

ALGEMEENE ELECTRENCEPHALOGRAPHIE

V.

DE ELECTRO-BIOLOGISCHE FUNCTIE
VAN DE HERSENSCHORS.

(DE ALPHA-GOLVEN.)

§ 15. *Enkele historische gegevens.*

Reeds in de laatste decenia der vorige eeuw zijn er onderzoekers geweest, die van de hersenschors van dieren elektrische stroomen wisten af te leiden, welke zij aantoonde met gevoelige galvanometers.

Tot hen behooren *Caton* (18), *Fleischl von Marxow* (19), *Beck* (20) en *Cybulski* (21). De stroomschommelingen, welke zij vonden, waren onafhankelijk van den pols en de ademhaling. In 1912 slaagde *Kaufmann* er in stroomen af te leiden van de schedelbeenderen van dieren (1a).

Neminski, die in 1925 het eerst onderzoekingen deed met den grooten Edelmannsche snaargalvanometer, onderscheidde in de stroomschommelingen golven van 10 tot 15 per seconde en golven van 20 tot 32 per seconde.

H. Berger (Jena), die reeds sedert 1902 gelijksoortige experimenten had gedaan, deed in 1924 zijn eerste onderzoek bij menschen; aanvankelijk bij patienten, die wegens een chirurgische indicatie waren getrepaneerd. Hij werkte met naaldelectroden en plaatselectroden en legde ze aan op verschillende plaatsen; in de schors, op de schors, op de dura, op den schedel, terwijl hem tenslotte bleek, dat men kon volstaan door ze met een vochtige onderlaag te plaatsen op de behaarde hoofdhuid. Toen dit laatste ontdekt was, kon pas een aanvang worden gemaakt met het eigenlijke electrencephalographische onderzoek bij den mensch. Toen pas was men in staat een inzicht te krijgen in de electrobiologische verschijnselen van de hersenschors van den

normalen gezonden mensch. Zonder deze mogelijkheid zou men nimmer inzicht verkrijgen in pathologische verschijnselen, daar een vergelijk met de normale electrobiologische actie ontbrak.

De uitkomsten, welke Berger verkreeg, waren steeds dezelfde.

Reeds vóór 1924, toen Berger bij zijn dierproeven veranderingen aantoonde in de stroomschommelingen, wanneer hij uitwendige prikkels gaf (tastprikkel, lichtprikkel, enz.) was hem gebleken, dat het niet noodig was de electroden te plaatsen in de nabijheid van de schorscentra, welke met de gegeven perifere prikkels correspondeeren; m.a.w. hij kreeg dezelfde veranderingen in de stroomschommelingen onverschillig waar hij de electroden aanlegde. Later zal blijken, dat dit feit van fundamenteel belang is.

Berger nam zich tenslotte als gewoonte aan plaat-electroden te gebruiken, die hij met een vochtige onderlaag bipolair aanlegde: frontaal op de haargrens en occipitaal op de kruin.

§ 16. *Het normale electrencephalogram.*

Sedert Berger in 1924 voor het eerst elektrische stroommen afleidde van de hersenschors van den mensch vond hij regelmatig dezelfde stroomschommelingen. Terwijl zijn techniek steeds meer werd geperfectioneerd en hij in 1931 de beschikking kreeg over den oscillograaf van Siemens en Halske, werd het beeld der curven wel markanter, doch het karakter der stroomschommelingen veranderde niet.

Wat betreft de lengte der golven kon Berger hetzelfde onderscheid maken, als Neminski reeds gedaan had bij zijn dierproeven. Berger onderscheidt golven van 90 tot 100 milliseconden, overeenstemmend met die van 10—15 per seconde volgens Neminski en golven van 40—50 milliseconden (20—32 per seconde volgens Neminski). De eerste noemde hij *alpha*-golven, de tweede *beta*-golven. Het fotografisch geregistreerde beeld kreeg den naam: *Electrencephalogram* (E.E.G.).

Nauwkeurige onderzoeken wezen uit dat de alpha-golven alléén door de grijze hersenschors geproduceerd worden. De betha-golven vond hij overal in het cerebrum, ook in de diepere lagen, ook in hersen-tumoren. De betha-golven veranderen nimmer en Berger beschouwt ze voorloopig als de golven waarin de levens-uitingen van het hersenweefsel zich manifesteren, terwijl ze met de psychophysische processen in engeren zin niets te maken hebben. Hierna nam Berger als werkhypothese voor zijn verdere onderzoeken aan, dat de alpha-golven de begeleidingsverschijnselen zijn van de bijzondere functie van de hersenschors, m.n. die men als psychophysische aanduidt.

Terwijl de lengte der alpha-golven bij normale personen geen wijziging ondergaat onder invloed van de psychophysische processen, zijn het de spanningsverschillen welke ten nauwste met deze samenhangen.

Schematisch kan een E.E.G. als volgt worden weergegeven:



Fig. 7

De betha-golven zijn op de alpha-golven gesuperponeerd. De ruimte tusschen twee verticale lijnen komt overeen met $1/20$ seconde. Bij het pijltje is er sprake van een lagere spanning (spanningsverval), want de spanningsverschillen uiteten zich in de verschillen der amplitudo's.

Fig. 8 en 9 geven het E.E.G. van twee normale gezonde proefpersonen, bij wie uitwendige prikkels zooveel mogelijk vermeden werden. Men onderscheidt duidelijk de alpha-golven en de gesuperponeerde betha-golven. Deze curven vertoonen op bepaalde punten onderlinge verschillen en zijn elk op zich onregelmatig

in haar verloop. In deze verschillen en onregelmatigheden uiten zich spanningsverschillen in de hersenschors. In de volgende paragrafen zullen wij een nader inzicht krijgen in hun oorsprong en beteekenis.

