

11. HERSENFUNCTIES

Zolang we niet weten hoe en waar in het lichaam de energie van hoog- en laagfrequente velden in het lichaam wordt opgeslagen, weten we niet of ergens een EMV detectiesysteem is gevestigd. Het is wel zo dat de meeste gezondheidsklachten zijn op te vatten als stressreacties die in de hersenen worden voorbereid. Blijkbaar wordt de homeostase bij sterke blootstellingen verstoord, waardoor langdurige klachten optreden, zolang de blootstelling duurt. De daarvoor verantwoordelijke hersendelen, verenigd in het limbische systeem, spelen daarbij een belangrijke rol (zie onder).

Maar ook de hersenen zelf kunnen het doelwit zijn. Sommige personen melden dat een verblijf in een ruimte met sterke velden beter wordt verdragen wanneer men een hoofddeksel draagt, voorzien van stralingwerende stof. Welk EMV gevoelig proces daarmee wordt beschermd weten we niet. We kunnen echter wel een analyse maken van de vermoedelijke cascade van reacties die zich in de hersenen afspeelen wanneer een gevoelige persoon door schadelijke typen van EMV wordt getroffen.

11.1. Rol van de hersenen

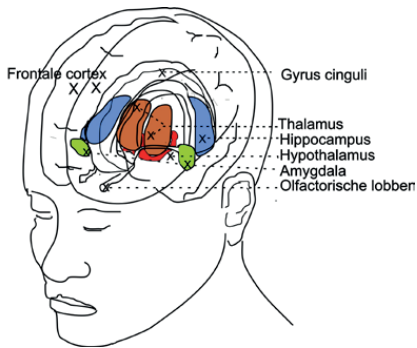
In medische kringen is er de aanduiding van *'Somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten en somatoforme stoornissen'* (SOLK), die aangeeft dat er gedurende meerdere weken sprake is van klachten die geen aantoonbare medische achtergrond hebben. Het Trimbos-instituut (2010) geeft van dit boekwerk regelmatige updates. Daarnaast is er recentelijk het document van het Nederlandse huisartsengenootschap (NHG), met een vergelijkbare SOLK titel en met de omschrijving: *'Richtlijnen voor de diagnostiek en voor het beleid bij volwassen patiënten met SOLK'*. Meerdere aandoeningen kunnen van die klachten de oorzaak zijn, zoals fibromyalgie, chronisch vermoeidheidssyndroom, prikkelbare darmsyndroom en andere. Omdat het probleem EHS onder artsen slecht bekend is, zijn die klachten nog niet in dit document opgenomen. Wellicht kan dat wel gebeuren wanneer over 5 jaar een update wordt vervaardigd.

De klassieke stressverklaring die is gebaseerd op een 'vlucht- of vechtreactie' is verlaten. Deze is vervangen door een veranderde gevoeligheid van de as: hypothalamus - pituitary - adrenal cortex (HPA). Als gevolg daarvan ontstaat er een verhoogde werking van cortisol en andere hormonen in de keten van stressreacties. Ongetwijfeld past EHS ook in dit rijtje van klachten. 'Neurologen gaan er van uit, dat deze ziektebeelden neurale 'constructies' zijn met gespeelde lichamelijke klachten, zoals een goed acteur die zou kunnen 'neerzetten'. Patiënten zijn het daar niet mee eens. Deze klachten zijn niet formeel geregistreerd in de ICD-10 code voor erkende ziekten; de arts krijgt voor behandelingen van deze klachten ook geen honorarium.

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe de impact van EMV op het lichaam de EHS klacht zou kunnen verklaren en we doen dat op basis van de biologische eigenschappen van betrokken weefsels en cellen. Het hersengedeelte tussen de basale kernen en de hersenschors, het 'limbische systeem' speelt daarin een cruciale rol. Het gebied ligt rond de hersenholten en bestaat uit de functionele centra als hippocampus, gyrus cinguli, amygdala, insula en orbitofrontale cortex (figuur 11-1). Prikkeling van deze gebieden geeft een ontregeling van vegetatieve functies, met verschijnselen als verhoogde bloeddruk, zweten, hyperventilatie, hartritmestoornissen, hyperperistaltiek van darm en houdingsmotoriek. Door stress en angst kunnen er psychosomatische verschijnselen worden geïnduceerd, zoals pijn, vermoeidheid, stemmingsstoornissen,

11. Hersenfuncties

concentratiezwakte en vergeetachtigheid.



Figuur 11-1. Tekening van het limbische systeem in de hersenen (onderdelen niet op schaal). Te onderscheiden zijn de hippocampus en de amygdala, waar emoties zetelen en omgevingsinformatie wordt verwerkt. Deze structuren zitten binnen de grote hersenen, waarvan alleen de frontale lobben zijn aangegeven. Het limbische systeem ligt boven de hypothalamus, van waaruit de hypofyse wordt geïnnerveerd (hier niet aangegeven).

11.2. Het ziektegevoel: Wat gebeurt er in de hersenen?

De hersenen spelen een hoofdrol bij het ontstaan van de EHS klachten bij blootstelling aan EMV. Daarom wordt aan het functioneren van de hersenen veel aandacht besteed. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het hersenonderzoek in de wetenschap.

Veel EHS-ers kennen het malaisegevoel: griepigheid, hoofdpijn, gebrek aan energie, last van licht en harde geluiden, neerslachtigheid enzovoort. Dat heeft alles te maken met processen in de hersenen die verstoord worden en die maken dat de veilige stabiele toestand van *homeostase* is verstoord. Als we nagaan dat de hersenen niet alleen ons denkvermogen bevatten, maar ook verantwoordelijk zijn voor de besturing van een groot aantal nerveuze, hormonale en immunologische functies binnen en buiten de hersenen, dan is het niet meer dan logisch dat een geringe verstoring van nerveuze communicatie tussen de hersencircuits onderling een grote verstoring van het gehele organisme kan veroorzaken. Het malaisegevoel is daar een voorbeeld van.

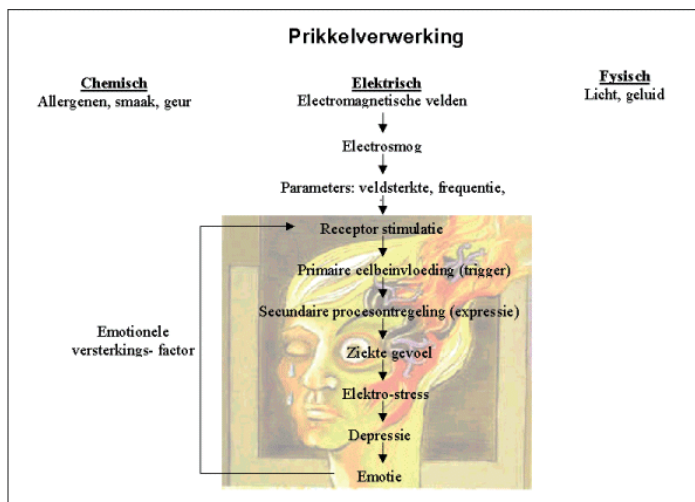
We zien op korte termijn (minuten) het resultaat van blootstelling aan EMV: er komen stressverschijnselen op gang: koude rillingen, versnelling van de hartslag, probleem met helder denken en concentratie, slappe knieën, verhoogde bloeddruk enzovoort. Maar wat gebeurt er daarvoor in de hersenen? Hoogstwaarschijnlijk speelt het limbische systeem daarin een belangrijke rol. Want dat is het systeem waar heel veel informatie vanuit het lichaam en uit de buitenwereld bij elkaar komt en waar zich toestanden afspelen als emotie, motivatie, genot en waar het emotionele geheugen zit. Het limbische systeem onderhoudt contacten met zintuigen en andere delen van het centrale en perifere zenuwstelsel zoals de hypothalamus met zijn hormoonproducties en delen van het endocriene systeem en immuunsysteem. Het vormt het centrum van wat wel genoemd wordt het neuropsycho-immunologische systeem. Daarmee is eigenlijk nog niet zo veel gezegd, maar het verklaart misschien wel de diversiteit in EHS reacties zoals die tussen individuen optreden. Al naar gelang de intensiteit van de input uit receptoren en output naar doelorganen kunnen er verschillen in uiteindelijke effecten gaan optreden.

