumatoïde ziekte, epilepsie en chronische hoofdpijn vastgelegd door middel van persoonlijke interviews.

Resultaten: 94% van de mensen die aan dit onderzoek deelnamen, meldden dat ze mobiel/Wi-Fi-internet gebruikten. Het gemiddelde ($\pm$ SD) internetgebruik per dag was 117,85 $\pm$ 122,70 minuten, inclusief 76 $\pm$ 98 minuten mobiele data en 42 $\pm$ 81 minuten wifi-gebruik.

Conclusie: Deze bevindingen toonden geen verband aan tussen het gebruik van internet via mobiele telefoons en het risico op de bovengenoemde gezondheidsproblemen. Aangezien in 2021 de wereldwijde gemiddelde dagelijkse tijd die op internet werd doorgebracht met behulp van mobiele telefoons 155 minuten bedroeg, zou de lagere gebruikstijd van de deelnemers kunnen verklaren waarom er geen nadelige effecten werden vertoond. Gezien de beperkingen van het onderzoek zijn verdere grootschalige onderzoeken gerechtvaardigd.

Commentaar: Het feit dat het gebruik van de mobiele telefoon van de deelnemers zelfgerapporteerd was, kan een belangrijke vertekening in het onderzoek veroorzaken. Meer commentaar op dit werk is te vinden bij Arribas et al. (2023).

2.3 COMMENTAAR OP MOBIELE DATA EN WI-FI-GEBRUIK ZIJN NIET GEASSOCIEERD MET NADELIGE GEZONDHEIDSEFFECTEN DOOR RABIE ET AL.

Arribas, E., Escobar, I., Ramirez-Vazquez, R. (2023). *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 13 (6), 577-578. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2310-1669>

De auteurs maken de volgende opmerkingen:

- 1) Er zijn aanzienlijke lacunes in de referenties. Recente studies zijn niet geciteerd, zoals: a) Large-area mobile measurement of outdoor exposure to radio frequencies. b) Meetstudies van persoonlijke blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden: een systematische review c) Persoonlijke blootstelling van gratis Wi-Fi-hotspots in het centrum van Mexico-Stad d) Vergelijking van persoonlijke blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden van Wi-Fi aan een Spaanse universiteit gedurende drie jaar.
- 2) Deelnemers geven informatie over hun medische geschiedenis en rapporteren hun geschiedenis van diabetes, hypertensie, cardiale ischemie, myocardinfarct, nierfalen, leververvetting, hepatitis, chronische longziekte, schildklierziekte, niersteen, galblaassteen, reumatoïde ziekte, epilepsie en chronische hoofdpijn, in persoonlijke interviews. Maar het lijkt er niet op dat de ziekten werden gevolgd, het lijkt erop dat alleen de ziekte die elke persoon had, hun smartphonegebruik en de tijd en wijze van verbinding maken met internet (mobiele data en wifi) werden genoteerd. Met andere woorden, de ziekten hadden kunnen optreden voordat ze de smartphone en de internetverbinding hadden gebruikt.
- 3) Het zou interessant zijn geweest om dit deelnemerscohort over meerdere jaren te volgen om een mogelijke correlatie tussen ziektefluctuatie en hun smartphone- en internetgebruik te onderzoeken.
- 4) De studie lijkt geen rekening te houden met de blootstelling van individuen aan andere radiofrequente (RF) elektromagnetische velden, zoals soortgelijke onderzoeken hebben gedaan. Het is cruciaal om te bepalen of de Wi-Fi-verbinding die de deelnemers gebruikten voldeed aan de referentielimieten van ICNIRP en IEEE. Deze informatie is belangrijk bij de besluitvorming.

2.4 EFFECTEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VAN MOBIELE TELEFOONS OP HERSENGOLVEN BIJ GEZONDE VRIJWILLIGERS

Van der Meer, J.N., Eisma, Y.B., Meester, R., Jacobs, M., Nederveen, A.J. (2023). *Nature Scientific Reports*, 13: 21758. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48561-z>

Inleiding en doelstellingen: De interactie tussen biologisch weefsel en elektromagnetische velden (EMV) is een onderwerp dat steeds meer in de belangstelling staat vanwege de toenemende prevalentie van achtergrond-EMV in de afgelopen decennia. Eerdere studies hebben geprobeerd de effecten van EMV op hersengolven te meten met behulp van EEG-opnames, maar worden meestal gehinderd door experimentele en omgevingsfactoren. In deze studie presenteren de auteurs een raamwerk voor het meten van de impact van EMV op EEG en op het controleren van deze factoren.

Methode: Een Bayesiaanse statistische benadering wordt gebruikt om robuust statistisch bewijs te leveren van de waargenomen EMV-effecten. Deze studie omvatte 32 gezonde deelnemers in een dubbelblind crossover-ontwerp met contragewicht. EEG-opnames werden gemaakt van 63 elektroden in 6 hersengebieden. Deelnemers ondergingen een meetprotocol bestaande uit twee sessies van 18 minuten met afwisselend blokkades open (EO) en ogen gesloten (EC) condities. Groep

Commentaar: Het feit dat het gebruik van de mobiele telefoon van de deelnemers zelfgerapporteerd was, kan een belangrijke vertekening in het onderzoek veroorzaken. Naast het zelfgerapporteerde gebruik van mobiele telefoons, moesten de deelnemers zelf hun spermakwaliteit analyseren met behulp van een thuisgebaseerde spermatestkit, wat een technische beperking vormt. Zoals de auteurs zelf stellen, blijft het onduidelijk welk werkingsmechanisme de straling het mannelijke voortplantingssysteem nadelig zou kunnen beïnvloeden. Er zijn eerder verschillende werkingsmechanismen voorgesteld om de nadelige effecten van RF-EMV's op spermaparameters te verklaren, maar tot op heden is geen enkele robuust gevalideerd. Kortom, er is aanvullend onderzoek nodig voordat zo'n strenge conclusie wordt geformuleerd.