De figuren 7 en 8 vertoonen ook punten van overeenkomst, waarvan er één van primaire beteekenis is. Waar

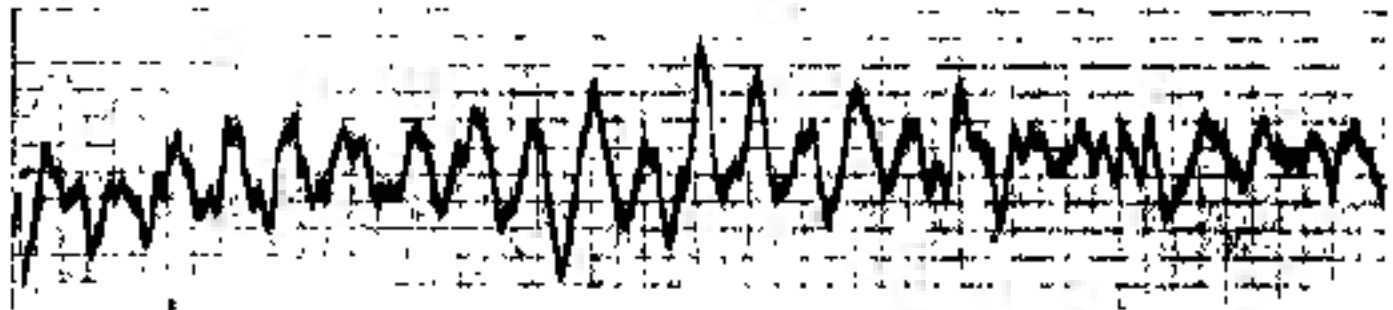


Fig. 8.

het nl. curven zijn van normale menschen, moet de gemiddelde lengte der alpha-golven 90—100 milliseconden ($1/10$ seconde), zooals Berger aangeeft, bedragen, wil men er zeker van zijn, dat men een *menschelijk* E.E.G. heeft afgeleid. Op de film beteekent de tusschenruimte tusschen twee verticale lijnen een tijdsduur van $1/20$ seconde; op elke cm. filmlengte zijn er 6, dus elke

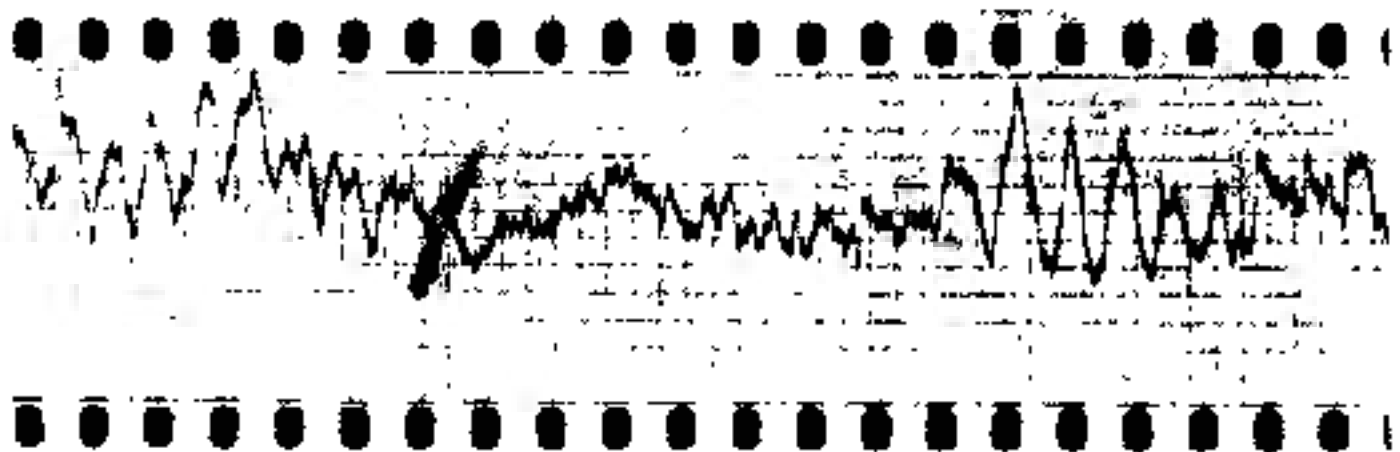


Fig. 9.

cm. komt overeen met $6/20$ is gelijk $3/10$ seconde. Op elke cm. filmlengte tellen we nu gemiddeld 3 alpha-golven, zoodat dus de gemiddelde lengte $1/10$ seconde bedraagt.

Voor de alpha-golven in het E.E.G. van den mensch is de frequentie van 10 per seconde karakteristiek.

17. De invloed van zintuigprikkel op het E.E.G.

Terwijl onder normale omstandigheden het E.E.G. van gezonde personen voortdurend spanningsverschillen vertoont, krijgt men markante spanningsverschillen te zien wanneer opzettelijke zintuigprikkel worden toegediend. *Berger's* onderzoek naar den invloed van zintuigprikkel op het E.E.G. had een verrassend resultaat: De alpha-golven, de begeleidingsverschijnselen van de