EMV signaalverwerking

Hoe moeten we ons voorstellen dat de EMV input in de hersenen wordt verwerkt? Volgens schema in figuur 11-2 toont de cascade van effecten in het lichaam zoals we ons die voorstellen op basis van wat we hebben waargenomen, wat de elektrogevoelige

11. Hersenfuncties

personen aan klachten rapporteren en wat de onderzoeken aan kennis hebben opgeleverd. Belangrijk in dit schema is de veronderstelde positieve feedback vanuit de lichamelijke reactie op een proces hogerop in de cascade: de 'emotionele versterkingsfactor'. De reden daarvan is dat steeds weer blijkt dat de gevolgen van EMV blootstelling in de tijd en onder verschillende omstandigheden veranderlijk zijn. De toestand van o.a. lichamelijke en geestelijke fitheid is van invloed op de EHS beleving: in een goede bui en assertieve levenshouding kan men meer verdragen dan in een depressieve bui of bij ziekte. Een negatieve spiraal versterkt zichzelf op termijn. Het is ook zo dat een irritatie die eenmaal door een EMV blootstelling ontstaan is steeds gemakkelijker opnieuw gaat ontstaan, ook bij afnemende veldsterkten. Dat proces lijkt op het proces *kindling*, het binnen de psychiatrie bekende 'facilitatieproces', waarbij een eenmaal opgetreden epileptische aanval als het ware het neuronale pad van zenuwimpulsen 'effent' voor een volgende aanval.



Figuur 11-2. Werkschema voor de EMV prikkelverwerking in de hersenen. Het organisme neemt EMV waar, langs een nog onbekend detectiemechanisme. Dat is het begin van een cascade van ontregelende effecten die leidt tot gezondheidsklachten. Vanuit een depressieve situatie is er een feedback op een hogere stap, met een sterker ontregelend effect: de emotionele versterkingsfactor. Alleen in een elektrisch 'schoon' milieu kan die vicieuze cirkel doorbroken worden.

Interactie EMV met het zenuwstelsel

Normaal gesproken gebeurt na binnenkomst van een milieu'trigger' het volgende:

1. Een triggerfactor, zoals een EMV van een effectief type, komt binnen en veroorzaakt een milde reactie bij degene die daar van huis uit gevoelig voor is; maar grote hinder ontstaat daarbij niet.
2. Bij langduriger blootstelling ontstaat er een sensibilisatie die hinder gaat opleveren en die actie vergt om een menswaardig leven te kunnen blijven leiden.
3. Bij voortgezette blootstelling en bij personen met een genetische predispositie kunnen zeer lage veld dichtheden al ernstige symptomen van EHS opwekken. Krachtige maatregelen voor veldreductie zijn nodig, maar zelfs dan zullen niet alle personen weer geheel in geestelijke en lichamelijke balans komen.

11.3. Verstoorde hersenfuncties

Het meest centraal gelegen deel van de hersenen is het 'limbische systeem'. Dat is het gebied waar veel prikkels binnenkomen en verstuurd worden en waar emoties

11. Hersenfuncties

ontstaan (Kalat 2004). Het limbische systeem onderhoudt intensieve contacten met de hypothalamus, de hippocampus en amygdala (figuur 11-1). Deze structuren zorgen voor de handhaving van een optimaal inwendig milieu van het lichaam en doen dat o.a. via beïnvloeding van endocriene, immunologische en autonome functies en zorgen ook voor het emotioneel en motivationeel gestuurd gedrag. Angst en paniekaanvallen, stemmingsstoornissen, depressies, eten en drinken en seksuele activiteiten worden van hieruit bestuurd (Klaver en Baart 2003).

De onderdelen hebben hun eigen specifieke functie:

De hypothalamus bevat een paar neurgroepen (kernen) die neurohormonen produceren welke via de hypofyse aan het bloed worden afgegeven.

De hippocampus is de zetel van een deel van het geheugen voor feiten en gebeurtenissen. Bij de ziekte van Alzheimer houdt dit orgaan op te functioneren.

De amygdala is van belang voor het beoordelen van sensibele informatie die afkomstig is uit de diverse zintuigen. Deze kern zorgt er voor dat de 'aandacht' van de hersenschorsneuronen gericht wordt op specifieke belangrijke prikkels. De amygdala heeft ook invloed op de programmering en planning van cognitieve en endocriene processen die 'passen' bij een bepaald gedrag. Er is ook een sterke invloed op de beleving van negatieve prikkels als angst en spanning, of op positieve prikkels als blijdschap, seksuele gevoelens enz. Het bekende stereotype 'vecht- of vluchtgedrag' ('fight-flight'-syndroom'), dat automatisch optreedt bij een sterke dreiging, wordt ook van hieruit gestuurd, inclusief de kenmerkende lichaamshouding en gelaatsuitdrukkingen, hartslag en ademhaling.

Kortom, wanneer de vraag rijst naar welk hersendeel men zou moeten kijken om uit te vinden waar EHS verschijnselen ontstaan, zou de amygdala een goede kandidaat zijn. Want het zijn juist de functies van dit orgaan en de verstoringen die we zien bij EMV blootstelling.

Wat gebeurt er daarna?

De opvatting van Genuis (2010) is dat de hersenen via de HPA-as het immuunsysteem activeren. Daar gebeuren meerdere dingen, maar het hier relevante is dat ondermeer de macrofagen actief worden en specifieke stressgerelateerde eiwitten gaan vormen, zoals cytokinen. Via de bloedbaan komen die stoffen in de hersenen terecht waar ze een eveneens activerende invloed uitoefenen op microgliacellen en astrocyten. Beide celtypen zijn van groot belang voor de bescherming van de kwetsbare neuronen en de voeding daarvan. Die targetcellen gaan op hun beurt extra cytokinen vormen, die binnen de hersenen micro-ontstekingen veroorzaken die het eigenlijke ziekte- en griepgevoel geven. Ook in het lichaam kunnen pijnen geïnduceerd worden. Daarnaast produceren de astrocyten en gliacellen ook andere - toxische - stoffen als nitric oxide (NO) die pijn opwekken.

Bij 'gewone' immunologische reacties op binnendringende pathogenen worden uit de macrofagen en andere typen van immuuncellen de z.g. 'pro-inflammatoire cytokinen' afgegeven die de pathoogeen onschadelijk maken en ook het ziektegevoel kunnen opwekken. Daartoe behoren de cytokinen (interleukinen) IL-1, IL-6 en 'tumornecrose factor' (TNF). Dat volgt uit proeven waarbij antagonistisch werkende verbindingen deze reacties onderdrukken. Omgekeerd is het volgens Watkins en Maier (1990) zo dat de toediening van de cytokinen de ziektereacties juist op gang brengt. Wellicht is dat de

11. Hersenfuncties

oorzaak van het griepgevoel.

11.4. Het elektrostresssysteem

De manier waarop het lichaam reageert op EMV vertoont kenmerken van standaard stressreacties; om die reden wordt vaak gesproken van *elektrostress*. De betekenis van de Engelse term 'stress' kent geen goed Nederlands equivalent. We gebruiken het woord in dit verband vooral om de biologische reacties van het lichaam op bedreigende omstandigheden weer te geven en stress is nuttig om het organisme te beschermen tegen gevaren. Hier betekent dat een blootstelling aan EMV. Daarnaast bestaat er bij velen een psychologische stresssituatie waarin mentale worstelingen voorkomen om de kwalijke gevolgen daarvan te boven te komen. Dat zijn feitelijk verschillende vormen van stress. De gepaarde amygdala, groepjes neuronen in de hersenen, spelen een belangrijke rol in de regulatie van stress als reactie op belangrijke externe prikkel (zie uitleg in het kader).

Amygdala

De **amygdala** is een amandelvormige kern van neuronen. Er zijn twee amygdalae, die diep in de temporale kwab van de hersenen liggen en deel uitmaken van het limbische systeem. Er bestaan veel verbindingen met de nabijgelegen orbitofrontale cortex en ventromediale prefrontale cortex. Dit circuit speelt een centrale rol bij de verwerking van aversieve prikkels en regulatie van angst.

De amygdala legt verbanden tussen informatie die van verschillende zintuigen afkomstig is en koppelt deze aan emoties. Bij iedere nieuwe situatie bepaalt het individu welke emotionele reactie het meest zinvol is. Daarbij reageert de amygdala bijvoorbeeld ook op de gezichtsuitdrukking van soortgenoten. De reactie van de amygdala op prikkels die angst veroorzaken kan snel en volledig automatisch (d.w.z.reflexmatig) plaatsvinden.

Met name de rol bij angstreacties is bekend, maar de amygdala lijkt ook betrokken te zijn bij andere emoties, zoals agressie en seksueel gedrag. Door een bepaalde situatie een emotionele waardering te geven (en als zodanig in het geheugen vast te leggen), kan het individu een toekomstige soortgelijke situatie gemakkelijker herkennen en daar gepast op reageren (bijvoorbeeld met een vecht- of vluchtreactie).

