

Elektromagnetische velden en het endocriene systeem

Hormonen en neuronen werken op basis van elektromagnetische signalen. Elektrische apparaten kunnen dit regelsysteem verstoren.

C.W. Smith

Inleiding

Het endocriene systeem is het systeem van klieren dat onze lichaamsfuncties reguleert. Daarin spelen elektrische fenomenen een bepalende rol. Dit artikel beschrijft de samenhang tussen elektromagnetische effecten, de activatie van neurosecretie en de uitscheidingsfunctie van klieren. De eerste aanwijzingen voor de samenhang tussen elektromagnetisme en het endocriene systeem kwamen uit de overgevoeligheid van patiënten voor elektrische velden in hun omgeving. 50% van die bevindingen wijzen op betrokkenheid van het diencefalon, met een verstoorde respons van het geïntegreerde endocrien deel van het autonome zenuwstelsel. Hieronder komen de redenen aan bod waarom elektromagnetische velden dit gecombineerde neuro-chemische bio-informatie-communicatiesysteem beïnvloeden.

Electromagnetische effecten

Diencefalon

Het diencefalon verbindt het mesencefalon met de hersenhelften van het cerebrum. De zenuwbanen van het oog en de retina komen uit het diencefalon. Het diencefalon bevat de thalamus, hypothalamus en epithalamus. In de epithalamus ligt de pijnappelklier, die sterk betrokken is in elektromagnetische velden. Dit wordt verderop besproken. Het cerebellum vervult een feedback-stabilisatiefunctie in het lichaam, en heeft een ritme van 150-

300 Hz, 200 μ V, met daarnaast een geringere 1-2 kHz component.

Thalamus

De thalamus bestaat uit zenuwcellen naar en van de hersenschors; hierin vinden netwerkinformatie-terugkoppelingen plaats. De laag met Purkinjecellen in de hersenschors maakt het mogelijk om grote groepen cellen direct aan te sturen via een 'elektrische lawine'-fenomeen. Purkinjecellen reageren op de indolaminen van de pijnappelklier door micro-elektroforese [2]. Hun ritmische respons op het melatonine van de pijnappelklier vervalt door de aanwezigheid van magnetische velden [3]. De Thalamus heeft verbindingen met de N Trigemini. In dieronderzoek is daarbij gevoeligheid voor magnetische velden gevonden. [4,5]. Naast de thalamus ligt het reukcentrum, en er is een verbinding met het visuele systeem.

Er zijn afferente banen van de thalamus naar de hypothalamus, en efferente banen van de dorsale longitudinale fasciculus waardoor de thalamus en hypothalamus zijn verbonden.

Hypothalamus

De hypothalamus heeft relaties met de pijnappelklier en het endocriene systeem, de hersenschors en meerdere functies van het autonome zenuwstelsel. In ratten blokkeert elektrostimulatie van de hypothalamus de melatoninesynthese [6-8]. De

hypothalamus reguleert het vrijkomen van hormonen uit de pijnappelklier en het sympathisch en parasymphatisch zenuwstelsel.

Bij dieren geeft elektrische stimulatie van de voorzijde van de hypothalamus een toename in sympathische activiteit: pupilverwijding, haar gaat overeind staan. In andere gebieden van de hypothalamus geeft elektrische stimulatie veranderingen van bloeddruk en ademhaling (toe- en afname), sufheid en parasymphatische effecten zoals kwijlen, braken, ontlasting en plassen.

Ook temperatuurregulatie is hier te vinden, met zweten en doorbloeding van de huid.

Er is een tegenhangend centrum in de achterzijde van de hypothalamus waar de aanmaak van warmte en warmtebehoud gereguleerd wordt.

In de geit leidt stimulatie van de achterzijde van de hypothalamus tot excessief drinken; in dieren is hier het centrum voor honger en verzadiging.

Hippocampus

De hippocampus heeft een eigen elektrisch systeem, met neuronale verbindingen naar de hypothalamus, die weer een doorverbinding heeft naar de pijnappelklier met daardoor invloed op de afzwakking en versterking van het hormonale systeem. *In vitro* verlaagt melatonine – uit de pijnappelklier – neuronen van een hippocampus van een proefdier (guinees biggetje) [9].

De pijnappelklier

In 1980 verschenen de eerste publicaties over de invloed van kunstmatige zwakke magnetische velden, ter grootte van het aardmagnetisch veld, op de activiteit van de cellen van de pijnappelklier [10]. Ze zouden ook reageren op fluctuaties van geomagnetisme ten gevolge van zonnevlekkenactiviteit. Sindsdien was onderzoek vooral gericht op de pijnappelklier en melatonine.

De pijnappelklier [11] lijkt zeer gevoelig te zijn voor omgevingsinvloeden, met name licht en andere elektromagnetische velden, geluid, temperatuur en geur, maar ook steroïden en noradrenaline (epine-

frine). De aansturing is door sympathische bundels van het autonome zenuwstelsel. Het sympathisch-adrenaal systeem is gevoelig voor magnetische velden en het autonoom zenuwstelsel, dat sterk door elektromagnetisme wordt beïnvloed.

Twaalf jaar geleden onderzochten Semm en Vollrath de elektrofysiologie van de pijnappelklier. Daarmee breidden ze hun eerdere onderzoek uit naar de circadiane ritmen [12] en lichtgevoeligheid [13]. Ze vonden dat ook magnetische fluctuaties in de orde van die van het aardmagnetisch veld de pijnappelklieractiviteit beïnvloedden [10]. Sindsdien is het meeste werk op dit gebied gedaan door Semm en medewerkers van de Universiteit van Mainz, en Reiter en medewerkers van de Universiteit van Texas.

In zoogdieren wordt de elektrische activiteit van de pijnappelklier beïnvloed door de productie van geslachtshormonen [14], melatonine en 'putative transmitters' [15], thyroïd-hormonen en parathormoon [16], indolaminen [17], pijnappelklier-indolen [18], stimulatie van de cervicale sympathische ganglia [19] en testosteron [20]. In onderzoek van vogels is gevonden dat de elektrische respons van de pijnappelklier heeft te maken met licht [21], de indolverbindingen van de pijnappelklier en 'putative transmitters' [22].