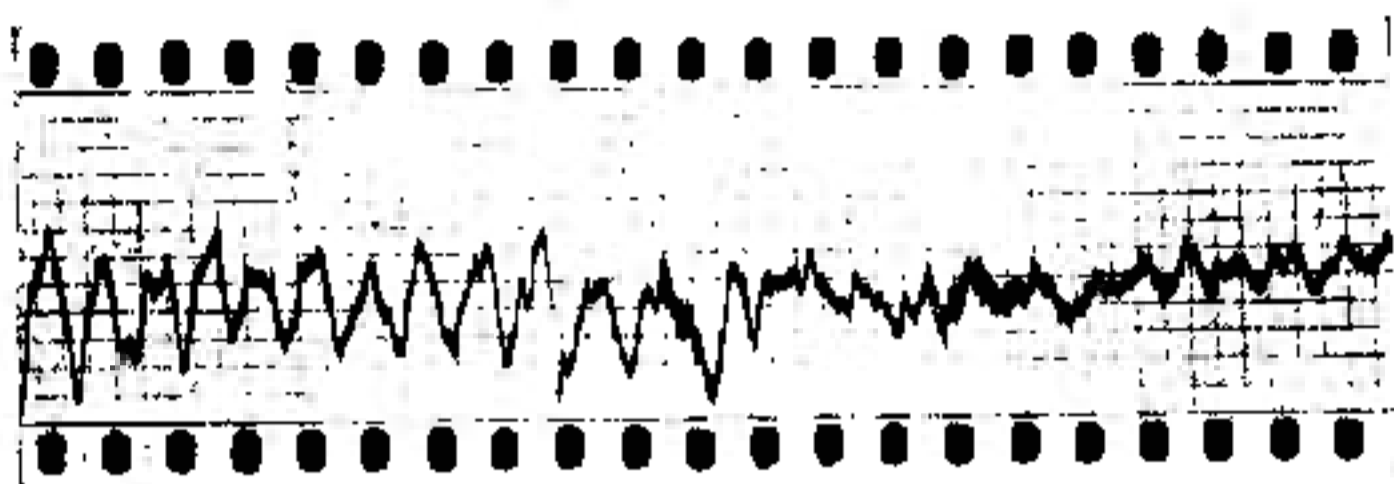


Fig. 10.

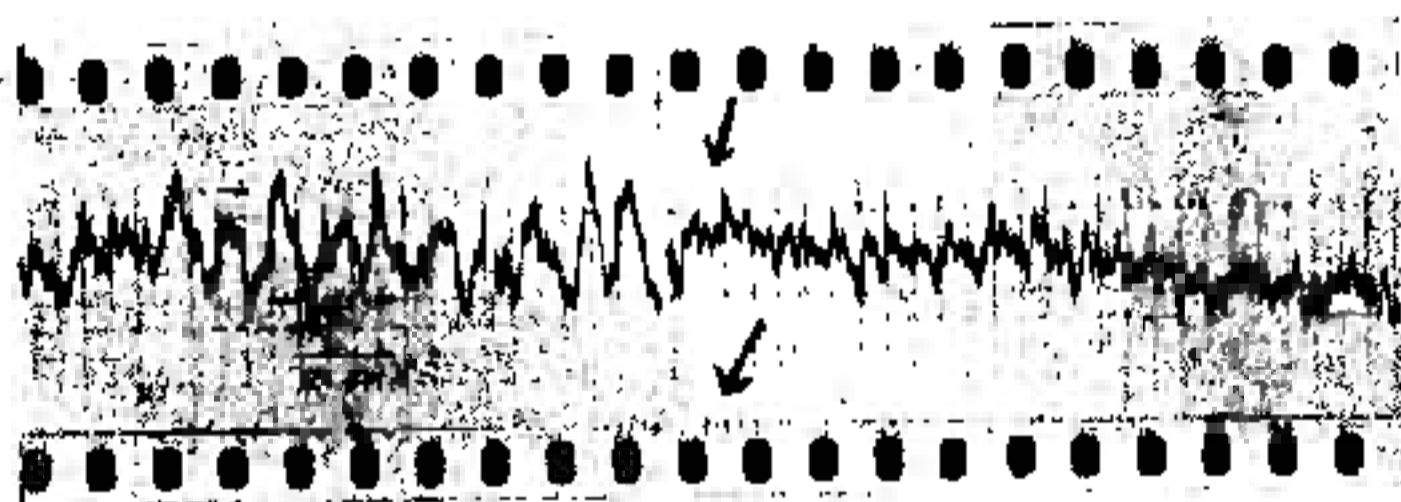


Fig. 11.

psychophysische processen, worden niet hooger maar krimpen in.

Hieronder volgen enkele resultaten van eigen onderzoek:

Fig. 10 is het E.E.G. van een gezonden volwassen man, wien een lichtprikkel werd gegeven. Ik beschikte toen nog niet over de tijdmarkeerinrichting (welke pas later werd ingebouwd). Duidelijk ziet men de inkrimping van de alpha-golven; zonder de tijdmarkeering meende ik toen toch te mogen veronderstellen, dat zich de invloed

van den lichtprikkel in genoemde inkrimping manifesteerde.

Toen het E.E.G. van fig. 11 werd opgenomen was de markerinrichting in het instrumentarium ingebouwd. Het E.E.G., waarbij eveneens sprake is van een lichtprikkel, spreekt overigens voor zichzelf (zie het pijltje). Zoowel de inkrimping der alpha-golf als de onderbreking der markeerlijn is duidelijk te zien. Deze opname geschiedde bij een normale volwassen vrouw.