Bron: Wikipedia

Mens en dier kennen situaties waarbij direct moet worden gehandeld, bijvoorbeeld bij het tegenkomen van een vijand. Als dat een roofdier is, is het zaak snel te handelen: ga ik vluchten of val ik het dier aan? Stresshormonen helpen het organisme gereed te maken voor een passende reactie. Het interessante is nu dat mensen in dergelijke situaties verschillend kunnen en zullen reageren. De één slaat er op los, de ander kiest zo snel mogelijk het hazenpad. Uw karakter, ervaring en bewapening zijn daarbij van doorslaggevende betekenis en uw onderbewustzijn helpt bij het nemen van snelle beslissingen. Zo gaat dat in natuurlijke situaties; na de reactie komt rust en het lichaam herstelt zich van de inspanning.

Helaas gaat dat bij een contact met een verkeerd type EMV anders. In de eerste plaats duurt de confrontatie veel langer, zodat het lichaam niet meer kan uitrusten. In de tweede plaats kent ons gedragsrepertoire geen gepaste reactie op onnatuurlijke EMV. We zijn daar niet aan gewend. Stressreacties zijn daarom irrelevant, treffen geen doel, zorgen er niet voor dat de bedreiging verdwijnt en allerlei lichamelijke en psychische problemen ontregelen het leven. Ieder reageert op de manier waarop men normaliter omgaat met stress: voor de een is dat met geagiteerd gedrag, voor een ander met slaapproblemen, psychische en lichamelijke kwalen die voortduren zolang men aan dat veld is blootgesteld. Problemen verdwijnen wanneer het veld verdwijnt.

11. Hersenfuncties

Het malaisegevoel is daar een voorbeeld van. De weerstand tegen infecties van bacteriën, virussen en andere ziekteverwekkers wordt kleiner. Door de productie van cytokinen door de bloedcellen ontstaan overal in het lichaam en ook in de hersenen ontstekingsreacties die het ziektegevoel opwekken. Vanuit die verzwakte toestand kunnen allergieën en intoleranties toeslaan en kan er een overgevoeligheid voor allergenen, stuifmeel en andere chemische verbindingen of geuren ontstaan.

De gevolgen van langdurige stress

Personen die lang bloot staan aan hinderlijke EMV en geleidelijk terecht komen in een toestand van inactiviteit en lethargie kunnen uiteenlopende klachten hebben. Tabel 11-1 geeft daarvan een paar voorbeelden. Het is belangrijk het niet zover te laten komen omdat een compleet herstel vanuit die toestand lastig wordt.

Tabel 11-1. Gevolgen van langdurige stress op het werk of thuis

- diabetes type-2
- vermoeidheid en slapeloosheid
- depressie
- suïcideneigingen
- versnelling van veroudering
- negatieve effecten op de spijsvertering
- verminderde werking van het immuunsysteem: ontstekingen
- spierafbraak
- verminderd libido
- hart- en vaatziekten

Ook neurologisch zijn wel veranderingen aan te wijzen. De voortdurend hoge cortisolconcentratie in het bloed blijft neuronen in de hippocampus prikkelen die op hun beurt weer een hormonaal proces in werking stellen om de cortisolproductie nog verder op te krikken. Die cirkelgang heeft een einde als blijkt dat hippocampusneuronen die druk niet aankunnen en grote aantallen neuronen afsterven (apoptose). Daardoor komt ook de cortisolproductie weer op een lager pitje te staan. De stresssituatie wordt niet doorgezet, maar er volgt nu een periode van het tegengestelde: apathie. De persoon is tot weinig meer in staat, laat noodzakelijke handelingen noodgedwongen door anderen verrichten en wordt maatschappelijk en sociaal inactief.

11.5. Blijken van veranderde hersenfuncties

Op meerdere manieren is aangetoond dat hersenen reageren op externe EMV. Bekend is het effect van sterke gelijkstroomvelden zoals die rond de krachtige MRI apparaten heersen. Wie te snel door die velden loopt heeft volgens de Vocht (2006) kans om te vallen doordat het evenwichtsgevoel is verstoord. Een hilarisch effect kan men krijgen door kleine stroompjes door de hersenen te sturen via een elektrode op het rotsbeen achter het oor. Het richtingsgevoel van de persoon wordt verstoord. Hij kan omvallen, een andere koers inzetten of omkeren doordat de zenuwinformatie uit de halfcirkelvormige kanalen van het evenwichtsorgaan wordt verstoord.

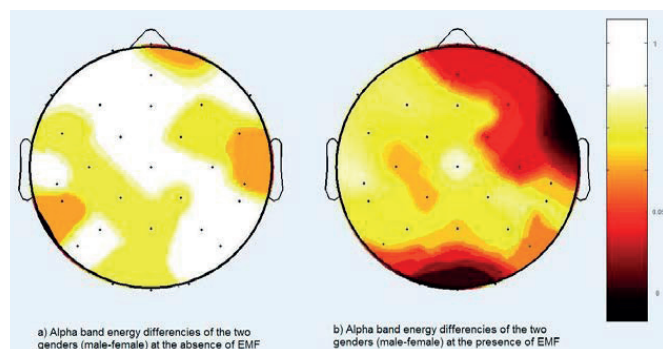
In de psychiatrie wordt wel gebruik gemaakt van de *transcraniale direct current stimulation techniek (tDCS)*. Daarbij wordt een door een elektrische spoel gemaakt magneetveld het brein ingestuurd. Afhankelijk van de plaats van inwerking kunnen verschillende spiergroepen geactiveerd worden. Maar de belangrijkste werking is op complexere

11. Hersenfuncties

gedrag patronen, zoals de vermindering van depressies en andere psychiatrische stoornissen. Deze technieken lijken geen schade aan de hersenen aan te richten.

Anders ligt dat met een langdurige blootstelling van hersenen aan bijvoorbeeld hoogfrequente signalen van een mobieltje. Effecten op hersenstructuren en daardoor op complexere gedrag patronen zijn er zeker wel. Zo heeft Grieks onderzoek van Maganioti (2010) aangetoond dat HF bestraling een verandering te zien geeft in de EEG van proefpersonen, zonder dat die zich daar zelf van bewust zijn.

Dat velden het kinderbrein beïnvloeden en daarmee het gedrag staat wel vast. Het gevaar van EMV begint al tijdens de zwangerschap. Divan heeft gevonden dat zwangere vrouwen die veel mobiel bellen een grote kans hebben op het krijgen van een kind dat gedurende de eerste jaren een ADHD persoonlijkheid ontwikkelt en op 7-jarige leeftijd in de klas onhoudbaar lastig wordt. Hoe dat precies werkt is nog onduidelijk.



Figuur 11-3. Twee hoofden van bovenaf te zien: neus naar voren. Kleuren geven aan de verschillen in hersenactiviteit (alfagolven) bij bestraling met WiFi signalen. Hoe donkerder, hoe actiever. Bij de jongen (rechts) wordt een groter effect gezien dan bij het meisje. De verklaring is onduidelijk; de conclusie is dat het brein heel goed in staat is de WiFi velden te detecteren en daarop te reageren.

EEG's zijn afgeleid van de elektrische activiteit van vele duizenden oppervlakkig gesitueerde zenuwcellen. Of een verandering daarom een verbetering of verslechtering van het denkvermogen of het welbehagen voorstelt is niet te zeggen. Alleen het feit dat het gebeurt is belangrijk; het duidt er op dat de hersenen toch een vorm van receptieve functie hebben voor hoogfrequente velden en daarop reageren. Die visie is niet onomstreden omdat sommigen er van uitgaan dat velden (ver) beneden de normwaarden van de ICNIRP geen effect kunnen hebben, gezien de geringe energie-inhoud. Het tegendeel is dus waar.

11.6. Effect van WiFi velden op de hersenen

Los daarvan is aangetoond dat het *elektro-encefalogram* (EEG) van een persoon die met EMV wordt bestraald een momentane verandering ondergaat. Wat voor effect dat heeft op gedrag is niet nagegaan; Hinrikus uit Letland veronderstelt dat de betekenis van deze observatie is dat het brein de energie van de velden in elk geval opneemt en daarop reageert met veranderende vuuractiviteit van neuronale centra.