De pijnappelklier bevat een indol, melatonine (N-acetyl-5-methoxytryptamine) [23] en de enzymen verantwoordelijk voor haar synthese uit serotonine (5-hydroxytryptamine). Melatonine wordt ook wel de chemische vorm van 'donker' genoemd. Het passeert vlot door celmembranen, en het wordt in alle lichaamsvloeistoffen gevonden [24].

Het enzym dat de laatste stap in de melatoninesynthese katalyseert (hydroxyindole-O-methyltransferase) wordt alleen in de pijnappelklier gevonden. Haar activiteit neemt af in het licht, en verdwijnt na sympathectomy. De pijnappelklier heeft een spontane elektrische activiteit in het bereik van 1-65 Hz. Innervatie komt vanuit het CZS (Centraal Zenuwstelsel) [25,26,27,28] via de steel van de pijnappelklier [26] maar ook vanuit het AZS (Autonome

Zenuw Stelsel). Het is onwaarschijnlijk dat een individuele cel tegelijkertijd impulsen van beide bronnen ontvangt [27]. De pijnappelklier heeft ook een neuronale verbinding vanuit de ogen. Bij duiven zijn er magnetisch-gevoelige cellen vastgesteld in het visuele systeem [29].

De suprachiasmatische kernen hebben een endogene circadiane klok. Deze genereert het ritme voor de melatoninesynthese van de pijnappelklier, met een periodiciteit van iets meer dan 24 uur. Door het dag/nacht (licht/donker) -ritme van de omgeving synchroniseert dit tot precies 24 uur. Lange nachten leiden tot een verhoogde nachtelijke melatoninespiegel.

Elektromagnetische velden beïnvloeden de melatonineproductie van de pijnappelklier met mogelijk effect op onze gezondheid [30]; hetzelfde geldt voor het aardmagnetisch veld [31].

Er zijn richtingsgevoelige veldeffecten [32-34]. In de rat beïnvloeden magnetische velden de secretoire activiteit van de pijnappelklier [35], de serotonine-n-acetyltransferase activiteit [36], en verstoren ze de ritmische response van Purkinjecellen op melatonine [3].

Reiter onderzocht de melatonine ritmen van de pijnappelklier [37,38] en beschreef de pijnappelklier als bemiddelaar tussen de omgeving en het endocriene systeem [39], maar ook tussen onze dag/nacht-omgeving en het endocriene systeem [40,41]. ELF (Extremely Low Frequency) velden beïnvloeden de pijnappelklier [42-46], evenals visuele stimuli en licht [47-51]. De pijnappelklier is ook betrokken in magnetische gevoeligheid [52-54] en circadiane ritmen [55].

Wever, [56] toonde aan dat een 10 Hz, 2.5 V/m wisselstroomveld kan fungeren als 'metronoom' voor het circadiane ritme in mensen die ondergronds leven, buiten de geomagnetische ritmen. Daardoor kan een 23-uurs ritme worden opgelegd, aan zowel het slaap/waak-ritme als aan de lichaamskerntemperatuur; iets wat geen andere 'metronoom' kan.

Zenuwstelsel en endocrien systeem [57]

De hogere lichaamsfuncties worden bepaald door een samenspel tussen het zenuwstelsel en het endocriene systeem. In het zenuwstelsel wordt directe bio-informatie via zenuwbanen geleid naar gerichte lichaamsgebieden. In gewervelde dieren is dit zenuwstelsel goed ontwikkeld, in de vorm van de hersenen en ruggenmerg. Gespecialiseerde neuronen zijn verbonden met andere neuronen, en met receptor- en activatie-cellen.

Van oorsprong waren neuronen zowel excitatoir en secretair; maar de meeste neuronen zijn excitatoir ontwikkeld. In reactie op prikkels geven ze een elektrische puls af die met grote snelheid wordt doorgegeven door zenuwweefsel naar andere cellen. Omdat een neuron alleen maar één soort puls genereert, is het tijd-gecodeerd en wordt het sequentieel doorgegeven naar effectorcellen; net als in een fax-apparaat. De oorspronkelijke secretoire functie is nog steeds te zien aan de zenuwuiteinden, als het vrijmaken van neurotransmitters.

Recent onderzoek laat zien dat bovenstaand model over-vereenvoudigd is: binnen zenuwcellen is er ook een humoraal transport naar beide kanten. Sommige neuronen zijn speciaal ontwikkeld voor neurosecretie. Ze produceren chemisch specifieke informatiedragers (neuro-hormonen). Zulke chemische boodschappers worden vanuit vezeleinden afgegeven aan lichaamsvloeistoffen en kunnen op die manier (lokaal humoraal) gericht effect hebben op andere cellen. Zulke cellen zijn ook excitatoir, maar dat is slechts secundair. De neurohormonen hebben een groter maar trager effect, doordat de humorale effectoren simultaan worden verdeeld over een groter gebied. De eigenschappen van het neurosecretoire systeem liggen tussen dat van het neuronale systeem en die van het humorale endocriene systeem in.

Ongewervelde dieren hebben een klein lichaam en eenvoudige systeemorganisatie waarin de regulatie wordt verzorgd door neuronen. Echter, voor meer complexe dieren met grotere lichamen is een hogere organisatie nodig voor de integratie en het

onderhoud van de fysiologische functies. Het zenuwstelsel ontwikkelde het vermogen om alle lichaamsprocessen in detail te reguleren. Een bandbreedte van de orde van de lichtfrequenties (100 THz) is nodig om een cel te informeren over de omgeving via seriële communicatieprocessen.

