

CENTRUM VIGILANT: WHAT'S IN A NAME ?

IN NOMEN EST OMEN (in de naam zit een betekenis)

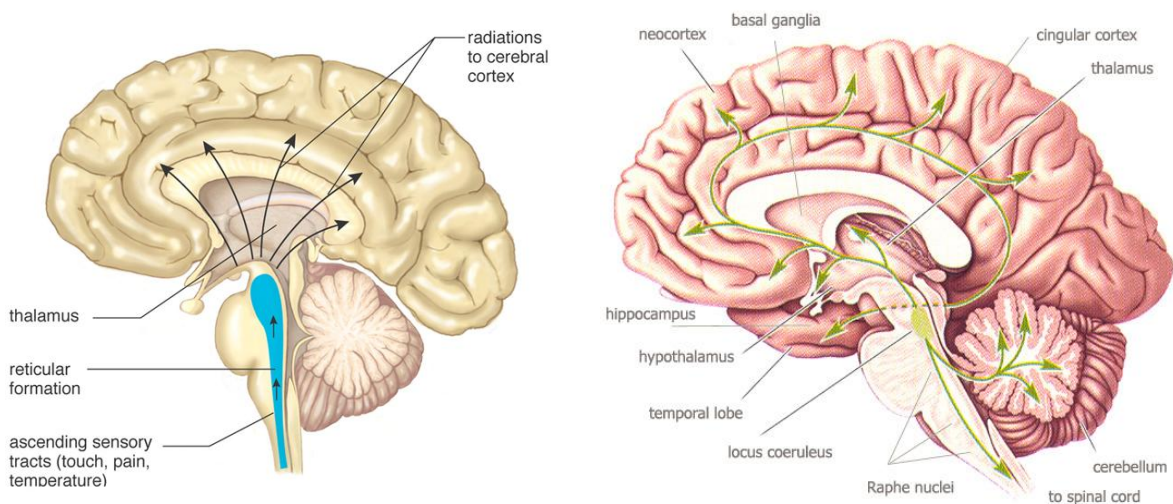
Dr. Werner Van den Bergh

1. Evolutie van het begrip vigilantie

De Londense neuroloog Sir Henry Head definieerde in 1923 vigilantie in een neurologische betekenis: de globale paraatheid van het centrale zenuwstelsel om aangepast en efficiënt te reageren op externe of interne prikkels. De kwaliteit ervan bepaalt de integratieve en doelgerichte aanpassing. Interessant is dat Head zelf ook al experimenten uitvoerde met huidgevoeligheid in functie van de vigilantiekwaliteit.

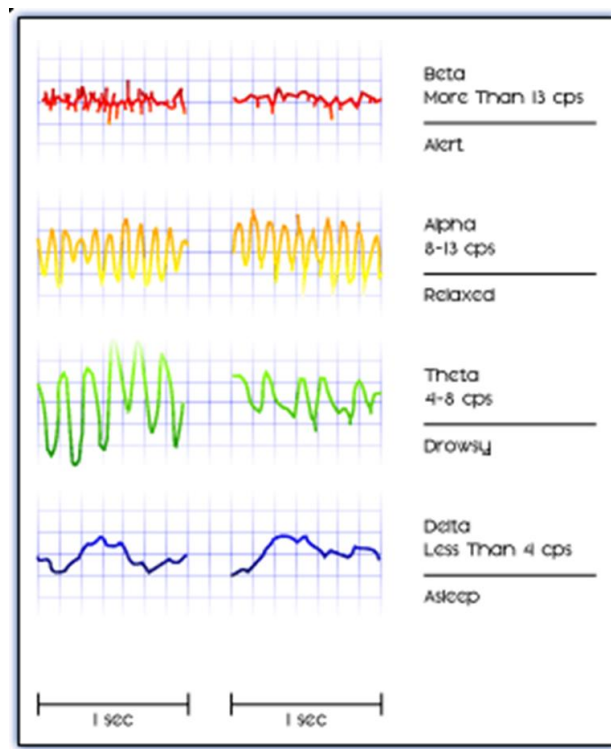
Later werd de betekenis van vigilantie door de psycholoog N.H. Mackworth (1948) in engere zin bepaald door de performantie in zogenaamde vigilantietaken, zoals de performantie om een saai radarscherm te monitoren en bij daarvan afgeleide gelijkaardige saaie taken. De betekenis werd dus verengd tot een vorm van volgehouden aandacht. De meeste psychologen en neurologen begrijpen thans nog steeds vigilantie in deze betekenis.