Die gevoeligheid van het brein voor EMV is fraai gedemonstreerd door de Griekse groep van Maganioti (2010). Deze onderzoekers leidden EEG's af van proefpersonen die al of niet werden bestraald met WiFi velden. In de frequenties van de alfa- en beta-band is er een P300 frequentie aan te wijzen. De intensiteit daarvan zou indicatief zijn voor de denkkraft en het concentratievermogen van de persoon. Gebruik makend van vele elektroden op het hoofd kon men een soort 'kaart' maken van gebieden op de

11. Hersenfuncties

scalp waar de P300 signalen prominent aanwezig waren. Het bleek nu dat bestraling bij jongens een versterking van die EEG signalen in die band gaf, terwijl meisjes juist een verzwakking te zien gaven (zie figuur 11-3). Door de verschillen in meetwaarden van beide seksen van elkaar af te trekken kreeg men een 'verschilkaart' waarop de EEG verschillen duidelijk naar voren kwamen. Dit duidt er op dat WiFi velden door jongens anders worden ervaren dan door meisjes. Alleen, welke gedragscomponent met deze verschillen samen hangt blijft nader te onderzoeken. Zoals Marino en Carrubba (2009) stellen, na grondige analyse van andere publicaties op dit gebied, bestaat er verwarring over de betekenis van geïnduceerde veranderingen in EEG signalen.

11.7. EEG verandering als EHS symptoom

Niet in alle proefpersonen leidt een EMV blootstelling tot een verandering in EEG. Dat komt doordat de gevoeligheid voor hoogfrequente velden van persoon tot persoon verschilt. Sommigen reageren met een sterk verhoogde 'spindle' activiteit tijdens de non-REM slaapfase, anderen niet. Volgens Loughran (2011) is dat geen teken van experimentele variabiliteit, zoals wel werd gesuggereerd, maar van persoonlijk reactievermogen. Want de personen die wel reageerden bij de eerste proeven bleken opnieuw te reageren bij de tweede en latere herhalingsexperimenten. Hier wordt een systematisch verschil getoond! Mensen reageerden wel of niet en dat op een voorspelbare manier. De onderzoekers veronderstellen dat dit vermogen om op een extern EMV te reageren een afgeleide is van het begrip elektrogevoeligheid. Wij vermoeden dat veranderde werking van de zenuwcellen, zonder dat men zich daar direct van bewust is, misschien de oorzaak is van elektrostress. Een brein dat op de velden van mobieltjes reageert is wellicht elektrohypersensitief, of voorbestemd dat te worden.

De vraagstelling waar in de hersenen en hoe de veldinformatie wordt 'ontvangen' lijkt nu een handvat te krijgen. Wanneer dit soort proeven voortaan met mensen wordt uitgevoerd die voorspelbaar en betrouwbaar reageren, liggen verdere verfijningen in proefopzet in het verschiet. Deze vondst heeft ook verstrekkende implicaties ten aanzien van eerdere experimenten waarin geen duidelijk effect op EEG werd gevonden. Men zou achteraf moeten nagaan of er onder de geteste populatie soms proefpersonen zijn geweest die in die proeven krachtig reageerden. Indien men reacties gewoon rekenkundig middelt valt de reactie van een enkeling gemakkelijk weg tegen de ruis van de variaties die er altijd wel zijn. Zo wordt het EHS probleem een beetje 'onder het tapijt geveegd'.

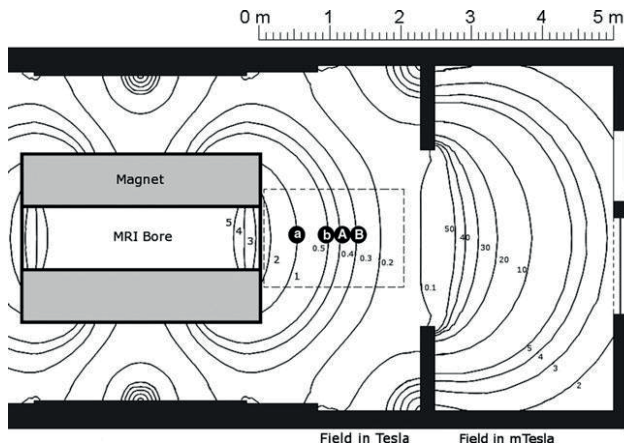
11.8. Hinder van MRI scanners

Drie soorten velden heersen er rond MRI scanners: statische, laagfrequente (magnetische en elektrische) en hoogfrequente velden. De gelijkstroomvelden zijn sterker naarmate het apparaat een hoger beeldoplossend vermogen hebben. De momenteel beste apparaten hebben een gelijkstroomveld van 7 Tesla, maar nog sterkere apparaten van 11.7 T en hoger zijn in ontwikkeling. Dat betekent dat de veldsterkten waaraan een mens volgens de ICNIRP normen mag worden blootgesteld worden overschreden. In het lichaam ontstaan kringstromen. Het is een wens vanuit de kring van radiologen om de normen wat op te mogen rekken.

De meeste mensen die voor onderzoek als patiënt in het apparaat zijn geweest hebben daar in de regel geen hinder van, maar sommige elektrogevoeligen wel: spoedig na het onderzoek en soms nog een of twee dagen daarna. Ze rapporteren de typische SOLK

11. Hersenfuncties

klachten ('Somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten'). Anders is het met het bedienend personeel, onderhoudsdiensten en chirurgen die in die velden hun werk moeten doen. Die mensen verkeren met grote regelmaat in velden op de grens van toelaatbare veld dichtheden. Wanneer ze te snel door de velden heen lopen is er een kans dat ze omvallen; het evenwichtsgevoel is ontregeld door inwerking van het stabiele veld op het vestibulaire systeem in het oor. Dat is het evenwichtsorgaan.



Figuur 11-4 De ruimte van een MRI scanner. Weergegeven zijn twee compartimenten. De MRI in het linker gedeelte is gekenmerkt door 2 grote permanente magneten. De magnetische krachtlijnen die daar uit komen zijn weergegeven met gebogen lijnen. Wie haaks door de krachtlijnen loopt heeft nergens last van; maar wie een rechte koers loopt in de richting van de gebogen lijnen krijgt te maken met draaiende magneetvelden door het hoofd wordt duizelig.

Bron: De Vocht, proefschrift UvU, 2006.

Uit onderzoek van de Vocht en medewerkers (2006) was uit cardiogramen al gebleken dat de hartslag sterker werd in een MRI veld van 8 T. De effecten waren tijdelijk en personen ondervonden na maanden geen nadelige effecten van de scanprocedure. Intussen was een Utrechtse groep toch bezorgd over het functioneren van artsen en bedienend personeel die vaak en langdurig moesten werken in de onmiddellijke omgeving van de scanner. Onder leiding van professor Hans Kromhout wordt daarom onderzoek gedaan naar de cognitieve prestaties van die mensen en de coördinatie van evenwichtsprocessen. Zoals figuur 11-4 laat zien lopen de magnetische krachtlijnen binnen een MRI tussen de magneten evenwijdig, maar daaromheen zijn ze sterk gebogen. Wie in een rechte lijn langs een MRI loopt, krijgt te maken met draaiende magneetvelden door het hoofd, wat evenwichtsproblemen geeft.

Om eventuele storingen op cognitieve vermogens vast te stellen werden jonge proefpersonen in statische velden met opklimmende veld dichtheid gebracht en werden ze nadien getest. In de meest extreme velden werd door van Nierop (2012) een duidelijke achteruitgang vastgesteld op de punten attentie/concentratie/visuospatieële oriëntatie (richtingbepaling) en lange-termijn geheugen. Tijdens evenwichtsproeven met recht op staan bleek men weinig controle te hebben over de lichaamshouding. Proefpersonen zwaaiden op hun benen alsof ze vijf borrels hadden genomen!

In de normale huishoudens komen dergelijke velden niet voor. Maar de klachten die elektrogevoelige mensen soms uiten zijn heel vergelijkbaar. Dat is bijvoorbeeld bij het passeren van trein of tram, waar ook sprake is van draaiende grondvelden, of in auto's waar de magnetische ELF velden van de vier banden een interferentiepatroon geven waarbij ook van een draaiende richtingscomponent sprake is. In de Utrechtse proeven werden mensen uitgesloten die last hadden van hoogtevrees en duizelingen, maar

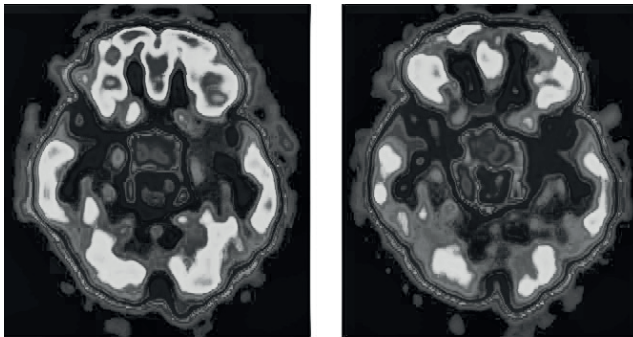
11. Hersenfuncties

eigenlijk zouden die misschien juist de perfecte proefpersonen zijn geweest, omdat die last hadden van precies de verschijnselen die hier getest werden. De velden thuis en op straat zijn uiteraard veel zwakker, maar de blootstellingsduur is veel langer dan bij zo'n MRI scanner. Misschien een idee bij provocatieproeven meer op deze details te letten?