Daarom was een tweede systeem nodig; het endocriene systeem. In vergelijking tot ongewervelde dieren is het endocrien systeem in gewervelde dieren heel ver ontwikkeld. Hun functie is de aanmaak en verspreiding van specifieke chemische informatiedragers (hormonen). Het endocriene systeem ontwikkelde zich samen met het circulatiesysteem, dat de verdeling van hormonen door het lichaam heen verzorgt. Hormonen zijn werkzaam in hoge verdunningen (10^{-6} - 10^{-10} g/ml). De hoeveelheid van informatie die zonder verlies via een en hetzelfde circulatiesysteem kan worden verspreid is slechts beperkt door het aantal mogelijke unieke biochemische variaties. Door verschillen in weefselgevoeligheid is het mogelijk om gerichte lichaamsgebieden selectief aan te sturen. Ook al is de informatie overdracht via hormonen onderhevig aan aanzienlijke vertragingen, in vergelijking met neuronale overdracht heeft het daarentegen door het continue aantal parallele signalen een enorme hoge effectieve informatieoverdracht. Het endocrien systeem kan dus worden vergeleken met een postbezorging. Het neuronale systeem en endocrien systeem zijn niet altijd onafhankelijk van elkaar. Hormonale informatie kan worden omgezet in neuronale informatie, en omgekeerd: neuronale impulsen kunnen leiden tot chemische signalen. Verder kunnen neuronen door hormonen worden geëxciteerd, terwijl omgekeerd de secretie van hormonen door neuronale impulsen aan endocrien-organen kan worden geregeld.

De activiteit van het neurocricriene systeem (het neuronale en endocriene systeem samen) kan worden gereguleerd door: de omgeving, endogene informatie vanuit de genen, het interne milieu (bloedsamenstelling, metaboliëten, osmotische druk, temperatuur, en elektromagnetische signalen ver-

want aan de endogene informatie) en de feitelijke gecodeerde informatie van hetzij het neuronale hetzij het endocriene systeem.

Vooraf de volgende neuro-endocrienen zijn daarbij van belang: van de neurosecretoire cellen van de hypothalamus inclusief hypofyse, het bijniërmèrg, en de pijnappelklier. In de hogere diersoorten is de hogere-orde systeemregulatie mogelijk door de verwantschap en samenwerking tussen het zenuwstelsel en het kliersysteem via de regulatienetwerken van het neurocricriene systeem [59]. Hiervan zijn mathematische modellen gemaakt [57]. Het neurocricriene systeem reageert op elektromagnetische velden [58].

Endocriene organen en elektromagnetische gevoeligheid

Endocriene klieren hebben geen openingen of leidingen naar onze omgeving. Hun secreties bevatten hormonen die worden afgegeven aan de bloedstroom en effect hebben op organen of weefsel op afstand doordat ze worden overgedragen door het humorale systeem. Dit vormt een lichaam-bio-communicatiemechanisme dat complementair is aan het zenuwstelsel.

Hypofyse

De hypofyse heeft twee delen. De neurohypofyse (aan de achterzijde) wordt gereguleerd door de hypothalamus, zenuwverbindingen en hormonale kanalen. Twee hormonen worden hier afgescheiden. Waarschijnlijk worden ze geproduceerd in de neurosecretoire zenuwen tussen de hypothalamus en hypofyse. Zulke secrenerende zenuwen vormen een verbinding tussen het neuronale en humorale regulatiesysteem.

De adenohipofyse (aan de voorzijde) scheidt 'trofische' hormonen uit, via het veneuze stelsel. Deze reguleren de groei en activiteit van het lichaam als geheel. En die van andere endocriene klieren. Er is geen neuronale verbinding naar de hypothalamus. Een serie portale vaten verbindt het capillaire netwerk in de hypothalamus met de adenohipofyse.

De vrijmaking van hormonen uit de adenohipofyse wordt hiermee gereguleerd via een serie van chemische ‘vrijmakende factoren’.

Schildklier

De schildklier is uniek: zij slaat het actieve hormoon op in blaasjes; alle andere klieren maken gebruik van secretiecellen. Er zijn studies gedaan naar de elektrische respons van pijnappelkliercellen op schildklierhormonen [16].

Bijschildklier

De bijschildklier handhaaft het bloedcalciumgehalte door het reguleren van de niertubuli. Regulatie wordt geacht te gebeuren in directe verhouding tot de calciumspiegel in het bloed; maar niet de epifyse. Zwakke elektromagnetische velden hebben effect op de signaaloverdracht door bijschildklierhormoon-gerelateerde G-eiwitten [61].

Bijnierklier (suprarenale klieren)

De bijnierkern (medulla) heeft een sympathische zenuwinnervatie en haar activiteit versterkt de tonus van het sympathische zenuwstelsel in het lichaam. De hormonen die hier worden uitgescheiden zijn noradrenaline (norepinefrine), de chemische transmittor van het sympathische zenuwstelsel, en adrenaline (epinefrine) dat de hartvaten en spierbloedvaten verwijdt en klaarmaakt voor een vecht/vlucht-reactie. Deze twee hormonen reguleren veel systemen; ze zijn ook betrokken in elektromagnetische overgevoeligheid. Ze verwijden de oogpupil, doen ons haar overeind staan, ontspannen de bronchiolen en vergroten zo de luchtwegen, ze verminderen spijsvertering en vernauwen de darmsfincters, inhiberen de blaaspijpen, verhogen de bloeddruk, vernauwen de meeste arteriolen en venen, behalve de hartvaten die zij verwijden, en ze versterken hartactiviteit. In een gekloonde zenuwcel lijn wordt de H 3 Noradrenaline vrijmaking versterkt door zwakke pulserende magnetische velden met een responstijd van minder dan 15 minuten [62].

Gonaden (eierstokken en testes)

De gonaden produceren de sekshormonen – androgenen, oestrogenen en progesteron. Deze kunnen de elektrische activiteit van de pijnappelklier beïnvloeden [14,20]. Het hersenen-hipofyse-gonadenstelsel wordt beschouwd als een regulatiesysteem [57].