Babu, MA, Mohapatra, SK, Ahmmed, M.M., Arif, A.S., Sarker, M.M., Mohanty, J. (2023). 14e Internationale Conferentie over Computercommunicatie en Netwerktechnologieën, Delhi, India. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10307889>

Inleiding en doelstellingen: Digitale dividenden worden beschreven als de economische groei, het scheppen van werkgelegenheid en het verlenen van financiële en niet-financiële diensten die het gevolg zijn van het gebruik van digitale technologieën. Digitale dividenden werden veel gebruikt tijdens de COVID-19-pandemie. De vraag blijft echter hoe ze studenten hebben beïnvloed die ze in hun dagelijks leven gebruikten voor academische doeleinden. Het belangrijkste doel van dit onderzoek is het achterhalen of evalueren van de prestaties van digitale apparaten en de gezondheidseffecten van het gebruik van deze apparaten op studenten tijdens de pandemische COVID-19-periode in Bangladesh.

Methode: De primaire dataset is gebaseerd op een willekeurige verzameling aan verschillende onderwijsinstellingen. In totaal worden 114 gegevens verzameld in een willekeurige selectie via een enquêteformulier. De relatie tussen de variabelen werd getest door middel van chi-kwadraatanalyse.

Resultaten: Uitkomsten van chi-kwadraatanalyses tonen aan dat factoren zoals leeftijd, woonplaats, apparaat thuis, apparaatgebruik per dag, aanpassingsvermogen van het apparaat, internetbron en internetsnelheid een significant verband hadden met gezondheidseffecten op respondenten als gevolg van het gebruik van digitale apparaten tijdens COVID-19.

Toelichting: Uit het onderzoek komen enkele belangrijke beperkingen naar voren. De bestudeerde dataset is zeer beperkt. Daarnaast zijn de referenties die de inleiding vormen op een zeer bevooroordeelde manier samengesteld (het zogenaamde "cherry-packing"). Bovendien werd er te weinig aandacht besteed aan mogelijke confounders. Sommige gezondheidseffecten, zoals een achteruitgang van de geestelijke gezondheid, werden bijvoorbeeld automatisch toegeschreven aan de straling, terwijl andere factoren, zoals de lockdown-situatie tijdens de pandemie, niet in aanmerking werden genomen.

4 EXPERIMENTEEL ONDERZOEK BIJ MENSEN

/

5 ALGEMENE CONCLUSIE

Het grootste deel van het epidemiologisch onderzoek ondersteunt geen verband tussen radiofrequente elektromagnetische straling en negatieve gezondheidseffecten. De kwaliteit van de studies is echter vaak slecht: veel van de studies houden onvoldoende rekening met confounders of bronnen van vooringenomenheid. Meer onderzoek met een robuuste methodologische aanpak is hard nodig.

REFERENCES

- Arribas, E., Escobar, I., Ramirez-Vazquez, R. (2023). *Commentaar op Mobiele data en het gebruik van wifi worden niet in verband gebracht met nadelige gezondheidseffecten*. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 13 (6), 577-578. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2310-1669>
- Babu, MA, Mohapatra, SK, Ahmmed, M.M., Arif, A.S., Sarker, M.M., Mohanty, J. (2023). *Gezondheidseffecten van het gebruik van digitale apparaten op studenten tijdens Covid-19 in Bangladesh: een statistische benadering*. 14e Internationale Conferentie over Computercommunicatie en Netwerktechnologieën, Delhi, India. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10307889>
- Calvente I., Nunez, M.I. (2023). *Is de duurzaamheid van blootstelling aan niet-ioniserende elektromagnetische straling mogelijk?* Medica Clinica, in druk. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2023.11.011>
- Rabiei, M., Masoumi, S.J., Mortazavi, S.M.J., Nematolahi, S., Haghani, M. (2023). *Mobiele data en wifi-gebruik worden niet in verband gebracht met nadelige gezondheidseffecten*. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 13 (6), 497-502. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2310-1669>
- Rathebe, P.C. (2023). *Radiofrequente elektromagnetische velden en gezondheidseffecten – een overzicht van de literatuur*. Internationale conferentie over elektrische, computer- en energietechnologie, 16-17 november 2023, Kaapstad, Zuid-Afrika. <https://doi.org/10.1109/ICECET58911.2023.10389451>
- Rösli, M., Dongus, S., Jalilian, H. et al. (2024). *De effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op tinnitus, migraine en niet-specifieke symptomen in de algemene en werkende bevolking: een systematische review en meta-analyse van observationele studies bij mensen*. *Environment International*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108338>
- Saroch, P., Kalsotra, G., Kalsotra, P. (2023). *Beoordeling van de effecten van chronisch gebruik van mobiele telefoons op auditieve functies: een studie in een academisch ziekenhuis voor tertiaire zorg in Noord-India*. *Indisch tijdschrift voor NKO-geneeskunde en hoofd-halschirurgie* <https://doi.org/10.1007/s12070-023-04354-4>
- Shrivastava, P., Sharma, V. (2023). *De 5G Covid 19-mythe ontcrachten - Een uitgebreid overzicht van 5G en de implicaties ervan in IOT*. 4e Internationale Conferentie over Intelligent Engineering and Management, Londen, Verenigd Koninkrijk. <https://doi.org/10.1109/ICIEM59379.2023.10166358>
- Van der Meer, J.N., Eisma, Y.B., Meester, R., Jacobs, M., Nederveen, A.J. (2023). *Effecten van elektromagnetische velden van mobiele telefoons op hersengolven bij gezonde vrijwilligers*. *Nature Scientific Reports*, 13: 21758. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48561-z>