11.9. Tekenen van verhoogde hersenactiviteit

Verhoogd metabolisme van hersenneuronen

In vervolg op de experimenten met elektrische velden onderzocht Marino met collega's (2011) de plaats en werking van magneetvelden en het traject van de prikkels in de hersenen van de mens. Hij vond in de kleine hersenen een gebiedje dat bij elektrogevoelige personen groter was dan bij niet-gevoelige personen. Met behulp van de techniek 'positron emission tomography' (PET scan) kon hij vaststellen dat dit gedeelte van de hersenen elektrisch reageerde op externe prikkeling met magnetische wisselvelden. Misschien leert dat ons op termijn te begrijpen hoe en waar EMV prikkels in de hersenen worden verwerkt.



Figuur 11-5. PET scan van hersengebieden die bij bestraling met hoogfrequente velden van een mobieltje meer glucose opnemen (*links*) dan controlehersenen (*rechts*). De verklaring is dat de gemarkeerde delen meer arbeid verrichten en daarvoor meer suiker moeten omzetten.

Bron: Volkow 2011.

Suikerverbranding in hersenen bij EMV prikkeling

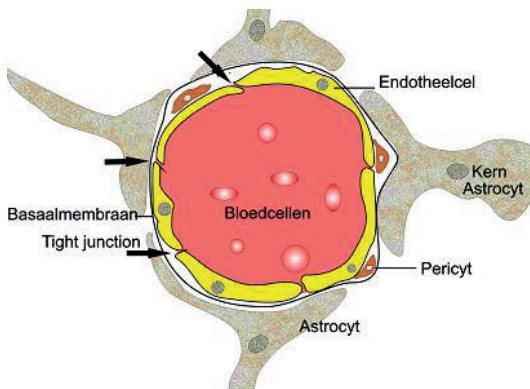
Als maat voor de metabolische activiteit van hersenen kan men nagaan hoeveel suiker (glucose) door de hersenen wordt omgezet. Hersencellen gebruiken meer suiker naarmate ze harder moeten nadenken. Men kijkt dan naar de hoeveelheid van het radioactief gemerkte omgezette product. Ook hier weer kon met de PET scan techniek precies worden nagegaan waar de omzetting plaats vindt. Volkow en medewerkers (2011) konden aantonen dat deze suikerverbranding sterker wordt wanneer de persoon met de velden van een mobieltje bestraald wordt. In figuur 11-5 zijn de hersengebieden aangegeven waar het proces verloopt; de omvang van die gebieden wordt bij bestraling sterk vergroot. Waar de ontvangst van de EMV plaats vindt is niet geheel duidelijk, maar dat het ergens in de hersenen gebeurt staat buiten kijf.

In elk geval is aan deze reactie te zien dat het gebruik van een mobieltje heel snel een effect heeft op de fysiologie van de hersenen. Natuurlijk is niet uit te sluiten dat een psychische opwinding door alleen al het bellen een toestand van stress in de hersenen creëert en waarschijnlijk neemt de denkactiviteit tijdens bellen belangrijk toe. De vraag is of blootstelling aan EMV de enige verklaring is voor dit hoge verbruik van suiker.

11. Hersenfuncties

11.10. De bloed-breinbarrière

Normaal gesproken worden vele stoffen die in de bloedbaan door het lichaam circuleren door de omgevende weefsels opgenomen. Al rond 1900 zijn er injectieproeven gedaan met merkstoffen om de verspreiding van die merkers door het weefsel van het brein na te gaan. Opmerkelijk was dat er geen uitwisseling met de hersenen was, terwijl de hersenen toch heel goed doorbloed zijn. Men heeft de oorzaak ook gevonden. Die bleek te liggen in de bijzondere binnenbekleding van de bloedvaten in de hersenen. Ze waren daar bekleed met afgeplatte endotheelcellen die zo nauw aan elkaar sloten dat er geen stoffen zomaar tussendoor konden. Alleen opgeloste stoffen die nodig zijn voor een goede hersenwerking werden doorgelaten. De endotheellaag functioneert feitelijk als een *bloed-breinbarrière* (BBB).



Figuur 11-6. Schema van een bloedcapillair in de hersenen die deel uitmaakt van de bloed-breinbarrière. Het capillair met bloed, bloedcellen en opgeloste stoffen wordt omhuld door een gesloten laag endotheelcellen die vastzitten op een basaalmembraan. Daaromheen de voetjes van astrocyten. Belangrijk zijn de 'tight junctions' tussen de endotheel raakvlakken die de weg voor stoffen naar buiten blokkeren. Het lipidekarakter van de endotheel celwanden maakt ze ondoordringbaar voor water en geeft ze een selectieve resorptiefunctie. Bij EMV schade laten de endotheelcellen bij de tight junctions van elkaar los (zie pijlen) en diffunderen er allerlei ongewenste stoffen uit de bloedbaan ongehinderd de ruimte tussen de hersenweefsels in.

De BBB is een heel kwetsbare voorziening (figuur 11-6). Gegeven het feit dat zoveel mensen ziek worden bij blootstelling aan EMV, werd er gekeken of de schadelijke velden hun effect bereikten door verstoring van de werking van de BBB. En inderdaad, bij blootstelling aan EMV wordt de BBB 'lek' en verschijnen er ongewenste stoffen in het besloten hersencompartiment. De Zweedse arts Salford (2010) toonde beelden van microscopische preparaten die sterk suggereren dat er gemerkte substanties door de hele hersenen voorkwamen. De interpretatie was dat ratten na blootstelling aan hoogfrequente EMV uit een mobieltje een lekkende BBB opliepen. Dergelijke tests werden gedaan met gemerkte stoffen als eiwitten (albumine), enzymen (horseradish peroxidase) en andere merkstoffen die niet normaal buiten de bloedbaan voorkomen.

Andere onderzoekers hebben in knaagdieren aangetoond dat er meer factoren zijn die een lekkage van de BBB kunnen veroorzaken. Dit effect blijkt erg afhankelijk te zijn van allerlei proefomstandigheden, zoals de gebruikte EMV frequentie, veldsterkte, laagfrequente amplitude- of frequentiemodulatie, pulsing van velden enzovoort. In een meta-analyse heeft Rianne Stam (2010) laten zien dat ook diverse onspecifieke factoren als temperatuurverhoging een verhoogde doorlaatbaarheid als gevolg hadden. Een grote bron van variatie was verder de gebruikte techniek om de mate van lekkage vast te stellen; fouten in interpretaties van lekkage liggen op de loer.

Een complicerende factor is dat ook bepaalde bloedcellen en micro-organismen de BBB kunnen passeren, evenals ontsteking bevorderende stoffen als cytokinen. Maar erger is nog dat biologische factoren als pijn, ontstekingen en stress de BBB beïnvloeden en dat

11. Hersenfuncties

die effecten veel sterker zijn dan die welke door EMV worden veroorzaakt.

Al met al moeten we voorzichtig zijn met de vaak geuite opvatting dat een van de duidelijkste effecten van EMV is, dat de BBB wordt lek gemaakt. Het lijkt meer voor de hand te liggen dat EMV primair op enig deel van de hersenen inwerken en dat de BBB het - als gevolg van de ontstane stressreactie - in tweede instantie laat afweten en stoffen uit het bloed doorlaat die een gezonde neuronwerking belemmert. Gezien de langzame filtratie- en zuiveringsfunctie van de subarachnoïde ruimten kan het uren tot dagen duren alvorens de storende factoren uit die cerebrospinale vloeistof zijn verwijderd. Zo lang duurt dan ook het 'griepgevoel' dat velen ondergaan na blootstelling aan een sterk irriterend veld.

Zo is ook de techniek van *transcraniale magnetische stimulatie* (TMS) effectief om de BBB doorlaatbaar te maken. Hierbij wordt een sterk radiofrequent veld gedurende heel korte pulsen aan het hoofd toegediend. Het enige dat we zien is dat de persoon daarop met bijvoorbeeld de beweging van een vinger reageert en verder voelt hij daar niets van. Maar in het brein gebeurt het een en ander: pijnsensaties worden door TMS onderdrukt, depressies worden minder, het geheugen wordt verbeterd enzovoort. Maar ook blijkt de BBB zich te openen, zoals de Kuo en Kuo 2008 aantoonde aan de hand van het doorsijpelen van nanobolletjes.