D.O. Hebb (1955) ging dan weer vigilantie min of meer gelijkstellen met “arousal” of “activatie”, wat fysiologisch bepaald wordt door de activiteit in de formatio reticularis in de hersenstam (later bleken tevens de locus coeruleus en het diffuse thalamische projectiesysteem vanuit de reticulaire nucleus van de thalamus hierbij een rol te spelen).



Zijzicht op de middellijn van grote hersenen, tussenhersen (thalamus en hypothalamus), hersenstam en kleine hersenen.

Enkele fysiologische maatstaven bleken min of meer bruikbaar: zo is er tijdens lagere arousal een grotere hoeveelheid θ -golven in het EEG van de achterste hersengebieden. O'Hanlon et al. (1976) toonden aan dat met EEG-neurofeedback (omlaag trainen van de θ -golven) de waakzaamheid in vigilantietaken verbeterde. Bij hogere arousal is er ook een lagere hartritmevariabiliteit. Dit leidde tot de (omstreden) toepassing van een biofeedbacktraining van de hartritmevariabiliteit (m.n. het verhogen ervan) om stresstoestanden te behandelen.



Noch “vigilantietaken” noch “arousal” (activatie) zijn op zichzelf voldoende verklarend om vigilantie in de betekenis van Head te verklaren. Anderzijds bleef de definitie van Head vaag, onspecifiek, en moeilijk testbaar, zodat het nuttig is geweest dat zijn definitie een tijd in vergetelheid geraakte. Men verwachtte van de experimenten zoals “vigilantietaken” en arousalonderzoek meer inzicht. Maar de experimenten bleken uiteindelijk aan te tonen dat het oude vigilantieconcept niet volledig verkeerd was, maar onvoldoende specifiek geformuleerd. Zo dook het oude concept terug op, maar in nieuwe vormen. Het blijkt dan ook van belang op de hoogte te zijn van de oude concepten, wat dan weer niet betekent dat men er zich volledig moet door laten beperken. De problemen van het concept vigilantie van Head krijgen op die manier een nieuw belang, maar op een meer gedifferentieerde wijze en testbaar met experimenten.

2. Arousal (activatietoestand) en toestandregulatie bij AD/HD

Toegepast op AD/HD blijkt de oudste fysiologische theorie de arousaltheorie te zijn, waar men een verlaagde arousal als onderliggend probleem ziet: dit zou verklaren waarom er in het EEG vaak meer θ -activiteit gezien wordt, waarom er problemen zijn met volgehouden aandacht, een grotere behoefte aan prikkels, en waarom psychostimulantia een gedragsverbetering brengen. Er wordt echter niet mee uitgelegd dat organiseren een aangepast en efficiënt inspelen op wisselende omstandigheden, rekening houdend met gevolgen op termijn, er ook door verbeteren.

Een verfijning van dit model is het toestandregulatiemodel. Reeds in 1973 beschreef de Canadese psychologe V. Douglas dat AD/HD in essentie een probleem van zelfregulatie is: bij boeiende omstandigheden ontstaat er een hyperfocus, bij saaie omstandigheden net omgekeerd een probleem met focussen. In essentie heeft R.A. Barkley deze ideeën overgenomen en verder uitgebouwd. En J.A. Sergeant en J.J. Van der Meere ontwikkelden hieruit hun toestandregulatiemodel van AD/HD. Als experiment gebruikten ze de meting van hartritmevariabiliteit: bij normale proefpersonen neemt de hartritmevariabiliteit af bij een aandachtstaak, bij AD/HD is deze afname afwezig of beperkter. Merkwaardig is echter dat deze onderzoekers niet onderzochten of er een verschil was in hartritmevariabiliteit (en in