OVERZICHT VAN DE EXPERIMENTELE STUDIES BETREFFENDE DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN RADIOFREQUENTE STRALING VERSCHENEN IN HET VIERDE KWARTAAL VAN 2023

Océane Bobin - Risk and Health impact assessment (Sciensano)
 Seppe Segers – Risk and Health impact assessment (Sciensano)
 Maryse Ledent – Risk and Health impact assessment (Sciensano)
 Dr. Birgit Mertens – Risk and Health impact assessment (Sciensano)

1 REVIEWS

1.1 EFFECTEN VAN BLOOTSTELLING AAN RADIOFREQUENTE ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN (RF-EMV) OP ZWANGERSCHAP EN GEBOORTE: EEN SYSTEMATISCH OVERZICHT VAN EXPERIMENTELE STUDIES BIJ NIET-MENSELIJKE ZOOGDIEREN. [EFFECTS OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD (RF-EMF) EXPOSURE ON PREGNANCY AND BIRTH OUTCOMES: A SYSTEMATIC REVIEW OF EXPERIMENTAL STUDIES ON NON-HUMAN MAMMALS.]

Cordelli E, Ardoino L, Benassi B, et al. Environ Int. 2023;180:108178
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108178>

De Wereldgezondheidsorganisatie coördineert een internationaal project dat als doel heeft om op een systematisch manier de evidentie met betrekking tot het mogelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) en schadelijke gezondheidseffecten te evalueren. Binnen het project werden 6 onderwerpen als prioritair aangeduid door een expertgroep, waaronder effecten op de voortplanting.

Een systematische review en meta-analyse naar de schadelijke effecten van blootstelling aan RF-EMV tijdens de zwangerschap bij nakomelingen van proefdieren werd uitgevoerd volgens het protocol dat in 2021 werd gepubliceerd. Drie elektronische databanken (PubMed, Scopus en EMF Portal) werden voor het laatst doorzocht op 8 of 17 september 2022. Op basis van vooraf gedefinieerde selectiecriteria werden de verkregen referenties gescreend door twee onafhankelijke evaluatoren. Studies werden geïnccludeerd als ze voldeden aan de volgende criteria: 1) origineel, sham gecontroleerd experimenteel onderzoek bij niet-menselijke zoogdieren blootgesteld *in utero*, gepubliceerd in peer-reviewed tijdschriften, 2) de experimentele RF-EMV blootstelling was binnen het frequentiebereik 100 kHz-300 GHz, 3) de effecten van blootstelling aan RF-EMV op de vruchtbaarheid (worpgrootte, embryonale/foetale verliezen), op de gezondheid van het nageslacht bij de geboorte (afname van gewicht of lengte, aangeboren afwijkingen, veranderingen in de geslachtsverhouding) of op vertraagde effecten (neurocognitieve veranderingen, onvruchtbaarheid bij vrouwen of kanker in een vroeg stadium) werden bestudeerd. De studiekenmerken en uitkomstgegevens werden geëxtraheerd door twee evaluatoren. Het risico op bias werd beoordeeld aan de hand van de richtlijnen van het Office of Health Assessment and Translation (OHAT). De