Pancreas

De pancreas is tegelijkertijd een endocriene klier – voor insulineproductie – maar ook een exocriene klier – dat betreft de productie van pancreassappen die worden afgegeven naar het duodenum. De pancreas heeft een parasymphatische innervatie; toename in parasymphatische activiteit verhoogt de uitscheiding van pancreasenzymen.

Placenta

De placenta fungeert zowel als klier alsook als voedingsorgaan.

Autonome zenuwstelsel

De AZS-activatie (Autonome Zenuw Stelsel) wordt normaliter gereguleerd door kernen in de medulla, hypothalamus en hersenschors. De hypothalamus en de limbische lob van de hersenschors vormen samen het limbisch systeem ofwel het ‘viscerale brein’, dat de autonome functies reguleert. Vooral die van emoties, angst en verdriet. Het sympathisch zenuw stelsel is actief op momenten van activiteit en stress. Het parasymphatisch systeem heeft te maken met processen van ontlasting en ontspanning. Sommige systemen hebben zowel een sympathische alsook een parasymphatische innervatie. De oogpupil verwijdt door toename in sympathische activiteit, en contraheert bij verhoogde parasymphatische activiteit. Dit effect is de basis van de IRISCORDER, een pupillografisch meetinstrument dat wordt gebruikt bij onderzoek naar patiënten voor het monitoren van stress ten gevolge van elektromagnetische velden en chemische stoffen in de omgeving [65].

Bewijs voor elektromagnetische overgevoeligheid

Terugziend naar onderzoek gedaan door de auteur naar patiënten met elektrische overgevoeligheid [1], lijkt het erop dat de helft van de gewoonlijk gerapporteerde klachten zijn toe te schrijven aan ongewone reacties van het diencefalon en de geïntegreerde autonome zenuw-regulatie van het endocriensysteem. Voor 120 patiënten, waren er in totaal 661 frequenties tussen 1.8 Hz en 300 Hz die corresponderden met het uitlokken van symptomen die kunnen worden toegeschreven aan het autonome zenuwstelsel onder regulatie van de hypothalamus. 300 Hz is de afkapfrequentie omdat dit de bovengrens is van de ELF-frequentieband. Deze breedte omvat specifieke biologisch actieve frequenties. De typerende symptomen lijken zich periodiek te herhalen als de trigger-frequentie toeneemt [1].

Figuur 1 toont de frequentie-tellingen in de vorm van een histogram voor het aantal symptomen in elke frequentieband ($\pm 10\%$). Rose D. Baker van Salford University deed hier statistisch onderzoek naar; dit is te vinden in het kader onder Figuur 1. Een uitgangstest bevestigde dat de symptoomtelling niet stochastisch over de frequenties verdeeld was. De frequentiebanden met 2 Hz en 50 Hz hadden significant abnormale tellingen. Ook bleek dat de symptoomtellingen veel hoger waren dan gemiddeld voor de subharmonischen en harmonischen van de 50 Hz stroomvoorziening in Engeland. De symptomen van de twee significante frequenties bleken overeen te komen met de autonome zenuwregulatie vanuit de hypothalamus; sommige andere lijken evengoed te kunnen worden toegeschreven aan de bijniermerg. Vanzelfsprekend was dit de uitgangsaanname in het selecteren van die frequenties, bij het opzetten van het onderzoek; maar na verifiëren van de oorspronkelijke meetresultaten bleef de conclusie onveranderd.

Geen symptoom overheerste bij de ene of de andere frequentie. Voor 2 Hz betroffen de belangrijkste klachten: de temperatuurregulatie, ogen, hart en

ademhaling, terwijl voor de 50 Hz het vooral ging om spierskeletpijn en onwillekeurige bewegingen. Soortgelijk onderzoek in de VS zou kunnen laten zien of de 60 Hz frequentie van het stroomnet daar andere symptomen geeft, of dat de symptomen een kenmerk zijn van opgedane overgevoeligheid door elektrostress van een specifiek regulatiesysteem. Het is mogelijk dat de 2 Hz overgevoeligheid duidt op een fundamentele resonantiefrequentie van dit specifieke regulatiesysteem.

Discussie

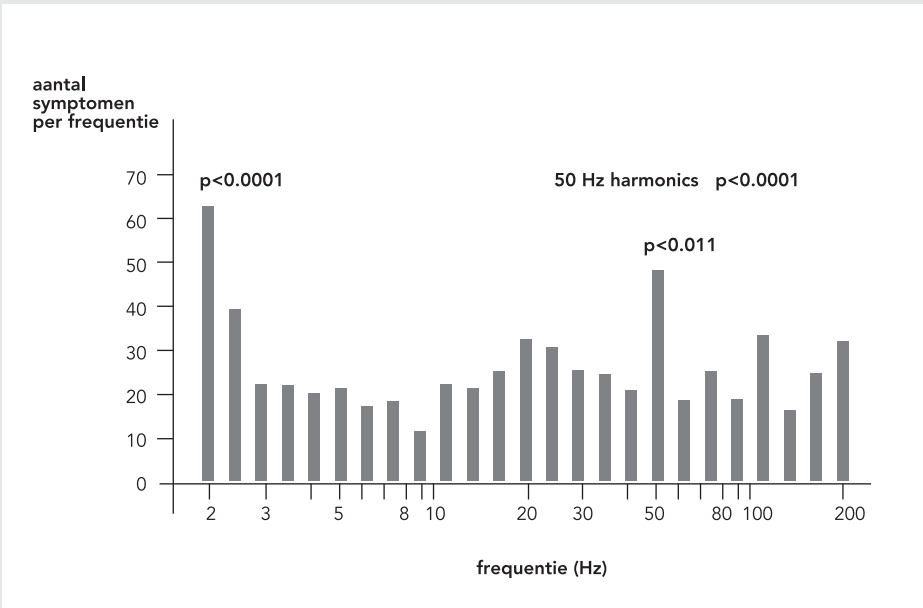
Cel-oscillaties komen in de natuur veel voor [66]; hun synchronisatie door neuro- elektrische en hormonale stimuli ook. Fröhlich [67] opperde dat in biologische systemen coherente excitatie voorkomt. Als dat zo is dan zal er een ondergrens zijn waaronder coherentie niet tot stand komt, met een gevoeligheidsvenster met een bovengrens, waarna coherentie doorbreekt. Het is daarom betekenisvol dat in de pijnappelklier van de rat er geen respons is op sterke magnetische velden (0.14 Tesla, van NMR onderzoek) in de melatoninesynthese; terwijl dat wel het geval is voor aardmagnetische veldsterkten [31]. Soortgelijk zijn er ook de schijnbaar elkaar tegensprekende onderzoeken die aangeven dat 'zwak rood licht geen effect heeft op de pijnappelklierfunctie' [33] terwijl 'het magnetische veld effect op melatoninesynthese sterker kan worden door zwak rood licht' [64]. Het biedt bewijs voor het bestaan van een gevoeligheidsvenster, en dus het fenomeen coherentie.