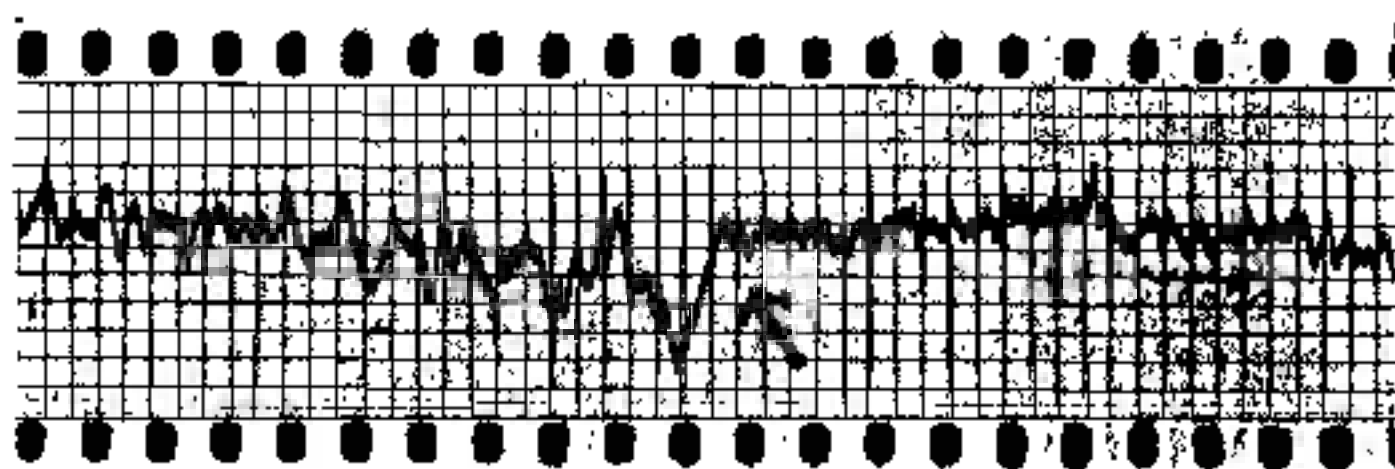


Fig. 12.



Fig. 13.

Het E.E.G. van fig. 12 is van een uitgesproken debiele vrouw. De inkrimping heeft hier pas plaats $3/20$ seconde na het geven van den lichtprikkel. Hoewel het niet de bedoeling is hier te wijzen op bijzondere uitkomsten in pathologische gevallen, mag ik niet nalaten er even de aandacht op te vestigen.

Fig. 13 is het E.E.G. van een psychopathe, met overgevoeligheid voor zintuigprikkel, welke haar zelfs beangstigen; de lange duur van de reactie op den zintuigprikkel valt hier op.

Fig. 14 is het E.E.G. van denzelfden persoon als van fig. 8; eveneens werd hier een lichtprikkel gegeven. Om nog eens vast te stellen, dat het onverschillig is in welke richting men de electroden aanlegt, werden deze nu in diagonale richting aangelegd. Overigens wil dit niet zeggen, dat de graad van spanningsverval bij verschillende afleidingen dezelfde is.



Fig. 14.

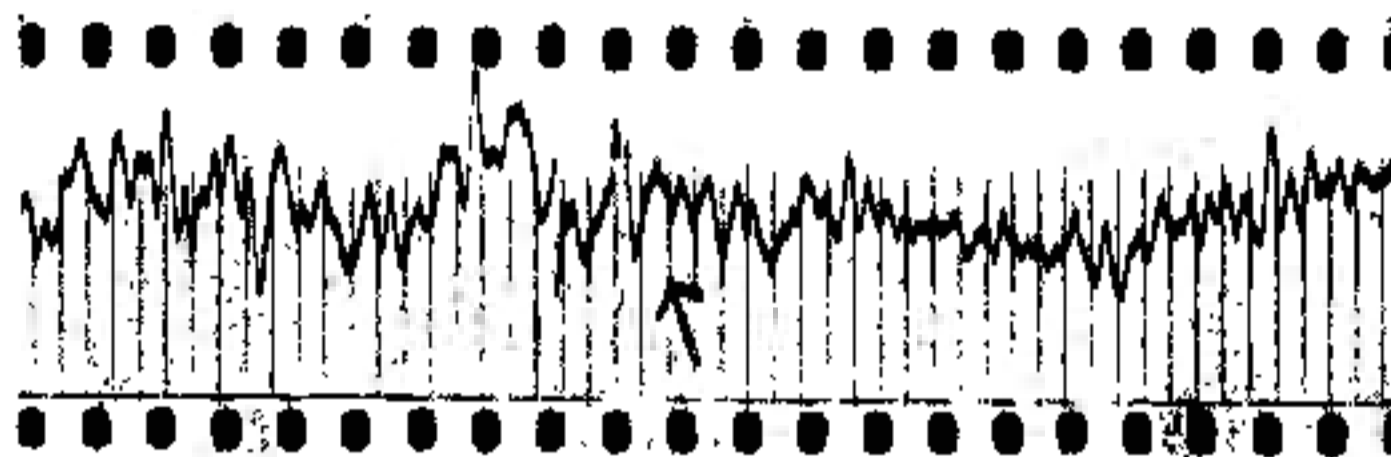


Fig. 15.

Fig. 15 geeft de reactie op een pijnprikkel weer. De inkrimping is relatief gering. De tijdmarkeering en dus ook de reactietijd is hier onzuiver geregistreerd; hier moest ik door iemand worden geassisteerd, die den pijnprikkel toediende terstond na het lichtsignaal, dat wél door dezen assistent, niet door den proefpersoon werd gezien.

Dit geval geeft aanleiding op het volgende te wijzen: De lezer zal hebben opgemerkt, dat op de verschillende afgebeelde electrencephalogrammen de inkrimping van de alpha-golf wordt voorafgegaan door één groote, scherpe amplitudo. Even heb ik gemeend, dat deze eveneens was op te vatten als een reactie op den licht-

prikkel was dat het psychologische proces van den lichtprikkel zich voor de inkrimping eerst manifesteerde in allen eenen grooten uitslag. Later bleek echter, dat in de gevallen waarin het lichtsignaal werd gebruikt, zonder dat de proefpersoon het licht zag, de bewuste groote uitslag niet te zien was, wanneer den proefpersoon een lichtprikkel werd gegeven met een niet-electrische lichtbron. Van dit laatste is ook fig. 9 een sprekend voorbeeld.