Achtentachtig artikelen konden worden opgenomen in de review. **Effecten op fertiliteit.** De meta-analyse van onderzoeken naar worpgrootte, uitgevoerd bij een gemiddelde lichaamsstralingswaarde van 4,92 W/kg, toonde geen effect aan van RF-EVM blootstelling (MD 0,05; 95% CI -0,21 tot 0,30). De meta-analyse van onderzoeken naar geresorbeerde en dode foetussen, uitgevoerd bij een gemiddeld lichaamsstralingswaarde van 20,26 W/kg, vond een significante toename van de incidentie bij blootgestelde dieren (OR 1,84; 95% CI 1,27 tot 2,66). De resultaten waren vergelijkbaar in de dosis-respons analyse. **Effecten op de gezondheid van het nageslacht bij geboorte.** De meta-analyse van onderzoeken naar foetaal gewicht, uitgevoerd bij een gemiddelde lichaamsstralingswaarde van 9,83 W/kg, liet een kleine afname zien bij aan RF-EMV blootgestelde dieren (SMD 0,31; 95% CI 0,15 tot 0,48). De meta-analyse van studies naar foetale lengte, uitgevoerd bij een gemiddelde lichaamsstralingswaarde van 4,55 W/kg, toonde een matige afname in lengte bij de geboorte (SMD 0,45; 95% CI 0,07 tot 0,83). De meta-analyse van onderzoeken naar het percentage foetussen met misvormingen, uitgevoerd bij een gemiddelde lichaamsstralingswaarde van 6,75 W/kg, toonde een matige toename in RF-EMV blootgestelde dieren (SMD -0,45; 95% CI -0,68 tot -0,23). De meta-analyse van onderzoeken naar de incidentie van nesten met misvormde foetussen, uitgevoerd bij een gemiddelde lichaamsstralingswaarde van 16,63 W/kg, toonde een statistisch significant schadelijk RF-EMV effect (OR 3,22; 95% CI 1,9 tot 5,46). De resultaten waren vergelijkbaar in de dosis-responsanalyses. Blootstelling aan RF-EMV was niet geassocieerd met nadelige effecten op het hersengewicht (SMD 0,10; 95% CI -0,09 tot 0,29) en op leer- en geheugenfuncties (SMD -0,54; 95% CI -1,24 tot 0,17) van de nakomelingen. Blootstelling aan RF-EMV was geassocieerd met een groot nadelig effect op motorische activiteit (SMD 0,79; 95% CI 0,21 tot 1,38) en een matig nadelig effect op motorische en sensorische functies (SMD -0,66; 95% CI -1,18 tot -0,14). Blootstelling aan RF-EMV was niet geassocieerd met een afname van de grootte van de nesten van F2 vrouwelijke nakomelingen (SMD 0,08; 95% CI -0,39 tot 0,55). In het bijzonder de meta-analyses van neurogedragseffecten waren gebaseerd op slechts enkele onderzoeken, die te lijden hadden onder een gebrek aan onafhankelijke replicatie afkomstig van slechts enkele laboratoria.

Samenvattend kan gesteld worden dat blootstelling aan RF-EMV *in utero* geen nadelig effect heeft op de vruchtbaarheid en waarschijnlijk wel een invloed heeft op de gezondheid van het nageslacht bij de geboorte, gebaseerd op de meta-analyse van studies bij experimentele zoogdieren naar respectievelijk nestgrootte en foetaal gewicht. Wat betreft mogelijke vertraagde effecten van blootstelling *in utero*, heeft RF-EMV waarschijnlijk geen invloed op het hersengewicht van het nageslacht en vermindert het de vruchtbaarheid van het vrouwelijk nageslacht niet; anderzijds kan RF-EMV een nadelig effect hebben op neurogedragsfuncties, variërend in grootte voor verschillende

eindpunten, maar deze laatste bevindingen zijn erg onzeker. Er is verder onderzoek nodig naar de effecten bij de geboorte en vertraagde effecten met een steekproefgrootte die voldoende is om een klein effect te detecteren. Toekomstige studies moeten gestandaardiseerde eindpunten gebruiken voor het testen van prenatale ontwikkelingstoxiciteit en ontwikkelingsneurotoxiciteit (OECD test guideline 414 en 426), de beschrijving van het ontwerp van het blootstellingssysteem en de blootstellingsomstandigheden verbeteren, een geschikte dosimetrie karakterisering uitvoeren, een blinde eindpuntanalyse uitvoeren en verschillende blootstellingsniveaus opnemen om een betere beoordeling van een dosis-responsrelatie mogelijk te maken.

2 NEOPLASTISCHE ZIEKTEN

In vivo studies

/

In vitro studies

2.1 EFFECTEN VAN 2,4 GHZ RADIOFREQUENT ELEKTROMAGNETISCH VELD (RF-EMV) OP GLIOBLASTOOMCELLEN (U -118 MG). [EFFECTS OF 2.4 GHZ RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD (RF-EMF) ON GLIOBLASTOMA CELLS (U -118 MG).]

Nowak-Terpiłowska A, Górski R, Marszałek M, et al. Ann Agric Environ Med. 2023;30(4):763-772.
<https://doi.org/10.26444/aaem/176405>

Mobiele telefoons en Wi-Fi zijn de meest gebruikte vormen van telecommunicatie. De mobiele telefonie bevindt zich momenteel in de vijfde generatie maar werd niet uitgebreid onderzocht op eventuele biologische effecten op mensen of dieren. Sommige onderzoeken geven aan dat hoogfrequente elektromagnetische velden die worden uitgezonden door mobiele telefoons en Wi-Fi-verbindingen een negatief effect kunnen hebben op de menselijke gezondheid en kanker kunnen veroorzaken, waaronder hersentumoren. Het doel van het onderzoek was het onderzoeken van de invloed van 2,4 GHz radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) op de proliferatie en morfologie van normale cellen (menselijke embryonale niercellijn Hek-293) en kankercellen (glioblastoomcellijn U-118 MG). De celculturen werden gedurende 24, 48 en 72 uur blootgesteld aan RF-EMV met een frequentie van 2,4 GHz, met of zonder diëlektrisch scherm. Om de invloed van het elektromagnetische veld op cellijnen te analyseren, werd de cytotoxiciteitstest "Cell Counting Kit-8" uitgevoerd. Om de cellen tegen de emissie van het elektromagnetische veld te beschermen, werd een diëlektrisch scherm gebruikt. Er werd ontdekt dat blootstelling aan 2,4 GHz RF elektromagnetische velden een significante afname van de levensvatbaarheid van U-118 MG en Hek-293 cellen veroorzaakte. Het effect van het elektromagnetische veld was het sterkst in het geval van de kankercellen, en de afname in hun overleving was veel groter in vergelijking met de gezonde (normale) cellen van de Hek-293 lijn. De resultaten van het onderzoek geven volgens de auteurs aan dat het gebruik van een radiofrequent elektromagnetisch veld (2,4 GHz) een duidelijk negatief effect heeft op de metabolische activiteit van glioblastoomcellen. RF-EMV heeft veel minder invloed op het verminderen van de levensvatbaarheid van normale cellen (Hek-293) dan kankercellen.

verbeteren door onderdrukking van door amyloïd- β afzetting geïnduceerde microgliose en hun belangrijkste regulator, CSF1R.