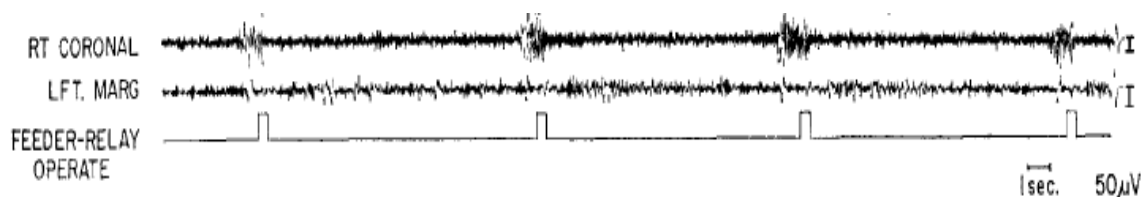
EEG-spectrum) in passieve toestand: op zich zou dit wat kunnen zeggen over een lagere arousal bij AD/HD, maar binnen een breder kader dat we verder zullen bespreken zou het iets kunnen zeggen over de vigilantiekwaliteit in de betekenis van Head bij AD/HD. De vergelijking van een basisrusttoestand met een actieve taak toestand zou immers kunnen bestudeerd worden vanuit het concept vigilantie van Head, namelijk in hoeverre er aangepast wordt ingespeeld op externe factoren. Maar dit idee ontgaat fundamenteel het engere denkkader en model van Sergeant en Van der Meere.

3. Het Berlijnse EEG-vigilantiemodel (D.Bente en G.Ulrich)

De Berlijnse psychiater D. Bente was sterk geïnspireerd door de organo-dynamische psychiatrie van de Franse psychiater Henri Ey, die zelf sterk geïnspireerd was door de 19^{de} eeuwse Londense neuroloog J. Hughlings Jackson. Psychiatrische toestanden werden begrepen als een desintegratiestoestand van het hogere geïntegreerde bewustzijn. De Londense neuroloog Henry Head was met zijn concept vigilantie ook geïnspireerd door deze 19^{de} eeuwse Londense neuroloog. Bente nam daarom ook Head's concept vigilantie over in zijn oorspronkelijke betekenis, en hoopte om in het EEG correlaten van de verschillende niveaus van vigilantie te vinden. Ook liet hij zich inspireren door de slaapdeprivatiemethode die Henri Ey gebruikt had om klinische vormen van bewustzijnsdesintegratie te modelleren. Bente stelde vast dat het EEG-patroon na slaapdeprivatie minder stabiel was: minder alfa- en bèta-1 golven, meer thèta- en bèta-2 golven. Dit kon niet eenvoudig uitgelegd worden als een uiting van lagere arousal: bij lagere arousal zou men wel een afname van alfa- en bèta-1-golven kunnen verwachten, maar niet de toename van bèta-2 golven. Bente veronderstelde dat deze bèta-2 golven een vorm van tegenregulering weerspiegelden, om te verhinderen dat het individu in een nog lager vigilantiestadium zou terechtkomen, namelijk slaapstadium 1. Een dergelijk "labieler" EEG met dus een labielere "vigilantie", wordt gezien bij de meeste vormen van AD/HD. Interessant hierbij is overigens te vermelden dat bij AD/HD heel vaak een gefragmenteerde slaap gezien wordt, wat in zekere zin als een chronische lichte vorm van slaapdeprivatie zou kunnen beschouwd worden. Het werk van D. Bente en G. Ulrich werd maar door heel weinige psychiaters werkelijk begrepen. Zelfs zijn hun directe navolgers zoals U. Hegerl in Leipzig en M. Arns in Nijmegen blijven het begrip vigilantie min of meer gelijkstellen met "arousal" of activatie.

4. Het EEG sensorimotorische ritme (12-15 Hz) en zijn betekenis als vigilantiestabilisator

In 1967 deed M.B. Sterman onderzoek naar de EEG-correlaten van de overgang van slaap naar waaktoestand. Hij liet zich hierbij inspireren door het begrip "interne inhibitie" dat I. Pavlov in 1927 beschreven had: nadat honden door klassieke conditionering een geconditioneerde reflex ontwikkeld hadden, kon deze geconditioneerde reflex zelf negatief geconditioneerd worden, waarbij er een toestand van immobiliteit en verhoogde waakzaamheid ontstond: Pavlov noemde dit een toestand van interne inhibitie. Sterman toonde bij katten aan dat deze toestand gepaard ging met een toename van "bursts" van 12-15 Hz over de sensorimotorische hersenschors. Vanaf 1968 ging hij met EEG-neurofeedback dan dit ritme door operante conditionering versterken, waardoor hij een gedragsmatige toestand van interne inhibitie kon tot stand brengen.



Vanaf 1976 ging J.L. Lubar, en nadien vele anderen dit als behandeling bij AD/HD gebruiken. Hun interpretatiemodel bleef echter beperkt tot het arousalmodel.