De conclusie lag voor de hand: die eene groote ampli-

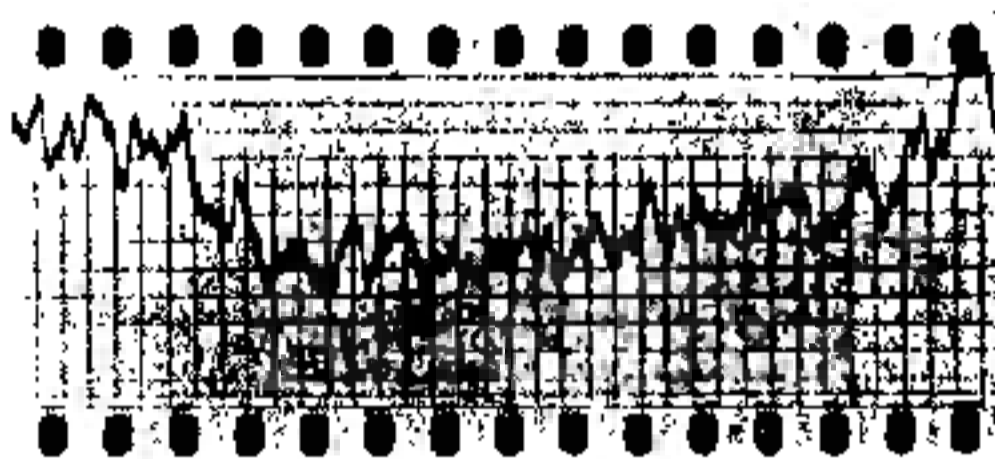


Fig. 16.



Fig. 17.

tudo geschiedde onder invloed van het batterijtje, welke de energie levert voor het lichtsignaal. Dit batterijtje bleek dus een vijand binnen de vesting, waarover in § 9 werd gesproken.

Naast den invloed van zintuigprikkelers werd door Berger ook nagegaan den invloed van andere schorsfunctie's, m.n. intellectueelen arbeid, gespannen denken, enz. Ook hierbij treedt een markante inkrimping der alpha-golven op (z.g. concentratie-curve; fig. 16).

Fig. 16 is het E.E.G. bij gespannen denken door een

persoon, die van te voren het E.E.G. van figuur 17 vertoonde.

Om tot een juist begrip te komen van den oorsprong en beteekenis van de spanningsverschillen dient hier nog eens de aandacht gevestigd te worden op het feit, dat het onverschillig is, waar de electroden worden aangelegd. Bij den zintuigprikkel is het niet noodzakelijk ze te plaatsen in de buurt van de corresponderende centra. In navolging van *Berger* nam ik als gewoonte aan de electroden te plaatsen frontaal op de haargrens en occipitaal op de kruin, hoewel ook andere plaatsen werden gebruikt met volkomen dezelfde resultaten. Tusschen de twee polen meet men de spanning van een zeer groot deel van de hersenschors en *Berger* concludeert dan ook aldus: *wanneer het centrum, dat met den zintuigprikkel correspondeert, geprikkeld wordt, treedt er een spanningsverval op over de geheele rest van de hersenschors* en hij veronderstelde aanvankelijk, dat dit spanningsverval ontstaat door een remming, welke van het geprikkelde centrum uitgaat.

Wat men bij een zintuigprikkel met het E.E.G. dus meet, is niet een spanningsverandering in het corresponderende centrum, maar *een spanningsverval in de geheele rest van de schors*.

Hier mag niet achterwege blijven dezelfde uitspraak van *Pawlow* te citeeren, als *Berger* deed in aansluiting aan bovengenoemde conclusie's, daar hij meende, dat zij overeenstemmen met de wijze waarop *Pawlow* zich uitsprak over het psychophysisch gebeuren: „Wenn eine Region der Grosshirnrinde über eine optimale Erregbarkeit verfügt, in denselben Moment befindet sich der ganze übrige Teil der Hemisphere im Zustand mehr oder minder herabgesetzter Erregbarkeit”.

§ 18. *De invloed van narcotische middelen op het E.E.G.*

Berger's hypothese, dat de alpha-golven de begeleidingsverschijnselen zijn van de bijzondere functie van de hersenschors, n.l. die men als psychophysische aan-

duidt, wordt krachtig gesteund door zijn onderzoekingen (gepubliceerd in 1931) met vergiften welke de hersenschors aangrijpen. Zoo zag hij na het toedienen van cocaine een duidelijke verhooging der alpha-golven, welke parallel ging met de verhooging der psychische prestatie's. Wanneer hij vergiften toediende, welke de hersenschors verlammen, m.n. chloroform, aether, morphine, scopolamine en andere specifieke schorsgiften, werden de alpha-golven steeds lager om ten slotte te verdwijnen.

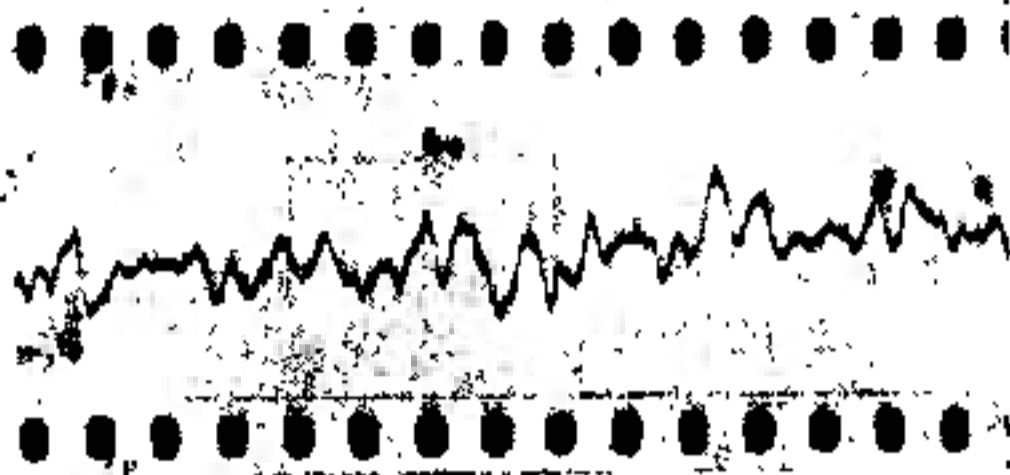


Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.