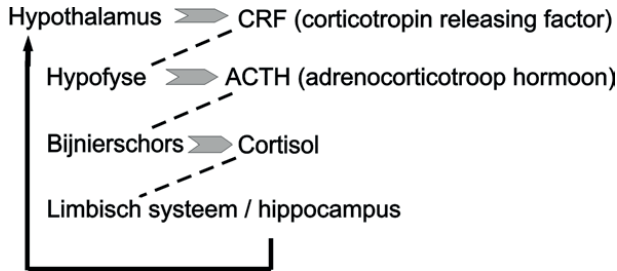
Hoewel we nog niet precies weten welke cellulaire processen er toe leiden dat de endotheelcellen zijn ontregeld, feit is dat er wat gebeurt. En wanneer we proberen te verklaren hoe EMV in het algemeen de gezondheidsklachten kunnen veroorzaken, is dit tenminste een mogelijke ingang tot nader experimenteren.

Een feit is dat bovengenoemde effecten op de functie van de BBB uitsluitend zijn gebaseerd op experimenten met dieren. Om begrijpelijke reden is nooit met mensen gewerkt, dus of de BBB ook in mensen een rol kan spelen bij het ziekteproces is onduidelijk. Verder zijn de doorlaatbaarheidsexperimenten bijna uitsluitend uitgevoerd met hoogfrequente velden. Dat is jammer, omdat velen klagen over EHS effecten bij blootstelling aan juist laagfrequente en extreem laagfrequente (ELF) velden van heel lage veld dichtheden.

11.11. Regulatie van stress: de HPA-as

Het systeem dat een conditionerende rol speelt bij stresshantering is de *HPA-as*. In het Nederlands is dat achtereenvolgens: een hersengedeelte dat veel hormonen produceert; een hersenaanhangsel dat hormonen produceert en afgeeft aan het bloed; de bijnierschors waarin een reeks van stresshormonen wordt geproduceerd en afgegeven aan het bloed. Deze drie centra werken nauw samen. In de hypothalamus wordt onder andere het CRF (*corticotropin-releasing factor*) gemaakt dat via uitlopers van de zenuwcellen naar de hypofyse wordt vervoerd. Dit CRF zorgt ervoor dat in de voorkwab van de hypofyse zowel de aanmaak van het hormoon ACTH (*adrenocorticotrop hormoon*) wordt gestimuleerd als ook de afgifte ervan aan het bloed. Het ACTH gaat via de bloedbaan naar de bijnierschors waar de vorming van het steroïde stresshormoon cortisol wordt gestimuleerd, zoals de naam al aangeeft. Het cortisol gaat terug naar de hersenen, in het bijzonder naar de hippocampus waar het stresscentrum is gevestigd. Het brengt daar een proces op gang dat leidt tot de vorming van het eerder genoemde CRF peptide en zo is de cyclus weer rond. Het volgende schema van figuur 11-7 brengt de reeks van gebeurtenissen in kaart.

11. Hersenfuncties



Figuur 11-7. De HPA-as (hypothalamus - pituitary - adrenal cortex axis). Activering van de hypothalamus leidt tot een cascade van hormoonproducties die betrokken zijn bij de stressreacties. Het is een zelf-stimulerend systeem, want het uiteindelijke CRF hormoon leidt op zijn beurt weer tot verdere activatie van de hypothalamus.

Onderzoekers van de stressthematiek richten zich gemakshalve op de concentratieveranderingen van hormonen en andere signaalstoffen in het bloed. Bij EMV blootstelling wordt er meestal geen duidelijke verandering in de bloedwaarden gevonden. Daar begint de onzekerheid, want een concentratie zegt op zich weinig over het fysiologische effect. De werking van een stof in een gesloten ruimte (de bloedbaan) hangt o.a. af van de snelheid van de synthese en aanvoer enerzijds en verbruik dan wel afbraak en uitscheiding van die stof anderzijds. In feite zou de hele dynamiek van hormoonproductie, -vervoer en -utilisatie moeten worden bekeken om de betrokkenheid bij een stressreactie vast te stellen.

Eskander vond dat de hoeveelheid van het hormoon prolactine in het bloed drastisch omhoog gaat bij vrouwen van 25-60 jaar oud, die dicht in de buurt van zendmasten wonen. Hoe dit samenhangt met vrouwelijke functies als melkproductie en melkgift is helaas niet verder nagegaan. Ons zijn gevallen bekend waarbij blootstelling aan sterke EMV juist remmend werkt op de melkgift van zogende moeders. Dus wat de rol van prolactine precies is, blijft nader te preciseren. Ook andere hormonen spelen een rol bij stresshantering, zoals adrenaline, noradrenaline, melatonine, cytokinen, testosteron en componenten van het immuunsysteem, maar de relaties met het EHS syndroom zijn niet duidelijk.

11.12. Het neuro-endocriene systeem

We zien hieronder dat allerlei neuroactieve stoffen, waaronder hormonen en neurotransmitters, een rol spelen bij de regulatie van heel basale hersenfuncties binnen of rondom de hypothalamus. Bij door EMV geïnduceerde verstoring daarvan voelt men zich lamlendig, maar er zijn tot nu toe geen objectieve wetenschappelijke tests beschikbaar om die malaisetoestand objectief vast te stellen of te meten. We lichten aan de hand van enkele voorbeelden toe hoe de interacties van de verschillende regelsystemen in zijn werk gaan.

Werking van EMV

Belangrijk is te weten dat biologische effecten veroorzaakt worden door veldsterkten die meerdere orden van grootte liggen onder die waarbij verwarming van het weefsel optreedt: de zogenaamde *non-thermische* effecten. In principe zouden elektrische of magnetische velden binnen de cel allerlei verstoringen kunnen aanrichten, ware het niet dat de celmembraan een krachtige bescherming tegen verstoringen biedt. Dat komt niet direct door de lipoproteïne substantie waarvan het membraan gemaakt is, maar door de elektrische afscherming. Het binnenste van de cel heeft een elektrische potentiaal van

11. Hersenfuncties

min 60-70 mV ten opzichte van de buitenkant, maar de membraan is maar 10 nanometer dun. Uitgedrukt in gangbare eenheden betekent dit een potentiaalsprong van 100.000 V/m. Die barrière is niet zo maar door een extern elektrisch veld te overbruggen.

Ontregelingen van de celfysiologie

Meer voor de hand ligt beïnvloeding van metaalionen die aan de buitenkant van de cel zitten en deel uitmaken van eiwitbevattende ion-kanalen of ionenpompen. Elektrische spanningen kunnen die Ca^{++} ionen op het oppervlak los maken, waardoor de membranen 'lek' worden en Ca^{++} ionen vrijelijk naar binnen kunnen stromen en andere ionen juist naar buiten. De homeostase is daarbij verstoord en de cel onderneemt actie om de schade te beperken. Daarbij kan het DNA beïnvloed worden: de dubbelstrengen despiraliseren onder invloed van elektronenstromen, waardoor enkelvoudige strengen 'naakt' komen te liggen. De genen die nu bereikbaar zijn kunnen worden afgelezen door *ribonucleïnezuur* (RNA). Eiwitsyntheses komen nu op gang, bijvoorbeeld het 'heat shock proteïn' (HSP) dat de cel weerbaar moet maken tegen verwarming en celbeschadiging. Als uiterste consequentie wordt de verstoring zo groot dat de cel te gronde gaat (apoptose).

Calcium speelt ook een belangrijke rol bij de vorming van membraanmateriaal zoals dat nodig is als omhulsel van de blaasjes met transmittersubstanties. Binnen de cel worden signaalstoffen aangemaakt die in vesikels verpakt worden voordat ze worden uitgescheiden. Dat kunnen neurotransmitterstoffen zijn of andere celproducten. Tijdens het uitscheidingsproces fuseert de vesikelmembraan met de celmembraan en gaan de blaasjes open, waarbij de inhoud buiten de cel vrijkomt, met name in de synaptische spleet. Bij dat extrusieproces speelt calcium een rol. Wanneer de celmembraan door EMV dus 'lek' gemaakt wordt en calcium vrij naar binnen stroomt kan dat een normale functie van die cel belemmeren. De overprikkeling kan worden afgezwakt door gebruik te maken van inhiberende neurotransmitters die zenuwcellen in hun activiteit remmen. In het lichaam komen deze voor (o.a. het gamma-aminoboterzuur -GABA). De medische therapie bestaat uit het innemen van anti-angst pillen (librium, valium en andere van benzodiazepinen afgeleide stoffen en neurontin). Deze hebben een vergelijkbaar dempend effect.