In één enkele studie beschreef Sterman in 1980 dat SMR-training gepaard ging met een stabilisering van het EEG-spectrum (met dus toename van alfa-, en afname van θ - en β -2-activiteit). Ook ging het gepaard met een toename van de slaapspoelen, dit zijn de ritmische ontladingen van 12-15 Hz over de sensorimotorische cortex, waarvan later bekend werd dat ze slaapstadia stabiliseren: ze nemen voorbijgaand af tijdens de overgang van slaapstadia naar andere slaapstadia. Bij AD/HD is overigens bekend dat de gefragmenteerde slaap wellicht te verklaren is door een tekort aan deze slaapspoelen.

Merkwaardig is dat noch Sterman zelf, noch andere onderzoekers uit de neurofeedbackwereld hier later aandacht aan gaven. Ze waren ook niet op de hoogte van Bente's werk of van de EEG-veranderingen na slaapdeprivatie, ook niet van het begrip vigilantie in de betekenis van Head. Anderzijds was Ulrich in Berlijn niet op de hoogte van de research van Sterman. Aangezien ik zelf wel goed op de hoogte was van deze verschillende onderzoeksdomeinen en persoonlijke discussies hierover had met sleutelfiguren zoals G. Ulrich, M.B. Sterman, J.L. Lubar, J.J. Van der Meere, M. Arns, G. Van Orden, K. Linkenkaer-Hansen, L.A. Chapman-Russell, kwam ik zelf tot de uitbreiding van het EEG-vigilantiemodel door te suggereren dat het SMR-ritme een stabiliserende rol heeft op het EEG-spectrum in waaktoestand, en op de vigilantie in de betekenis van Head. Het SMR-ritme stabiliseert het EEG om te verhinderen dat het in een labiel vigilantiepatroon omslaat, in analogie met het meer gekende fenomeen dat β -2 activiteit in een labiel vigilantiepatroon verhindert dat de waaktoestand overgaat naar een slaaptoestand. En in dezelfde analogie was al langer bekend dat slaapspoelen beletten dat de slaap al te gemakkelijk in waaktoestand overgaat (zoals bij slapeloosheid en de gefragmenteerde slaap bij AD/HD het geval is).

5. Het default mode network: het vigilantiesysteem van Head ??

I. Raichle beschreef in 2001 dat tijdens passieve toestand (in vergelijking met de toestand tijdens cognitieve taken), op fMRI welbepaalde hersenschorsgebieden op de middellijn (de ventrale mediofrontale cortex en de posterieure cingulaire cortex met de precuneus) actiever zijn.



Zijzicht op de middellijn (links) en dwarsdoorsnede van de hersenen (rechts): vooraan op de middellijn de mediale prefrontale cortex (MPFC), meer achteraan op de middellijn de posterieure cingulaire cortex (PCC) en precuneus, en op de buitenzijde links en rechts gebieden in de achterste temporale cortex.

De eerste interpretaties hiervan (die nog steeds door heel wat onderzoekers worden aangehangen) houden in dat het een weergave is van “dagdromen” en een naar binnen gerichte aandacht (in tegenstelling tot naar buiten gerichte aandacht tijdens cognitieve taken). Andere opvattingen beschouwden de rol van dit netwerk als een “default mode” van het centrale zenuwstelsel, een soort “stand by” (in het Frans “mode de veille” – dus waakzaamheid ! –) als men het heeft over de default mode van een computer die paraat (!) of stand by staat om operaties uit te voeren. In 2011 beschreef J.M. Pearson dat het default mode network in “rusttoestand” een globale monitoring van de omgeving verricht zodat er

aangepast gedrag kan verschijnen wanneer de omstandigheden het vereisen, en daarbij rekening houdend met een dynamisch veranderende wereld. Hij werkt daarbij een heel model uit waarbij motivatie, verwachting enz. een rol spelen. Wat er niet vermeld wordt is dat deze definitie als twee druppels water lijkt op het de betekenis van het concept *vigilantie* in de betekenis van Head.

Interessanter wordt het nog als we weten dat de laatste jaren werd aangetoond dat het default mode network minder actief is in rusttoestand bij AD/HD! Bovendien werd aangetoond dat de intensiteit van de DMN-activiteit op fMRI ultratrage fluctuaties vertoont (0.02 Hz), die ook in het EEG terug te vinden zijn. Op 3-dimensionele bronreconstructie van deze ultratrage golven in het EEG (LORETA) blijkt bovendien dat de bron van deze ultratrage activiteit in de mediofrontale cortex te situeren valt.