Fig. 18, 19 en 20 is het E.E.G. van een volwassen vrouw, wie scopolamine-morphine werd toegediend. Fig. 18 is het E.E.G. vóórdat de invloed van de injectie zich deed gelden; fig. 19 is het E.E.G. opgenomen toen zij bijna sliiep, terwijl het E.E.G. van fig. 20 werd opgenomen in slaap.

In 1933 verscheen een van de meest verrassende publicatie's van *Berger*. Hierin deed hij mededeelingen over zijn resultaten met de bekende hersenslam-narco-

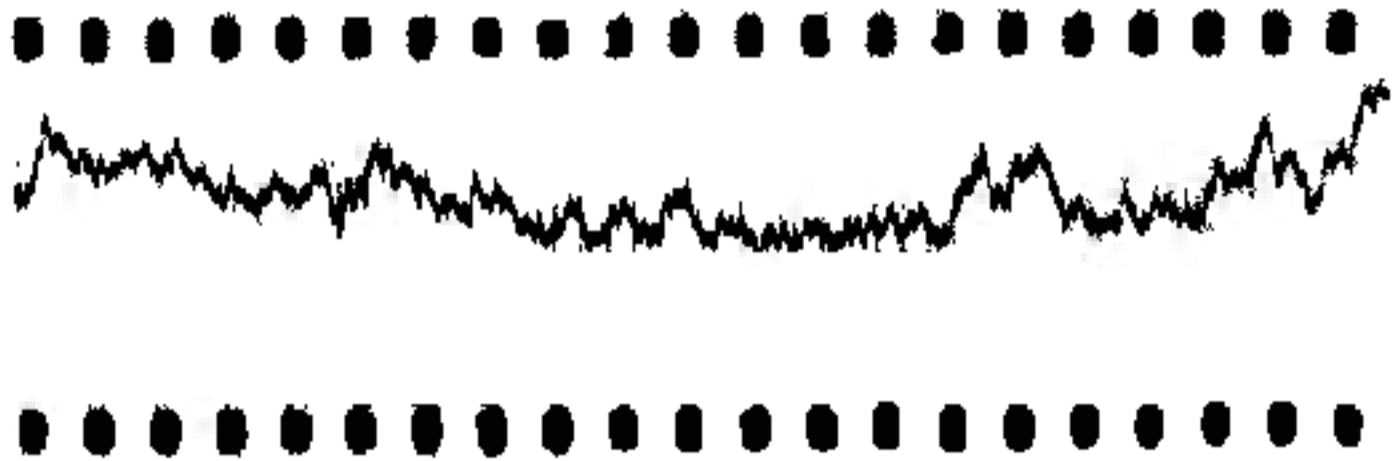


Fig. 21.

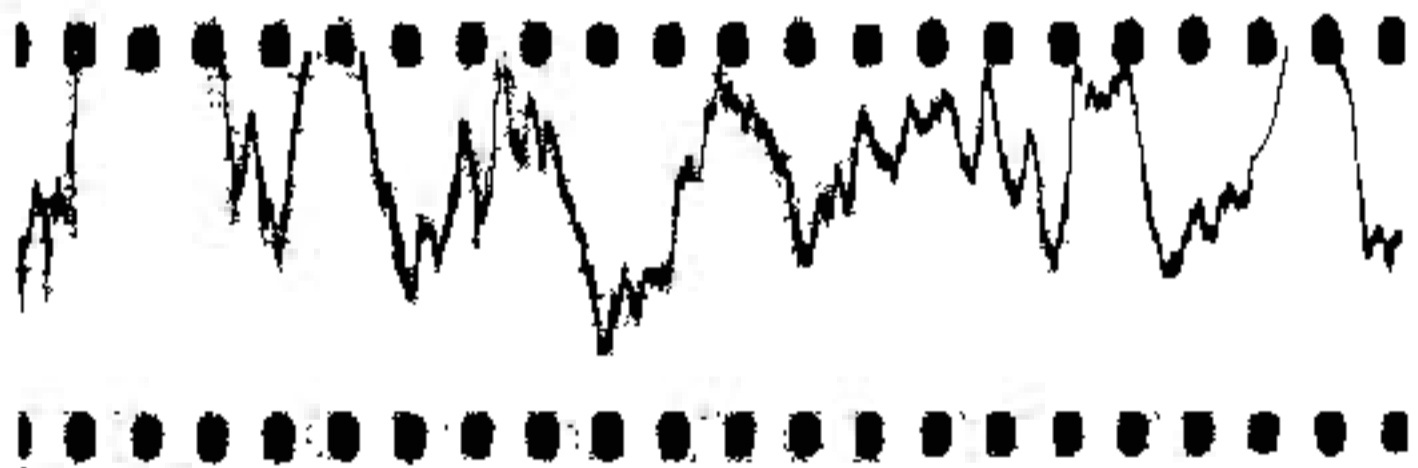


Fig. 22.

tica pernocton en evipan; in de toestand van slaap en bewusteloosheid onder invloed van deze middelen worden de alpha-golven, in tegenstelling als bij de schorsgiffen het geval is, in sterke mate verhoogd.

Fig. 21 is het E.E.G. van een volwassen vrouw in normale conditie.

Terstond na deze opname werd haar intraveneus evipan toegediend. Fig. 22 is het E.E.G. opgenomen toen zij in diepen slaap was. Behalve de zeer hoge

amplitudo's der alpha-golven ziet men in fig. 22 wat *Berger* noemt de *groepvorming*; door een overvloedige productie vormen zich groepen van onvoltooide alpha-golven.