Het endocrien systeem is deel van een regulatiesysteem bestaande uit onder meer de hersenschors, het autonome zenuwstelsel, en het diencefalon. Het is typerend dat in een regelsysteem met gesloten lussen oorzaak-en-gevolg worden vervangen door stabiliteit en instabiliteit. Het is de vraag welke mathematische formules die systeemregulatie in detail kunnen beschrijven.

Figuur 2 (zie p. 78) toont de elektromagnetische interactiegebieden en mogelijke terugkoppelpaden van het bioregelschema. In het onderzoek

Figuur 1

Histogram van onderzoek naar 120 patiënten met elektromagnetische overgevoeligheid. Er waren 661 frequenties gevonden die symptomen geven die overeenkomen met een effect op de hypothalamus als deel van het integrale autonome zenuwstelsel. Bij frequenties van 2Hz en 50 Hz worden abnormaal veel symptomen gevonden; hetzelfde geldt voor de (sub)harmonischen van de 50 Hz van het stroomnetwerk in Engeland.



Analyse van testdata van patiënten met overgevoeligheid voor elektriciteit

Dit onderzoek betreft eerder werk van Cyril Smith naar aanleiding van het constateren dat veel auto-ongevallen plaatsvonden in de buurt van kruisingen van wegen met hoogspanningsmasten. Het leidde tot het inzicht dat veel mensen gevoelig zijn voor elektromagnetische velden. De meetresultaten van zijn onderzoek werden geanalyseerd door R.D. Baker PhD van het Centre for OR & Applied Statistics, van de fa-

culteit voor Wiskunde en Computerwetenschap, van de Universiteit van Salford, Salford, M5 4WT, UK.

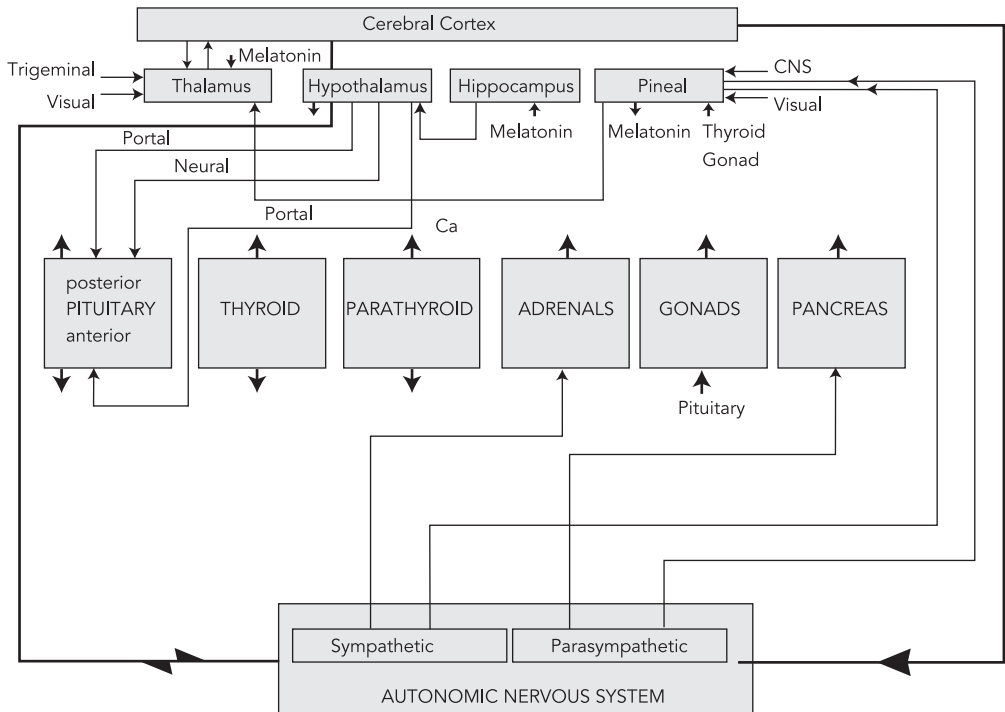
De analyse liet zien dat de symptomen vooral optraden bij 2 Hz en 50 Hz ($p < 0.01$). Uit de data is niet af te leiden in hoeverre andere frequentiebanden ook correleren met symptomen van verstoring. De 50 Hz en (sub)harmonischen komen overeen met de frequentie van het lichtnet. De gemiddelde response daarvoor is $165/5 = 32.60$. Voor frequentiebanden die niet (sub)harmonischen van het lichtnet zijn is dat $498/22 = 22.64$. Er is duidelijke samenhang met de lichtnetfrequenties en symptomen ($p < 0.0001$ *).

| | | |
|--------|--------------|--------------|
| 2 Hz | 62 responses | $p < 0,0001$ |
| 50 Hz | 42 | $p < 0,011$ |
| 9 Hz | 10 | $p < 0,096$ |
| 2,5 Hz | 37 | $p < 0,099$ |

* Bradley, JV (1968) *Distribution-free statistical tests*, New Jersey: Prentice-Hall, 296-304

Figuur 2

Dit diagram laat de samenhang zien tussen de plaatsen van elektromagnetische interacties van de hersenschors, thalamus, hypothalamus, hippocampus en pijnappelklier met het autonome zenuwstelsel en de endocriene klieren. Neurale en portale verbindingen zijn aangegeven en hormonale paden zijn gemarkeerd.



naar patiënten met elektromagnetische overgevoeligheid lijken de elektromagnetische velden in de omgeving een intern terugkoppelingcircuit verstoord te hebben: hersenschors – autonome zenuwstelsel – hypothalamus – hersenschors. Zo'n neurale keten met betrekking op één orgaan stemt overeen met de korte responstijd; in de grootteorde van seconden. Deze manier van onderzoek werkt niet voor het detecteren van trage hormonale verstoringen.