3.2 EFFECTEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VAN MOBIELE TELEFOONS OP HERSENGOLVEN BIJ GEZONDE VRIJWILLIGERS. [EFFECTS OF MOBILE PHONE ELECTROMAGNETIC FIELDS ON BRAIN WAVES IN HEALTHY VOLUNTEERS.]

van der Meer JN, Eisma YB, Meester R, et al. Sci Rep. 2023;13(1):21758.

<https://doi.org//10.1038/s41598-023-48561-z>

De interactie tussen biologisch weefsel en elektromagnetische velden (EMV) is een onderwerp van toenemende interesse vanwege de stijgende prevalentie van achtergrond EMV in de afgelopen decennia. Eerdere studies hebben geprobeerd om de effecten van EMV op hersengolven te meten met behulp van EEG opnames, maar worden meestal gehinderd door experimentele en omgevingsfactoren. In deze studie presenteren de auteurs een kader voor het meten van de invloed van EMV op EEG waarbij deze factoren worden gecontroleerd. Een Bayesiaanse statistische aanpak wordt gebruikt om robuust statistisch bewijs te leveren voor de waargenomen EMV-effecten. Aan dit onderzoek namen 32 gezonde deelnemers deel in een dubbelblind cross-over 'counterbalanced' experimenteel design. EEG opnames werden gemaakt met 63 elektroden verspreid over 6 hersengebieden. Deelnemers ondergingen een meetprotocol bestaande uit twee sessies van 18 minuten met afwisselend blokken van ogen open (OO) en ogen dicht (OD) condities. Groep 1 (n = 16) kreeg EMV tijdens de eerste sessie en sham tijdens de tweede sessie; groep 2 (n = 16) kreeg het tegenovergestelde. Power spectral density plots werden gegenereerd voor alle sessies en hersengebieden. De Bayesiaanse analyse leverde statistisch bewijs voor de aanwezigheid van een EMV-effect in de vermogensdichtheid van de alfaband in de OO-conditie. Dit meetprotocol biedt mogelijkheden voor toekomstig onderzoek naar de invloed van nieuwe transmissieprotocollen.

In vitro studies

/

4 REPRODUCTIEVE EN ONTWIKKELINGSEFFECTEN

In vivo studies

4.1 EFFECTEN VAN BLOOTSTELLING AAN 4G STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS OP DE VOORTPLANTING, LEVER, NIEREN EN HEMATOLOGISCHE PARAMETERS VAN MANNELIJKE WISTAR RATTEN. [EFFECTS OF 4G MOBILE PHONE RADIATION EXPOSURE ON REPRODUCTIVE, HEPATIC, RENAL, AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF MALE WISTAR RAT.]

Gautam R, Pardhiya S, Nirala JP, et al. Environ Sci Pollut Res Int. 2023.

De resultaten geven volgens de auteurs aan dat chronische blootstelling aan 4G straling het mannelijke voortplantingssysteem, het hematologische systeem, de lever en de nieren van ratten kan beïnvloeden.

<https://doi.org//10.1016/j.envpol.2023.122411>

Door het toenemende gebruik van slimme mobiele telefoons is de bezorgdheid omtrent de invloed van radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) op de reproductieve gezondheid enorm toegenomen. Deze studie onderzocht het effect van RF-EMV van mobiele telefoons met een frequentie van 900-1800 MHz op de morfokinetiek van muisembryo's en het genotoxische effect onder laboratoriumomstandigheden. Na stimulatie van de eierstokken bij muizen werden de MII-oöcyten verzameld en onderworpen aan de in-vitrofertilisatiemethode (IVF). De gegenereerde zygoten werden verdeeld in controle- en blootgestelde groepen. Vervolgens werden de zygoten met 30 minuten blootstelling aan RF-EMV van de mobiele telefoon en de controlezygoten zonder

4.3 4G-STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS VERANDERT ENKELE IMMUNOGENE EN VASCULAIRE GENEXPRESSIES, EN GROTE EN MICROSCOPISCHE EN BIOCHEMISCHE PARAMETERS IN HET KUIKENEMBRYOMODEL. [4G MOBILE PHONE RADIATION ALTERS SOME IMMUNOGENIC AND VASCULAR GENE EXPRESSIONS, AND GROSS AND MICROSCOPIC AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN THE CHICK EMBRYO MODEL.]

<http://doi.org//10.1002/vms3.1273>

pagina 77 van 85

4.4 GESLACHTSAFHANKELIJKE INVLOED VAN PERINATALE BLOOTSTELLING AAN 5G ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN OP HET GEDRAG VAN ADOLESCENTE RATTEN. [SEX-DEPENDENT IMPACT OF PERINATAL 5G ELECTROMAGNETIC FIELD EXPOSURE IN THE ADOLESCENT RAT BEHAVIOR.]