In tegenstelling tot laagfrequente velden kunnen hoogfrequente velden direct het binnenste van de cel bereiken. De celmembraan is namelijk in hoge mate permeabel voor hoogfrequente wisselvelden zoals die gebruikt worden bij de mobiele telefonie. We kunnen de celmembraan opvatten als een halfgeleider die in dit verband een demoderende functie heeft en hoogfrequente wisselstromen na gelijkrichting omzet in snel pulserende gelijkstromen. Doordat die velden laagfrequent gepulst zijn ontstaan er zo laagfrequente gelijkstroompulsen. We hebben weinig fantasie nodig om ons voor te stellen wat de fysiologische effecten daar van kunnen zijn. Enkele voorbeelden: beïnvloeding van de DNA structuur en verandering van genexpressie, transport van geladen moleculen, heroriëntatie van polaire moleculen, mismatch tussen eiwit en bindingsplaats enzovoort. Ook de polariteit van een cel kan worden beïnvloed, magnetiet bevattende cellen ondergaan excessieve verdraaiing, wat een effect op de oriëntatie en op de evenwichtsorganen kan hebben.

11. Hersenfuncties

11.13. Het endocriene systeem

Op allerlei manieren is het endocriene systeem betrokken bij de fysiologische en emotionele reacties op EMV en uitingen van EHS. Er zijn heel veel hormonen bekend die geproduceerd worden binnen en buiten de hersenen en ook hun werking uitoefenen op uiteenlopende plaatsen. In tegenstelling tot snelwerkende neurotransmitters die een rol spelen bij de doorgifte van zenuwimpulsen werken de hormonen vaker op langere termijn, vooral wanneer ze via de bloedbaan naar de doelorganen worden getransporteerd. Maar ook los van die transportvertraging beïnvloeden ze cel- en weefselactiviteiten meer op langere termijn, van minuten tot dagen. De betrokkenheid van hormonen bij EHS uitingen is in enkele gevallen een beetje uitgewerkt.

Ontregelde hormoonfuncties

Er zijn anekdotische verhalen van elektrogevoelige mensen wier hormoonfuncties werden ontregeld door blootstelling aan EMV. Men moet veel vaker plassen, vrouwen hebben problemen met het zogen van de jonge baby wegens te geringe melkproductie, verlaagde seksuele activiteit enzovoort. De hormonen vasopressine en oxytocine worden gevormd in zenuwcellen gelegen in de hypothalamus. Door uitlopers van de zenuwcellen worden ze vervoerd naar de achterkwab van de hypofyse, waar ze worden opgeslagen en wanneer nodig afgegeven aan het bloed. Naast centra voor de vorming van deze hormonen liggen er in de hypothalamus ook centra voor de aanmaak van bijv. het CRF dat weer van belang is voor de synthese van ACTH, alsmede centra voor de regulatie van o.a. slaap en de temperatuur van ons lichaam.

Diabetes type-2 door 'vuile stroom'

Het viel Milham en Morgan (2008) op dat leraren in bepaalde Canadese scholen vaker ziek waren en meer kankers ontwikkelden dan op andere scholen. De vraag was of EMV daar soms mee te maken hadden, te meer daar veel leraren de typische symptomen hadden die we herkennen als EHS symptomen. De klachten namen ook toe naarmate men langer aan die school verbonden was. Bij onderzoek bleek dat de bloedsuikerconcentratie van de leraren relatief hoog was. Dat was niet een gevolg van gebrek aan insuline als fenomeen van de diabetes conditie. Het kwam doordat de doelorganen voor de opslag van glucose - de lever en spieren - niet in staat waren de suiker op te nemen: het verschijnsel staat bekend als diabetes type-2. Analyse van het elektriciteitssysteem op school bracht aan het licht dat er wel erg veel stoorsignalen voorkwamen op de 115V wisselspanning. De stroom was erg vervuild. Dat deze vuile stroom de veroorzaker was van diabetes type-2 bleek na overplaatsing van de leraren naar een 'schonere' school, of na opschoning van het vuile net door plaatsing van Stetzerfilters.

Het is misschien geen toeval dat er in Nederland een stijging optreedt van het aantal patiënten met diabetes type-2. Momenteel zijn er 700.000 gevallen en jaarlijks komt er 10% bij. Vijf procent van de kinderen van 0-12 jaar heeft al diabetes type-2. Men wijt dat aan de slechte voedingsgewoonten en gebrek aan lichaamsbeweging. Maar dat vuile stroom in de huizen en huishoudens met veel elektrische apparatuur mede de oorzaak zou kunnen zijn wordt niet overwogen.

11. Hersenfuncties

Onbalans van het catecholamine stresssysteem

Daarnaast is er een aantal andere hormonen betrokken bij stresshantering. Zoals door Buchner en Eger (2011) werd aangetoond, bleek bij mensen in de buurt van zendmasten sprake te zijn van wisselende concentraties van het stresshormoon cortisol in het bloed. Dat was ook het geval voor neuroactieve stoffen uit de klasse van de catecholaminen: adrenaline, dopamine en phenylethylamine. Belangrijk voor het effect waren de gemeten veldbelasting en de verstreken tijd van blootstelling. Effecten bleken al in de groep met blootstelling van 0-60 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ op te treden. Bij 60 mensen bleken de gemiddelde concentraties van adrenaline en dopamine toe te nemen en die van phenylethylamine af te nemen. Na een half jaar namen de verhoogde waarden wat af, maar die van phenylethylamine bleef heel lang laag. We mogen hier misschien uit concluderen dat deze groep mensen een meetbare stressvolle periode kenden die geleidelijk aan wat wegebde, wat te zien was aan signaalstoffen in het bloed.

11.14. Het immuunsysteem

Stresshormonen door bloedcellen

Bloedcellen reageren op hoogfrequente velden wanneer ze in weefselweek worden bestraald. Een dosis specific absorption rate (SAR) van 0,18 W/kg gedurende een kwartier brengt leukocyten en monocyten er toe meer cytokinen te produceren. Vooral sommige interleukinen, tumor necrosefactor en gamma interferon worden verhoogd, terwijl interleukine-10 wordt verlaagd. In de wetenschappelijke literatuur heerst enige onzekerheid over de betekenis van dit soort waarnemingen omdat de resultaten van verschillende laboratoria heel verschillend uitpakken. De factoren die van invloed blijken, zijn onder meer: EMV frequentie, blootstellingsduur en -intensiteit. Maar vooral ook de toestand van de bloedcellen. Zo blijkt de reactie van de bloedcellen van een persoon met hepatitis anders te verlopen dan die van gezonde personen. De immuun geschiedenis van het systeem is dus bepalend voor de aard van de reactie en de richting (positief of negatief). Het zou heel goed kunnen dat ook de EHS ervaring van personen wisselt al naar gelang de gezondheidstoestand en de status van het immuunsysteem op het moment van een EMV blootstelling.

Effecten op de huid

De Zweedse dermatoloog Olle Johansson (2009) heeft jarenlang baanbrekend onderzoek gedaan naar de effecten van straling op het immuunsysteem. In het bijzonder naar de effecten op huidcellen. Hij nam microscopisch waar dat de zogenaamde 'mestcellen' heel veel histamine maken en afscheiden bij bestraling van de huid. Histamine geeft de karakteristieke roodkleuring, jeuk en ontstekingen. Dat probleem begon in de jaren '80 van de vorige eeuw bij de werkers aan beeldschermen, die behalve EMV ook een zekere hoeveelheid gammastraling en ultraviolet licht veroorzaakten. Ook alleen blootstelling aan EMV gaf die effecten. Kantoorwerkers kregen op den duur het verwerde uiterlijk van vissers die 40-50 jaar in de open lucht gewerkt hadden. Dat is hinderlijk, maar met dermatologische hulp is er wat aan te doen.