De veelvoorkomende overgevoeligheid die werd besproken betreft de pijnappelklier en melatonine-

regulatie met de terugregelkring: pijnappelklier – thalamus (met zowel de neurale en melatoninekanalen) – hypothalamus (direct of via de hersenschors) – autonome zenuwstelsel – pijnappelklier. Indien de faseverschuiving in een regelkring 360° bereikt, en de versterking groter wordt dan één, dan ontstaan eigenfrequentie-slingeringen, die zichzelf in stand houden met bijbehorende frequenties. Het voorzien in een lange tijdconstante voorkomt die 360° fase-draaiing. Dit is precies wat het endocrien systeem doet. Met elektrische signalen en hoge versterkingen, is het moeilijk om de instabi-

liteiten en opslingeringen te voorkomen, die het gevolg zijn van een zwakke elektrische terugkoppeling. Door chemische boodschappers worden de terugkoppelingen gereguleerd in de tijdschaal van het chemische systeem, waarin de chemische paden worden bepaald door het spontane verbreken van moleculaire verbindingen als gevolg van agitatie-warmte; die is verwaarloosbaar voor stabiele verbindingen. Het neurocricne systeem koppelt het voordeel van de snelheid van een neuronaal netwerk, met de stabiliteit zoals die wordt geboden door de hormonale terugkoppeling. Dit geeft ook een grotere bandbreedte en draagvermogen voor parallele signalen dan door het neuronale systeem kan worden geboden.

Literatuur

- 1 Smith CW, Choy RYS en Monro JA (1989) The diagnosis en therapy of electrical hypersensitivities, *Clin Ecol*, 6(4), 119-128
- 2 Semm P en Vollrath L (1984) Electrical responses of the homing pigeon en guinea pig Purkinje cells to pineal indoleamines applied by microelectrophoresis, *J. Comp Physiol A*, 154(5), 675-681
- 3 Demaine C en Semm P (1986) Magnetic fields abolish nycthermal rhythmicity of responses of Purkinje cells to the pineal hormone melatonin in the pigeon's cerebellum, *Neurosci L*, 72(2), 158-162
- 4 Semm P en Beason RC (1990) Responses to small magnetic variations by trigeminal system of the Bobolink, *Brain Res B*, 25(5), 735-740
- 5 Beason RC en Semm P (1987) Magnetic responses of the trigeminal nerve system of the Bobolink (*Dolichonyx oryzivorus*), *Neurosci L*, 80(2), 229-234
- 6 Semm P, Schneidet T en Vollrath L (1981) Morphological en electrophysiological evidence for habenular influence on the guinea pig pineal gland, *J Neurol Tr*, 50(2-4), 247-266
- 7 Semm P en Demaine C (1984) Electrophysiology of the pigeons habenular nuclei, evidence for pineal connections en input from the visual system, *Brain Res*, 12(1), 115-121
- 8 Reuss S, Olcese J en Vollrath L (1985) Electrical stimulation of the hypothalamus paraventricular nuclei inhibits pineal melatonin synthesis in male rats, *Neuroendocr*, 41(3), 192-196
- 9 Zeise ML en Semm P (1985) Melatonin lowers excitability of guinea pig hippocampal neurons *in vitro*, *J Comp Ph A*, 157(1), 23-29
- 10 Semm P en Vollrath L (1980) Electrophysiological evidence for circadian rhythmicity in a mammalian pineal organ, *J Neurol Tr*, 47(3), 181-192
- 11 Reiter RJ (1981) The mammalian pineal gland – structure en function, *Am J Anat*, 162(4), 287-313
- 12 Semm P en Vollrath L (1979) Electrophysiology of the guinea-pig pineal organ sympathetic influence en different reactions to light en darkness, *Prog Brain Res*, 52, 107-111
- 13 Semm P, Schneide T en Vollrath L (1980) Effects of an earth-strength magnetic field on electrical activity of pineal cells, *Nature*, 288(5791), 607-608
- 14 Semm P, Demaine C en Vollrath L (1981) The effects of sex hormone production en chorionic gonadotrophin on pineal electrical activity in guinea pigs, *Cell Mol N*, 1(3), 259-269
- 15 Semm P, Demaine C en Vollrath L (1981) Electrical responses of pineal cells to melatonin en putative transmitters – evidence for circadian changes in sensitivity, *Exp Brain R*, 43(3-4), 361-370
- 16 Semm P, Demaine C en Vollrath L (1981) Electrical responses of pineal cells to thyroid hormones en parathormone A microelectrophoretic study, *Neuroendocr*, 33(4), 212-217
- 17 Semm P en Vollrath L (1982) Alteration in the electrical activity of pineal ocytes en cells in the visual system produced by indoleamines, *Meeting Gen C Endoc*, 46(3), 257-258
- 18 Semm P en Vollrath L (1982) Alterations in the spontaneous activity of cells in the guinea pig pineal gland en visual system produced by pine-