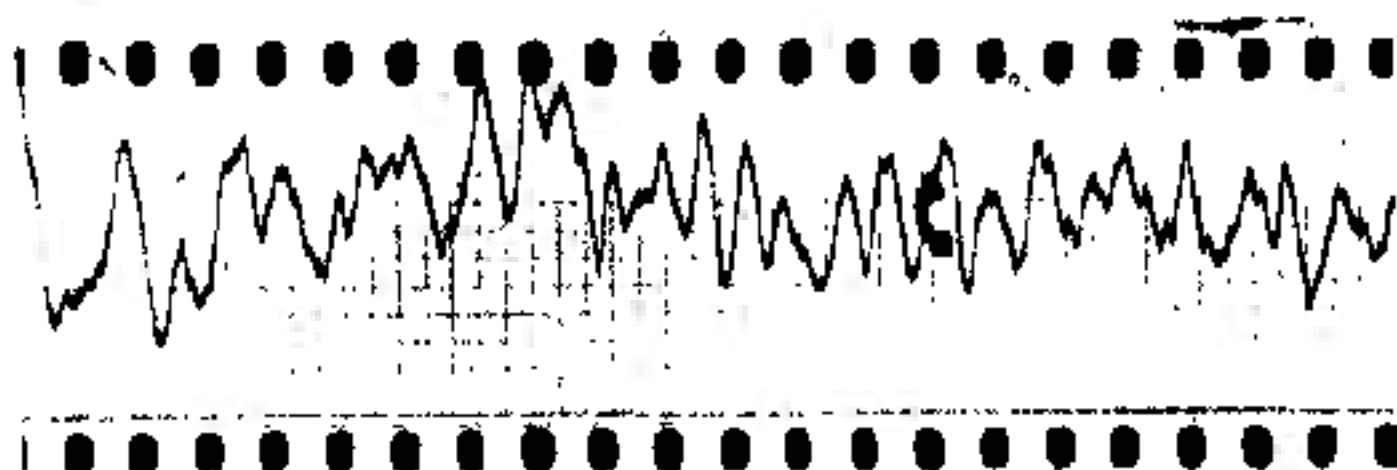


Fig. 23.

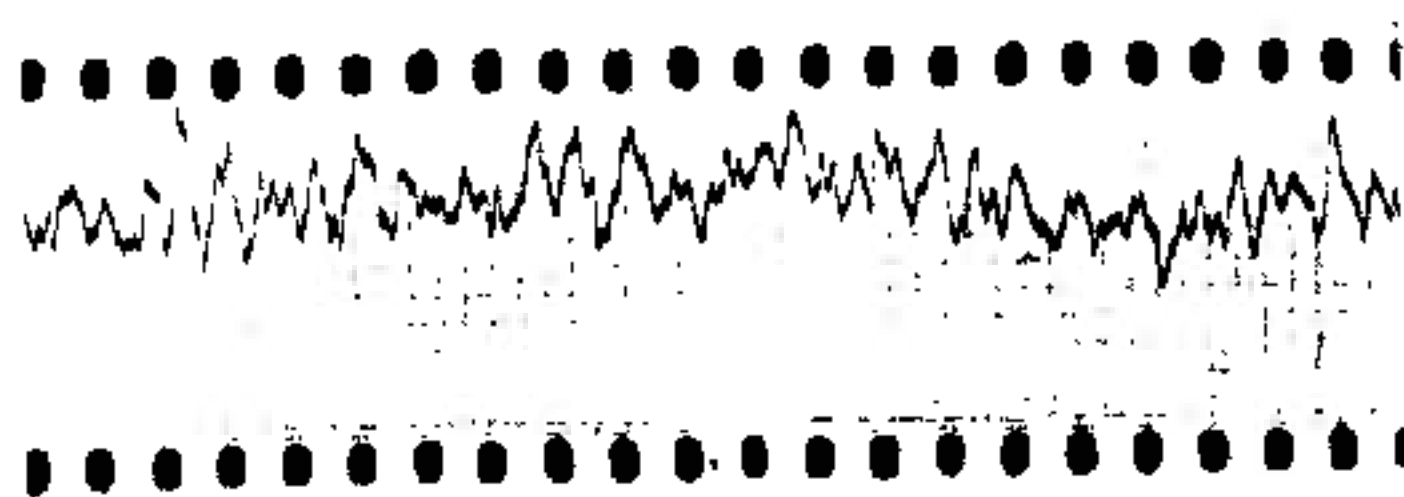


Fig. 24.

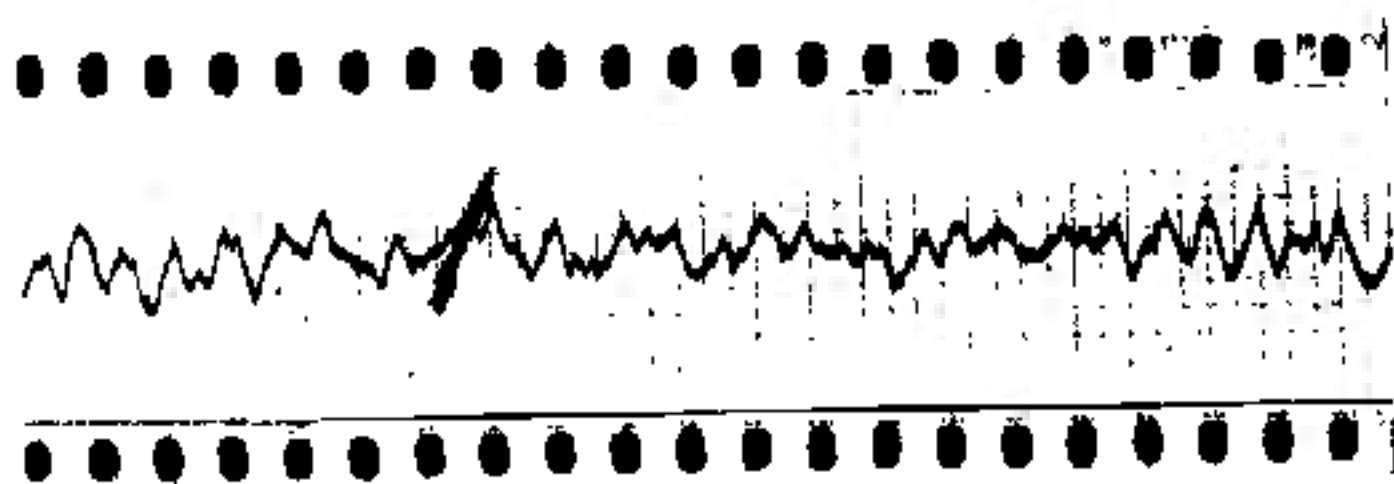


Fig. 25.