Verder werd er in 2008 door S. Monto aangetoond dat deze ultratrage fluctuaties in een min of meer constante faseverhouding van 45° verkeren t.o.v. de trage fluctuaties van de EEG-bursts van de klassieke frequenties θ , alfa, β en gamma, wat betekent dat het default mode network als een soort dirigent aan de top van de hiërarchie van de andere EEG-frequentiebanden kan beschouwd worden. Sterker nog: er werd tegelijkertijd een vorm van *vigilantiet* uitgevoerd, waarbij hele lichte elektrische prikkels op de hand werden toegediend die in zowat 50% van de gevallen werden waargenomen. Dit is dus bijna een identieke testsituatie als de testtaken die Head zelf gebruikte! De stimuli worden in runs waargenomen, afgewisseld met runs waar ze niet worden waargenomen. En ook hier bleek dat er ultratrage fluctuaties in deze runs terug te vinden zijn, die in een min of meer vaste faseverhouding van 45° verkeren t.o.v. de ultratrage fluctuaties van het EEG.

Bij AD/HD werd aangetoond dat tijdens passieve toestand teveel momenten van afleiding door externe stimuli optreden, waarbij de trage fluctuaties zwakker worden. Anderzijds zijn er intrusies van het default mode network systeem tijdens naar buiten gerichte aandacht (wat dan overeenkomt met dagdromen). Er zijn bij AD/HD dus niet gewoon teveel schommelingen in de aandacht zoals tijdens klassieke gecomputeriseerde testen van de volgehouden aandacht kan worden aangetoond: er zijn ook trage cycli waarbij er nu en dan een forse “outlier” of helemaal niet reageren op een prikkel plaatsvindt.

6. Niet-lineaire fenomenen en “self-organized criticality”

Een andere onderzoekslijn in het domein van reactietijdenonderzoek (G. Van Orden), EEG-onderzoek (K. Linkenkaer-Hansen) en onderzoek van de fMRI-activiteitsfluctuaties in het default mode network bestudeert hoe zich een temporele dynamiek in deze verschijnselen voordoet: in beide onderzoeksdomeinen doen zich ritmiciteiten voor tussen 0.02-0.1 Hz, dus met een periodeduur gaande van 10 tot 50 seconden. Sinds 2000 ging men er reeds van uit dat de traagste periodeduur van deze fenomenen een weerspiegeling is van fijnregeling van adaptieve systemen. In de jaren daaropvolgend heeft men verder vastgesteld dat de ritmiciteiten tussen 0.02-0.1 Hz een “power law” effect vertonen: de allertraagste frequenties doen zich het sterkst voor, de minst trage frequenties het zwakst. In analogie met het spectrum van het zonlicht wordt dit fenomeen ook wel “pink noise” genoemd. Dit duidt op een interne functionele koppeling van de verschillende systemen die de verschillende frequenties teweegbrengen. Dergelijke pink noise zou een noodzakelijke voorwaarde zijn om een systeem optimaal kritisch (“scherp”) te doen functioneren, wat nodig is om optimaal aangepast in te spelen op wisselende omstandigheden. Dit noemt men *self-organized criticality* (P. Bak). Critici hiervan wijzen erop dat dit model eerder een beschrijvend dan een verklarend model is. Maar ook dan heeft het zeker zijn waarde. En het is inderdaad nog verder uit te zoeken welke onderliggende systemen hier allemaal in meespelen, onderzoek dat trouwens volop aan de gang is. In het begrip *self-organizing criticality* herkennen we weer de definitie van Head’s begrip *vigilantie*! Met *self-organizing* wordt aangegeven dat meerdere systemen in het centrale zenuwstelsel op elkaar inwerken, zonder dat er een besturende hiërarchie is, en dat integendeel een geïntegreerd systeem met een individualiteit en organisatieniveau hieruit oprijst.

Preliminare studies bij AD/HD hebben aangetoond dat zowel bij reactietijdentaken als bij het EEG minder “pink noise” aanwezig is, dus meer “white noise”, wat duidt op een systeem met

minder efficiënte interne koppelingen van subsystemen, met als gevolg een minder kritisch of “scherp” afgesteld staan om aangepast en efficiënt te reageren op voortdurend veranderende omstandigheden.