- al indoles, *J Neurol Tr*, 53(4), 265-275
- 19 Reuss S, Semm P en Vollrath L (1985) Changes in the electrical activity of the rat pineal gland following stimulation of the cervical sympathetic ganglia, *J Auton Ner*, 12(4), 281-288
 - 20 Demaine C, Samiloff JD en Stoughton R (1984) Spontaneous electrical activity en response to testosterone of cells in the pineal gland of the Syrian hamster, *J Physi Lon*, 346(Jan), 130
 - 21 Semm P en Demaine C (1983) Electrical responses to direct en indirect photic stimulation of the pineal gland in the pigeon, *J Neural Tr*, 58(3-4), 281-289
 - 22 Demaine C en Semm P (1984) Electrical properties of pineal cells to pineal indoles en putative transmitters in intact en blinded pigeons, *Neuroendocr*, 39(5), 408-413
 - 23 Reiter RJ, (1991) pineal melatonin, cell biology of its synthesis en of its physiological interactions, *Endoc Rev*, 12(2), 151-180
 - 24 Reiter RJ (1991) The chemical expression of darkness, *Mol C Endoc*, 79(1-3), C153-C158
 - 25 Schneider T (1981) Ultrastructural observations on the central innervation of the guinea pig pineal gland, *Cell Tis Re*, 220(1), 41-49
 - 26 Reuss S en Vollrath L (1984) Electrophysiological investigations on the central innervation of the rat en guinea pig pineal gland, *J Neural Tr*, 60(1), 31-43
 - 27 Demaine C en Semm P (1984) Central nervous connections of the pineal in the pigeon, *J Physi Lon*, 346(Jan), 45
 - 28 Demaine C en Semm P (1986) Electrophysiological evidence for central nervous connections of the pigeons pineal gland, *Brain Res B*, 13(5), 629-634
 - 29 Semm P en Demaine C (1986) Neurophysiological properties of magnetic cells in the pigeons visual system, *J Comp Ph A*, 159(5), 619-625
 - 30 Reiter RJ (1991) *The electromagnetic spectrum, Influence on pineal melatonin production en potential health effects*, 9th Ann Intl Symp Man en His Environment in Health en Disease, Feb 28-Mar 3, 1991, Dallas Texas
 - 31 Reuss S en Semm P (1987) Effects of an Earth strength magnetic field on pineal melatonin synthesis in pigeons, *Naturwissen* 74(1), 38-39
 - 32 Demaine C en Semm P (1985) The avian pineal gland as an independent magnetic sensor, *Neurosci L*, 62(1), 119-122
 - 33 Olcese J, Reuss S en Semm P (1988) Geomagnetic field detection in rodents, *Life Sci*, 42(6), 605-613
 - 34 Semm P en Beason RC (1990) Sensory basis of bird orientation, *Experientia*, 46(4), 372-378
 - 35 Welker HA, Semm P en Vollrath L (1982) Effects of an artificial magnetic field on the secretory activity of the rat pineal gland, *Meting Act Endocr*, 99(5246), 122-133
 - 36 Welker HA, Semm P, Willig RP, et al (1983) Effects of an artificial magnetic field on serotonin-n-acetyltransferase activity en melatonin content of the rat pineal gland, *Exp Brain R*, 50(2-3), 426-432
 - 37 Reiter RJ (1988) Comparative aspects of pineal melatonin rhythms in mammals, *ISI ATL AN*, 1(2), 111-116
 - 38 Reiter RJ (1988) Melatonin rhythm – its message en its significance, *Neuroendo*, L 10(4), 218
 - 39 Reiter RJ (1983) The pineal gland An intermediary between the environment en the endocrine system, *Psychoneuro*, 8(1), 31-40
 - 40 Reiter RJ (1991) pineal gland – interface between photoperiodic environment en the endocrine system, *Trends Endo*, 2(1), 13-19
 - 41 Demaine C en Kritzer JS (1984) pineal involvement in the effects of short photoperiods on thyroid follicular cells in the Syrian hamster, *J Steroid B*, 20(68), 1488
 - 42 Wilson BW, Chess EK en Anderson LE (1986) 60 Hz electric field effect on pineal melatonin rhythm – time course for onset en recovery, *Bioelectrom*, 7(2), 239-242
 - 43 Wilson BW, Leung F, Anderson LE, et al (1987) Electric power en mechanisms of carcinogenesis role of the pineal gland, *Neuroendo*, L 9(5), 296