Fig. 23, 24 en 25 zijn de E.E.G.'s van een anderen patient, wien intraveneus evipan werd toegediend. De figuren toonen 3 fasen: bewusteloosheid, het stadium van ontwaken en het ontwaakt zijn.

Dat er een fundamenteel onderscheid bestaat tus-schen den schors-slaap en den hersenstam-slaap is

bekend, maar in de vondst van Berger manifesteert zich het bestaan van dit onderscheid op verrassende wijze.

Tot de hersenstam-narcotica (ook genaamd subcorticale, thalamische, of basis-narcotica) behooren alle barbituurzuur-verbindingen o.a. pernocton, evipan, somnifeen, veronal, luminal, rutonal en prominal. Uit het feit, dat onder invloed van deze giften de alpha-golven hooger worden, trok Berger de conclusie, dat bij uitschakeling van den hersenschors de schors wordt ontremd en hij vraagt zich af hoe deze ontremming ontstaat. In dit verband verwijst Berger naar de onderzoekingen van onzen landgenoot *Dusser de Barenne* (27), die vond dat, wanneer hij een punt van de motorische zône van de hersenschors van dieren blokkeerde met novocaïne, er een groote prikkelbaarheid van dit punt ontstond. Dit beteekent, dat de remmende invloeden, welke blijkbaar in den thalamus ontstaan, geblokkeerd worden. Onder invloed van de barbituurzuur-verbindingen valt de thalamus-remming uit. Dit leidt tot verhoogde prikkelbaarheid der hersenschors en verklaart het ontstaan van de myoklonieën, de motorische onrust en ook de epileptische insulten, die men soms na toediening van een barbituur-derivaat ziet.

In ons land heeft *Meerloo* (28) speciaal de aandacht gevestigd op deze complicaties bij het gebruik van barbituurzuur-verbindingen. Zelf zag ik in de kliniek een epileptisch insult na een slaapkuur en een epileptisch insult in een evipan-narcose.

In dit verband vestig ik nog even de aandacht op de myoklonieën, welke zich bij vele normaal gezonde menschen manifesteren bij het inslapen. Waarschijnlijk begint de gewone slaap steeds als hersenstamsluip, om later in een schors-slaap over te gaan. Het ontremd zijn van de schors kan dan aanleiding geven tot de bewuste myoklonieën („secousses présomniques”), welke met een hevige schrik gepaard gaan.

Met recht stelt *Berger* zich de vraag hoe het mogelijk is dat een ontremming van de hersenschors tenslotte een toestand van slaap of volkomen bewusteloosheid

tewegg brengt. En het antwoord op deze vraag geeft een dieper inzicht in het mechanisme van het bewustzijn. Wij zagen reeds, dat prikkeling van een bepaalde zône van de schors gepaard gaat met remming van de geheele rest van de schors en Berger concludeert hieruit, dat het bewust worden van een zintuigprikkel (dus het bewustzijn) een samenwerking is van de prikkeling van het corresponderende centrum en de remming (het niet functioneeren) van de rest van de schors (waarvoor de hersenstam zorg draagt). Het bewustzijn pretendeert dus o.i.s. een rellef van potentiaalverschillen op de schors.

Schakelt men nu de remming van de hersenschors geheel uit door een hersenstamgift, dan kan er van een potentiaal verschil geen sprake zijn en is het bewustzijn opgeheven. Men kan dus het bewustzijn verliezen óf door het verdwijnen van de schorsfunctie (vergelijk de chloroformnarcose) óf door een functie van de schors, die men in zekeren zin ideaal zou kunnen noemen; er bestaan namelijk geen remmingen, dus geen potentiaalverschillen.

§ 19. De invloed van zuurstofgebrek. De hyperventilatie.

Later deed Berger nog een onderzoek naar het E.E.G. onder invloed van zuurstofgebrek (b.v. bij lichtgasvergiftiging). Het resultaat was, dat ook hierbij een ontremming van de schors plaats vindt en het E.E.G. dus hogere alpha-golven vertoont.

Hij herinnert dan ook in dit verband aan het epileptisch insult na hyperventilatie en concludeert, dat dit alles pleit voor de opvatting, dat de hersenstam een belangrijke, zoo niet primaire, rol speelt in het ontstaan van de epilepsie. Onderzoekingen o.a. van Specht, Bingswanger en Ziehen, hadden vroeger reeds voor deze opvatting gepleit. Berger heeft zelfs kunnen constateeren, dat het begin van het epileptisch insult, vóór het intreden van de bewusteloosheid, gepaard gaat met een verhooging der alpha-golven. De ontremming van

de schors bleek gevolgd te worden door een algeheele remming, m.n. het verdwijnen der alpha-golven (post-epileptische slaap).

Tenslotte dient in dit verband nog gewezen te worden op het feit, dat door een flinken uitwendigen prikkel b.v. het omsnoeren van den arm, een naderend epileptisch insult kan voorkomen. Door dezen uitwendigen prikkel wordt de ontremming vanuit den hersenstam voorkomen. Op het epileptisch insult kom ik later nog terug.