7. SMR-Neurofeedback

Al sinds 1976 werden vele onderzoeken gepubliceerd over de effectiviteit van SMR-training bij AD/HD. De klassieke interpretatie beperkt zich tot het arousalmodel (in analogie met de oude opvattingen over de werking van psychostimulantia). Bovendien wordt door vele onderzoekers en klinici verkeerdelijk verondersteld dat SMR-training rechtstreeks leidt tot een betere volgehouden aandacht, en dat SMR optreedt op momenten van een betere aandacht. Er worden dan ook vaak instructies gegeven aan de behandelde personen met cognitieve strategieën. Dit getuigt van een niet begripen van het bredere vigilantie-model: niet de aandacht maar de “paraatheid”, de “vigilantie” in de betekenis van Head worden getraind. En dit is een fysiologische toestand waarvan men zich per definitie niet van bewust is. Operante conditionering verloopt buiten het bewustzijn om. Bewuste strategieën zijn dan ook vaak contraproductief: een toestand van “zich laten gaan”, “het laten gebeuren”, is vaak effectiever. Bovendien is het genoegzaam gekend dat bij AD/HD pogingen tot geforceerd aandachtig zijn net méér θ -activiteit met een nog zwakkere aandacht teweegbrengen.

Mijn eigen interpretatie, geïnspireerd door de studie van 1980 van Sterman, is dat SMR een stabiliserende invloed heeft op het EEG-spectrum, en daardoor op de EEG-vigilantie in de betekenis van Bente en Head. Het kan ook verklaren dat SMR-neurofeedback tevens leidt tot een toename van de slaapspoelen en een verbetering van slapeloosheid.

Een opzienbarende zeer recente vaststelling werd in 2013 gepubliceerd door L.A. Chapman-Russell: SMR-training bij AD/HD leidt tot een beter functioneren van het default mode network op fMRI. Deze onderzoekster heeft er zelf geen verklaring voor (wellicht omdat ze niet op de hoogte is van de uiteenlopende bovengenoemde onderzoeksdomeinen), maar in het kader van het voorgaande ligt deze voor de hand: SMR training zal in de eerste plaats de sterkste bursts trainen, die met de traagste periodiciteit optreden. Op die manier kan men veronderstellen dat de trage fluctuaties van het default mode network worden versterkt. In die zin zou het stabielere EEG (1-30 Hz), ingekaderd worden in een stabielere functioneren van het ultratraag fluctuerende default mode network, met een betere paraatheid en dus vigilantie in de betekenis van Head als gevolg. En wellicht ook met meer pink noise (omdat de allertraagste frequenties in de fluctuaties van het SMR-ritme, namelijk 0.01-0.02 Hz, sterker worden), en dus een betere “self-organizing criticality”. Deze studie uit 2013 kan dan ook als een bevestiging gezien worden van de hierboven besproken opvattingen.

Er werd overigens door andere onderzoekers aangetoond dat tijdens de slaap (en wellicht ook tijdens waaktoestand) cyclisch alternerende patronen optreden met vaak een periodeduur van zowat 50 seconden, en dat deze een rol spelen bij het stabiliseren van slaapstadia (en wellicht van waakzaamheid). S. Miano toonde in 2006 aan dat deze cyclisch alternerende patronen bij AD/HD duidelijk minder aanwezig zijn.

Deze visie is eigenlijk bij haast niemand in de onderzoekswereld van neurofeedback doorgedrongen: de meeste onderzoekers beperken zich trouwens tot empirisch onderzoek over de effectiviteit, en stellen zich veelal tevreden met simplistische modellen zoals het arousalmodel of toestandregulatiemodel. En de enkelingen die een vigilantie-model hanteren zoals M. Arns stellen vigilantie min of meer gelijk met arousal. Dat brengt dan ook mee dat de meeste neurofeedbacktherapeuten verkeerdelijk veronderstellen dat neurofeedbacktraining bij AD/HD een rechtstreekse aandachtstraining is, en dat cognitieve strategieën hierbij nuttig zijn. Laat ons niet vergeten dat de eerste neurofeedbacktraining van Sterman bij katten gebeurde, waar er van cognitieve strategie geen sprake kon zijn. En ook dat de verhoogde hoeveelheid slaapstabiliserende slaapspoeltjes na de training al helemaal niet door cognitieve strategieën verklaard kunnen worden!