- 44 Reiter RJ, Anderson LE, Buschbom RC, et al (1988) Reduction of the nocturnal rise in pineal melatonin levels in rats exposed to 60 Hz electric fields ((I))1 in utero ((I))0 en for 23-days after birth, *Life Sci*, 42(22), 2203-2206
- 45 Wilson BW, Stevens RG en Anderson LE (1989) Neuroendocrine mediated effects of electromagnetic field exposure Possible role of the pineal gland, *Life Sci*, 45(15), 1319-1332
- 46 Wilson BW, Wright CW, Morris JE, et al (1990) Evidence for an effect of ELF electromagnetic fields on human pineal gland function, *J pineal R*, 9(4), 259-269
- 47 Reiter RJ, Hurlbut EC, Brainard GC, et al (1983) Influence of light irradiance on hydroxyindole-o-methyltransferase activity en radioimmunoassayable melatonin levels in the pineal gland of the diurnally active Richardsons ground squirrel, *Brain Res*, 288(1-2), 151-157
- 48 Reiter RJ (1980) A single 1-2nd or 5-2nd light pulse at night inhibits hamster pineal melatonin, *Endocrinol*, 118(5), 1906-1909
- 49 Reiter RJ (1985) Action spectra, dose response relationship en temporal aspects of light effects on the pineal gland, *Ann NY Acad*, 453(Sep), 215-230
- 50 Vollrath L, Seidel A, Huesgen A, et al (1989) One millisecond of light suffices to suppress night time pineal melatonin synthesis in rats, *Neurosci L*, 98(3), 297-298
- 51 Olcese J, Reuss S, Stehle J, et al (1988) Responses of the mammalian retina to experimental alteration of the ambient magnetic field, *Brain Res*, 448(2), 325-330
- 52 Reuss S, Semm P en Vollrath L (1983) Different types of magnetically sensitive cells in the rat pijnappelklier gland, *Neurosci L*, 40(1), 23-26
- 53 Semm P en Demaine C (1983) Neurobiological investigations on the magnetic sensitivity of the pineal gland in redents en pigeons, *Comp Biol A*, 76(4), 683-689
- 54 Semm P, Nohr D, Demaine C, et al (1984) Neural basis of the magnetic compass en vestibular inputs in the pigeons brain, *J Comp Phys*, 155(3), 283-288
- 55 Reuss S, Semm P en Vollrath L (1984) Electrophysiological properties of rat pineolocytes – evidence for circadian en ultradian rythmen, *Exp Brain R*, 55(3), 455-461
- 56 Wever RA (1985) The electromagnetic environment en the circadian rhythm of human subjects, In: Grandolfo, M, Michaelson, SM en Rindi, A, *Static en ELF electromagnetic fields: biological effects en dosimetry*, New York: Plenum pp 477-523
- 57 Inoue S en Sekiguchi T (1973) Neuroendocrine control systems en systems analyses of the brain-hypophyseal-gonadal mechanism, In: Yagi, K en Sho Yoshida (Eds) *Neuroendocrine Control*, New York: University of Tokyo Press, Halsted/Wiley, 361-394
- 58 Popp, F-A, Warnke U, et al (Eds) (1989) *Electromagnetic bio-information*, Munich, Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 2ndedn
- 59 Reiter RJ en Vaughan MK (1991) Dynamic organization of endocrine networks – the neuroendocrine reproductive axis en the pineal gland as examples, *Ann NY Acad*, 618(Feb), 11-27,
- 60 Wilson BW, Anderson LE en Stevens RG (1991) *Neuroendocrine effects of electromagnetic field exposure: Possible implications for cancer, depression en negative birth outcome*, 9th Ann Intl Symp Man en His Environment in Health en Disease, Feb 28, Mar 3, 1991, Dallas Texas
- 61 Luben RA (1989) Low energy electromagnetic fields modulate signal transduction by G-protein linked membrane receptors: Comparison of effects on parathyroid hormone receptors en beta-adrenergic receptors in bone cells, *Proc 10th Ann Contractors' Review, 'Biological effects of 50 & 60 Hz electric en magnetic fields'*, US Dept Energy, Office of Energy Storage en Distribution, Washington, DC
- 62 Dixey R en Rein G (1982) H 3 -Noradrenaline release potentiated in a clonal nerve cell by low intensity pulsed magnetic fields, *Nature*,

- 296(5854), 253-256
- 63 Reuss S, Olcese J, Vollrath L, et al (1985) Lack of effect of NMR-strength magnetic fields on rat pijnappelklier melatonine synthesis, *ICR5-BIOCH*, 13(5), 471
- 64 Reuss S en Olcese J (1986) Magnetic field effects on the rat pineal gland: Role of retinal activation by light, *Neurosci Lett*, 64, 97-101
- 65 Ross GH (1991) *Autonomic pupillographic responses to double-blind electromagnetic challenge in the EMF sensitive patient*, 9th Ann Intl Symp Man en His Environment in Health en Disease, Feb 28-Mar 3, 1991, Dallas Texas
- 66 Rapp PE (1979) An atlas of cellular oscillators, *J exp Biol*, 81, 281-306
- 67 Fröhlich H (Ed) (1988) *Biological coherence en response to external stimuli*, Berlin: Springer-Verlag

➤ **Samenvatting**

Elektromagnetische velden en het endocrien systeem

Onderzoek naar het effect van zwakke magnetische velden op de pijnappelklier wordt beschreven. De organen van het diencefalon en het autonome zenuwstelsel worden beschouwd als regulatiesystemen met betrekking op het endocriene systeem, dat erg gevoelig is voor elektromagnetische velden. De meeste hormonale systemen worden gereguleerd door terugkoppeling. Het zenuwstelsel complementeert het endocrien systeem dat heel gericht

te signalen verspreidt met hoge chemische specificiteit via de lichaamscirculatie. Het zenuwstelsel en endocriene systeem zijn beslist niet onafhankelijk. Hormonale informatie kan worden omgezet in neuronale informatie en vice versa, waardoor een betere systeemregulatie wordt bereikt voor het endocriene systeem. Symptomen van patiënten met elektrische overgevoeligheid zijn onderzocht op samenhang met het endocriene systeem.

➤ **Summary**

Electromagnetic fields en the endocrine system

Reports of weak magnetic field effects on the pineal gland are surveyed. The organs of the diencephalon en the autonomic nervous system are considered as control systems involving the endocrine system which can be strongly affected by electromagnetic fields.

Most hormone systems are controlled by feedback. The nervous system complements the endocrine distribution system acting through the circulation

with high chemical specificity. The nervous and endocrine systems are definitely not independent. Hormonal information can be transformed into neural information en vice-versa, giving superior regulatory performance to the endocrine system. Symptoms arising from tests on electromagnetically hypersensitive patients are investigated for endocrine system involvement.

Key words

elektromagnetische overgevoeligheid ■ hormonen
 ■ endocriene systeem ■ bioregulatiesystemen
 ■ feedback ■ melatonine

Auteur

Cyril W. Smith, PhD is emeritus hoogleraar van de faculteit Elektronica en Elektro-ingenieursstudies van de Universiteit van Salford, Salford M5 4WT, England. Twintig jaar lang onderzoekt hij al de effecten van elektrische velden op levende wezens. De metingen aan patiënten met elektromagnetische overgevoeligheid in dit hoofdstuk waren het resul-

taat van een samenwerking met Dr. Jean Monro, van het Breakspear ziekenhuis, Hemel Hempstead, UK. De auteur is erkentelijk aan Dr. Rose D. Baker voor het statistische onderzoek. Met dank aan Dr. Paul D. Smith voor kritische opmerkingen over het manuscript.