Het netwerk van de vijfde generatie (5G) wordt momenteel wereldwijd verspreid, wat vragen oproept over de mogelijke impact van deze nieuwe technologie, met name op onvolwassen organismen. Het doel van de huidige studie was om de effecten van dagelijkse blootstelling aan 5G elektromagnetische velden (EMV) perinataal op de neurologische ontwikkeling van ratten te onderzoeken. Het blootstellingsniveau werd vastgesteld op de blootstellingslimiet van het hele lichaam zoals gedefinieerd door de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. De stralingswaarde (SAR) van de moederrat was 0,07 W/kg gedurende 22 uur/dag bij een continue golf van 3500 MHz vanaf zwangerschapsdag (GD) 8 tot postnatale dag (PND) 21. Klinische observaties werden uitgevoerd op gewicht, lengte, geslachtsverhouding, aantal pups per worp en aantal doodgeborenen in de sham en EMV-blootgestelde groepen (n = 7). De leeftijd waarop de oorschelp loskwam van de pinna, de snijtanden uitkwamen en de ogen open gingen, werd geregistreerd. Het gedrag werd beoordeeld op 'righting', grijpen, en negatieve geotaxis reflexen op PND 3 of 7 en op stereotype en horizontale bewegingen in het open veld op PND 43. De resultaten gaven aan dat zowel mannelijke als vrouwelijke pups vertraagde snijterruptie vertoonden in de EMV-blootgestelde groep vergeleken met de sham groep (+ 1 dag). Wat betreft activiteit in het open veld, vertoonden adolescente vrouwtjes minder stereotype bewegingen (- 70%), terwijl adolescente mannetjes meer stereotype bewegingen vertoonden (+ 50%) in vergelijking met de aan sham blootgestelde adolescente ratten. De huidige studie suggereert volgens de auteurs dat perinatale blootstelling aan 5G op een stralingswaarde onder de reglementaire drempel kan leiden tot verstoringen in de nakomelingen gezien bij juvenielen en adolescenten.

Tripathi R, Banerjee SK, Nirala JP, et al. Biomed Environ Sci. 2023;36(11):1045-1058.

In deze studie werd het gecombineerde effect van twee stressfactoren, namelijk elektromagnetische velden (EMV's) van mobiele telefoons en fructoseconsumptie, op hypothalamische en levermetabolische hoofdregulatoren van de AMPK/SIRT1-UCP2/FOXO1 pathway onderzocht om de onderliggende moleculaire mechanismen van insulineresistentie te bepalen. Gespeende Wistar ratten (28 dagen oud) werden verdeeld in 4 groepen: Normaal, Alleen blootstelling (ExpO), Alleen fructose (FruO) en Blootstelling en fructose (EF). Elke groep kreeg standaard laboratoriumvoeding *ad libitum* gedurende 8 weken. Daarnaast hadden de controlegroepen, namelijk de Normal en FruO groepen, onbeperkte toegang tot respectievelijk drinkwater en fructoseoplossing (15%). Bovendien werden de respectievelijke behandelingsgroepen, namelijk de ExpO en EF groepen, blootgesteld aan EMV (1.760 MHz, 2 uur/dag x 8 weken). In de vroege volwassenheid werden mitochondriale functie, insulinerceptorsignalering en oxidatieve stresssignalen in hypothalamus en leverweefsel beoordeeld met behulp van Western blotting en biochemische analyse. In het hypothalamusweefsel van EF waren de expressies van SIRT1, FOXO 1, p-PI3K, p-AKT, Complex III, UCP2, MnSOD en catalase en de OXPHOS- en GSH-activiteiten significant gedaald ($P < 0,05$) in vergelijking met de Normale, ExpO en FruO-groepen. In het leverweefsel van EF waren de p-AMPK α , SIRT1, FOXO1, IRS1, p-PI3K, Complex I, II, III, IV, V, UCP2 en MnSOD expressies en de activiteit van OXPHOS, SOD, catalase en GSH significant verminderd vergeleken met de Normale groep ($P < 0,05$). De bevindingen suggereren volgens de auteurs dat de combinatie van blootstelling aan EMV en fructoseconsumptie tijdens de kindertijd en adolescentie bij Wistar ratten de nauw met elkaar verbonden en meervoudig gereguleerde wisselwerking tussen insulinerceptorsignalen, mitochondriaal OXPHOS en het antioxidantafweersysteem in de hypothalamus en lever verstoort.

4.6 EFFECTEN VAN PRENATALE BLOOTSTELLING AAN STRALING VAN MOBIELE TELEFOONS OP DE EXPRESSIE VAN MMP9: IMPLICATIES VOOR ONTSTEKING, OXIDATIEVE STRESS EN SENSOMOTORISCHE STOORNISSEN NA NEONATALE HYPOXIE-ISCHEMIE BIJ RATTEN. [EFFECTS OF PRENATAL MOBILE PHONE RADIATION EXPOSURE ON MMP9 EXPRESSION: IMPLICATIONS FOR INFLAMMATION, OXIDATIVE STRESS, AND SENSORY-MOTOR IMPAIRMENT AFTER NEONATAL HYPOXIA-ISCHEMIA IN RATS.]