Op basis van de histologie van de huid en onderliggende regelmechanismen, was Johansson in staat mensen met een elektroallergie te scheiden van mensen zonder die handicap. Onder het microscoop kon hij waarnemen dat specifiek aangekleurde

11. Hersenfuncties

structuren in de gevoelige groepen er heel anders uitzagen dan in de controlegroepen. Bij de gevoelige personen werden meer eiwitachtige stoffen in huidweefsel uitgescheiden, hoewel er een grote mate van individuele variatie bestond. Rond de mestcellen die histamine uitscheiden komt een hele reeks van eiwitachtige 'neuropeptiden' voor, waarvan de functie niet is opgehelderd. Het blijft een uitdaging om de functie van die stoffen nog eens op te helderen en met name omdat het niet ondenkbaar is dat dit nerveuze en hormonale netwerkje een belangrijke rol kan spelen bij de fysiologische 'vertaling' van elektromagnetische prikkeling. Per slot van rekening is de huid in zijn totaal een van de grootste organen van het lichaam, met een oppervlakte van bijna 2 m². De rol van de huid bij elektroperceptie is nooit onderzocht.

Overigens komen de histamineproducerende mestcellen ook op andere plekken in het lichaam voor, onder andere in het hart. Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat problemen als hartfibrillatie verband houden met deze uiting van het immuunsysteem.

11.15. Verklarend model van de EMV-EHS variabiliteit

Uit de getuigenissen van honderden elektrogevoelige personen hebben we een redelijk inzicht gekregen in de variabiliteit van menselijke reacties op EMV. Dat wil zeggen, van de variaties in bronnen van EMV die als aanstichter worden aangewezen en van de manieren waarop de gezondheidsklachten zich in mensen openbaren. Daar lijkt weinig systeem in te zitten. De kritische buitenwereld misbruikt dit gegeven van variabiliteit om zijn ongelof in het bestaan van EHS te uiten. Het is daarom hoog tijd eens wat orde in de schijnbare chaos te brengen. Niemand heeft tot nu toe de taak op zich genomen in de gevarieerde verhalen een patroon te zoeken en dat patroon te publiceren. Wij doen dat daarom op deze plaats, wetend dat diverse gegevens zijn gebaseerd op aannames en op enkele algemene principes uit de biologie en de neurologie. Want we gaan er van uit dat de belangrijkste integratieprocessen zich in de hersenen afspelen. Neurologen kunnen ons misschien helpen enkele ideeën verder handen en voeten te geven opdat we weten hoe solide sommige speculaties zijn.

Variatie speelt zich zowel af bij het proces van prikkelontvangst als bij de manier waarop gezondheidsklachten ontstaan. De meeste mensen hebben nergens last van en functioneren prima in omgevingen die voor elektrogevoelige personen als een 'hel' worden omschreven. De vraag is of dat verschil te wijten is aan de aan- of afwezigheid van lichamelijke kenmerken die EMV kunnen opmerken. Is er iets als een 'marker', aan de hand waarvan men kan zien of de persoon al of niet ontvankelijk zal zijn voor storende EMV invloeden? We denken van niet. Uit vele wetenschappelijke onderzoeken blijkt dat allerlei cellen in het lichaam door externe EMV toediening kunnen worden verstoord, tenminste bij proeven in vitro (in weefselkweek, buiten het lichaam).

Of die verstoring ook binnen het lichaam zal plaatsvinden, weten we niet. Maar duidelijk is ook dat EMV met verschillende sterkten, frequenties of prikkelintervallen effecten kunnen oproepen. Dat is ook wat mensen melden en daarin zit verschil: de een meldt hinder van hoogfrequente velden, de ander van laagfrequente of extreem laagfrequente velden, of voor alle veldtypen. Daarmee is het mechanisme van EMV perceptie natuurlijk niet verklaard, maar het is denkbaar dat bepaalde fysiologische verschijnselen of regelkringen op een persoonsafhankelijke manier worden beïnvloed.

Dat voor zover het de 'input' van informatie betreft. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat het hersengebied van het limbische systeem daarvoor verantwoordelijk is, omdat

11. Hersenfuncties

hier veel informatie uit binnen- en buitenwereld wordt verzameld en van waaruit regelmechanismen in het lichaam worden aangestuurd.

Aan de outputzijde van het limbische systeem worden orgaansystemen als hypothalamus en het autonome zenuwstelsel aangestuurd. Zowel gedragspatronen als stimulering van endocriene systemen en het immuunsysteem worden van hier uit gedirigeerd via activiteiten van het autonome zenuwstelsel. Hierin zitten diverse stappen die heel goed persoonsafhankelijke reacties tot gevolg kunnen hebben. Zo wordt bij de ene persoon het hart gestimuleerd, bij de ander huidontstekingen of cytokinen die overal ontstekingen veroorzaken en het ziektegevoel opwekken. Het limbische systeem bewaakt ook de natuurlijke evenwichten in het lichaam ('homeostase'), maar onder invloed van EMV lijken de grenzen van tolerantie soms bereikt en worden mensen beroerd.

11.16. Darmflora bron van individuele EHS variatie?

Er rijzen nieuwe inzichten ten aanzien van de persoonlijke variatie in EMV gevoeligheid. Hoewel speculatief, komt dat waarschijnlijk door de samenwerking tussen darmflora en zenuwstelsel inclusief grote regelsystemen in het lichaam. Misschien is dat ook zo bij het al of niet krijgen van kanker, griep, of hinder van geuren, licht enzovoort. Specifieke neuroactieve stoffen uit de darm kunnen het organisme sterk beïnvloeden doordat het centrale of perifere zenuwstelsel, het immuunsysteem of hormonale systemen er door worden bestuurd. Dat is trouwens een tweerichtingsverkeer, omdat de activiteiten vanuit het zenuwstelsel ook weer de inhoud van de darmflora - ook wel aangeduid met 'microbiota' - beïnvloeden. Dat is het geval met periodieke stress of chronische stress; mensen van alle leeftijden kunnen daarmee te maken hebben.

Daarnaast zijn volgens Cryan (2012) leefstijl, voedingsgewoonten en voorgeschiedenis van invloed op darmflora, samenstelling en omzettingen door microbiota. Dat verschillen in elektrogevoeligheid ook aan darmfactoren zijn toe te schrijven lijkt niet onwaarschijnlijk; onderzoek is daar echter nog niet naar gedaan.

Specifieke bacteriestammen kunnen bijzondere stoffen produceren die een rol spelen bij de handhaving van de homeostase van lichaamsprocessen. Belangrijk zijn de neuroactieve stoffen (neurotransmitters en neuromodulators) als acetylcholine, GABA, serotonine, noradrenaline en andere die door de darmwand migreren en in de bloedbaan terecht komen. Voor zover ze niet in de lever worden omgezet bereiken ze het zenuwstelsel, worden daar opgenomen en beïnvloeden allerlei neuronale processen. Sommige daarvan leiden tot stressreacties en ziektegevoelens.

Omgekeerd leiden stresservaringen en psychische belasting tot interessante verschuivingen in bacteriesamenstelling in de darm. Daardoor wordt de productie van 'darmsignaalstoffen' beïnvloed. Uit muizenonderzoek en klinische experimenten met mensen blijkt dat in het bloed een aantal stressgerelateerde stoffen voorkomt, zoals interleukinen en cytokinen. Dat duidt op activering van het immuunsysteem. Vooral de verhoogde concentratie van cytokinen is relevant, omdat die stoffen een ontstekingsbevorderende werking hebben. In de hersenen breken ze door de bloed-breinbarrière heen en veroorzaken binnen de hersenen ontstekingen die het griepgevoel veroorzaken. Op termijn worden ook de emotionele centra aangesproken en ontstaan depressieve neigingen.

Waarom is de een wel en de ander niet gevoelig voor EMV? Zelfs bij eenenige tweelingen kan er verschil zijn. De oplossing ligt volgens Gonzalez (2011) in het feit dat elk individu

11. Hersenfuncties

zijn/haar eigen microbiota-samenstelling heeft. Die wordt door allerlei zaken beïnvloed en gemodificeerd, zoals de inname van bacteriën in de vagina van de moeder tijdens de geboorte. Daarnaast is het de bacteriepopulatie op de huid en die welke via het eten de darm binnenkomt en een competitie aangaat met de aanwezige bacteriestammen. Een aangezien iedere stam zijn eigen metabolische functie lijkt te hebben, bepaalt de samenstelling van de flora ook de aard van de neuroactieve stoffen die in de darm geproduceerd en aan het bloed afgegeven worden. Daarmee worden de regelfuncties van zenuwstelsel en organen beïnvloed. We kunnen ons dan voorstellen dat de precieze samenstelling van microbiota bepaalt of iemand 'gevoelig' kan worden voor elektrostress. De crux van deze onverwachte vondst zou daarmee liggen in de interactie darminhoud - zenuwstelsel. Voortgezet onderzoek naar de relatie van elektrogevoeligheid en darmbacterie-inhoud zou misschien de vraag kunnen beantwoorden waarom sommigen wel en anderen geen last hebben van EMV.