Khayat S, Fanaei H, Lakzaee N. Toxicol Rep. 2023 Oct 13;11:378-384.

<https://doi.org//10.1016/j.toxrep.2023.10.007>

Niet-ioniserende radiofrequente straling, die wordt toegepast in verschillende sectoren zoals de industrie, de handel, de geneeskunde en in het bijzonder in de mobiele telefoontechnologie, is een onderwerp van bezorgdheid geworden tijdens de zwangerschap. Het doel van deze studie was het onderzoeken van het effect van radiofrequente (RF) straling van mobiele telefoons tijdens de zwangerschap op de Matrix metalloproteïnase 2 (MMP-2) en (MMP-9) 9 expressie na neonatale hypoxie-ischemie (HI) bij ratten. Er werden twee groepen gevormd door vrouwelijke Wistar ratten willekeurig toe te wijzen: Groep 1 bestond uit vrouwelijke ratten die tijdens de zwangerschap niet werden blootgesteld aan RF-straling, terwijl groep 2 bestond uit vrouwelijke ratten die tijdens de

In vitro studies

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140942>

6 ALGEMENE CONCLUSIES VAN DIT TRIMESTER

Dit verslag bestaat uit één review en elf experimentele onderzoeken naar de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV).

De systematische review van Cordelli et al. maakt deel uit van het project van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) dat tot doel heeft het bewijsmateriaal over de associatie tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) en nadelige gezondheidsresultaten te actualiseren. Dit is een belangrijke en langverwachte studie. De auteurs voerden een systematische review en meta-analyses uit naar de mogelijk nadelige effecten van blootstelling aan RF-EMV tijdens de zwangerschap bij de nakomelingen van proefdieren. De resultaten van de analyses suggereren een gebrek aan associatie van RF-EMV blootstelling met de grootte van de worp en met vertraagde effecten op het hersengewicht van de nakomelingen, respectievelijk gebaseerd op evidentie met hoge en matige zekerheid. Daarentegen werd blootstelling aan RF-EMV in verband gebracht met een klein nadelig effect op het foetale gewicht op basis van evidentie met matige zekerheid. Voor de meeste andere eindpunten die door de meta-analyses werden beoordeeld, werden nadelige RF-EMV effecten (zoals neurogedragseffecten) aangetoond, maar de evidentie werd met een lage of zeer lage zekerheid toegekend. De onzekerheid is te wijten aan de slechte kwaliteit van veel van de studies, veroorzaakt door methodologische problemen zoals een kleine steekproefgrootte, een gebrek aan geblindeerde experimenten en een slechte karakterisering van de blootstelling. Naast de methodologische problemen van de studies die in de meta-analyses zijn opgenomen, is er een ernstige beperking in de selectie van de studies die in de meta-analyses zijn gebruikt. Sommige van de opgenomen onderzoeken, met name diegene die in de jaren 70 en 80 werden gepubliceerd voordat de richtlijnen van de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)¹ van kracht werden, hebben hoge gemiddelde SAR's voor het hele lichaam. Deze blootstellingswaarden zijn hoger dan de internationale veiligheidslimieten voor mensen die door de ICNIRP zijn vastgesteld en weerspiegelen geen realistische blootstellingsomstandigheden. Bovendien kunnen bij deze blootstellingsniveaus thermische effecten niet worden uitgesloten en deze kunnen de schadelijke effecten hebben veroorzaakt die in de experimentele onderzoeken zijn waargenomen. De auteurs benadrukken opnieuw de noodzaak van goed opgezette studies om de effecten bij de geboorte en de vertraagde effecten verder te onderzoeken met behulp van steekproefgroottes die toelaten om kleine effecten te detecteren. Dergelijke studies moeten gebruik maken van gestandaardiseerde eindpunten voor het testen van prenatale ontwikkelingstoxiciteit en ontwikkelingsneurotoxiciteit (OECD Test Guideline 414 en 426), een betere beschrijving geven van het ontwerp van het blootstellingsstelsel en de blootstellingsomstandigheden, een geschikte dosimetrie-karakterisering uitvoeren, een blinde eindpuntanalyse uitvoeren en verschillende blootstellingsniveaus omvatten om de beoordeling van een dosis-responsrelatie beter mogelijk te maken.

¹ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *health physics*. 1998; 74(4):494-522

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100KHz to 300 GHz). *health physics*. 2020; 118(5):483-524

Het merendeel van de experimentele studies die in dit rapport zijn gepresenteerd, hadden beperkingen in hun experimentele opzet.

Sommige studies gaven onvoldoende informatie om te bepalen of het blootstellingsscenario realistisch was (Nowak-Terpiłowska et al. Khayat et al). Andere studies gebruikten blootstellingssystemen die niet geschikt waren voor het beoogde doel en/of de blootstellingsomstandigheden niet afdoende controleerden (Koohestanidehaghi et al., Islam et al., Tripathi et al.). In deze laatste drie onderzoeken gebruikten de auteurs allemaal een mobiele telefoon in hun blootstellingsstelsel. Dit is echter geen geschikt blootstellingssysteem, omdat het niet mogelijk is om de werkelijke blootstelling (dosimetrie) van de stalen/dieren aan RF-EMV te beoordelen. De werkelijke blootstelling hangt namelijk af van verschillende parameters zoals de locatie van de gebruiker ten opzichte van de antenne, het gebruik van de mobiele telefoon (oproepen, bestandsoverdracht, enz.), de duur van het gesprek, enz. Bovendien werd in drie van de onderzoeken (Gautam et al., Islam et al, Khayat et al) geen goede dosimetrie-informatie gegeven.

Sommige onderzoeken maakten geen gebruik van de juiste shamcondities (Koohestanidehaghi et al.), of de informatie in de publicatie maakte het niet mogelijk om te beoordelen of correcte shamcondities werden gebruikt (Nowak-Terpiłowska et al., Islam et al., Tripathi et al., Jooyan et al.).

Een aanzienlijk aantal onderzoeken werd niet onder geblindeerde omstandigheden uitgevoerd, wat de resultaten kan hebben beïnvloed (Nowak-Terpiłowska et al., Gautam et al., Koohestanidehaghi et al., Islam et al., Tripathi et al., Khayat et al., Jooyan et al.). Blinde blootstelling/analyse is een belangrijk instrument voor kwaliteitsborging in de onderzoeksofzet om het risico van bias door de onderzoeker te verminderen.

In verschillende onderzoeken werd de lichaams- of staaltemperatuur niet gecontroleerd (Nowak-Terpiłowska et al., Koohestanidehaghi et al., Islam et al., Bodin et al., Tripathi et al., Khayat et al. Gautam et al.). In één studie specificeerden de auteurs niet hoe ze de temperatuurregeling uitvoerden (Jooyan et al.). Hierdoor kon er geen rekening worden gehouden met mogelijke verhitting van het staal door RF-EMV.

Een studie die aan de meeste kwaliteitscriteria voldoet is die van van der Meer et al. Hoewel de auteurs geen SAR voor het hele lichaam berekenden, gebruikten ze realistische blootstellingsomstandigheden. Ze voerden twee opeenvolgende experimenten uit in twee groepen, ogen open/gesloten, met één sessie blootstelling aan RF-EMV en één sham sessie. Idealiter zouden de experimenten minstens één keer herhaald moeten worden om er zeker van te zijn dat de waargenomen effecten niet te wijten zijn aan andere situationele factoren (stress, vermoeidheid, enz.). De auteurs onderzochten de effecten van RF-EMV op hersengolven in het elektro-encefalogram (EEG) en vonden een verhoogde alfa-activiteit tijdens blootstelling aan RF-EMV. Er is echter geen bewijs dat dit fysiologische effect leidt tot nadelige gezondheidseffecten. In zijn verslag van 2023 over RF-EMV vermeldt het SCHEER² dat de relevantie van de kleine fysiologische veranderingen die tot uiting komen in het EEG bij blootstelling aan RF-EMV van mobiele telefoons onduidelijk blijft en dat een mechanistische verklaring nog ontbreekt. De groep (SCHEER) wijst ook

² SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), Preliminary Opinion on the need of a revision of the annexes in Council Recommendation 1999/519/EC and Directive 2013/35/EU, in view of the latest scientific evidence available with regard to radiofrequency (100kHz - 300GHz), adopted by written procedure on 18 April 2023

Een ander onderzoek dat voldoet aan de meeste kwaliteitscriteria is dat van Son et al. We merken op dat de auteurs niet hebben gespecificeerd welke modulatie werd gebruikt in hun experiment, wat meer inzicht had kunnen geven in de blootstelling van de muizen tijdens het experiment. In hun studie vonden de auteurs dat blootstelling aan RF-EMV therapeutische effecten kan hebben op de ziekte van Alzheimer. Verdere studies zijn echter nodig om deze bevindingen en de onderliggende mechanismen van de waargenomen effecten te bevestigen. Bovendien zijn de experimenten uitgevoerd met een zeer klein aantal ratten, waardoor het statistisch vermogen beperkt was. Dit betekent dat de bevindingen mogelijk op toeval berusten.

Tot slot voldeed ook het onderzoek van Bodin et al. aan de meeste kwaliteitscriteria. In deze *in vivo* studie bij ratten werden moeders en hun nakomelingen blootgesteld aan RF-EMV. De auteurs ontdekten dat de snijterruptie vertraagd was bij de nakomelingen van de groep die werd blootgesteld aan RF-EMV in vergelijking met de shamgroep. Ze zagen ook gedragsveranderingen bij adolescenten (vrouwelijke adolescenten vertoonden minder stereotype bewegingen en mannelijke adolescenten vertoonden meer stereotype bewegingen) in vergelijking met de sham groep. In tegenstelling tot de WHO-review (zie hierboven) observeerden de auteurs geen effecten op gewicht, lengte of levensvatbaarheid (bij moeder en pups). Bovendien werden de experimenten uitgevoerd op een zeer klein aantal zwangere ratten en pups. Verdere studies zijn nodig om deze resultaten te

pagina 84 van 85

bevestigen. Er mogen geen conclusies worden getrokken op basis van dit ene onderzoek, maar de resultaten moeten worden meegenomen in een evaluatie van het hele bewijsmateriaal.

Op basis van de resultaten van de studies in dit rapport kunnen we geen uitspraak doen over nieuwe negatieve gezondheidsrisico's veroorzaakt door RF-EMV. In het algemeen blijft het belangrijk om de methodologische kwaliteit van experimentele studies in overweging te nemen alvorens conclusies te trekken over gezondheidseffecten.