

SEEG, EEN SPRONG IN HET DIEPE

Een onderzoek naar de bron van fysiologische EEG-activiteit

Naam: Karin Breviers

Cursistenummer: 112581056

Opleiding: HBO Bachelor Laborant klinische neurofysiologie

Datum: 10-06-2019

Inzendnummer: 125H5

Authenticiteitsverklaring

Met ondertekening verklaar ik, Karin Breviers, studente aan LOI Hogeschool, dat ik bij het schrijven van mijn afstudeeropdracht voor de opleiding HBO laborant klinische neurofysiologie met de titel 'SEEG, een sprong in het diepe' geen plagiaat heb gepleegd en dat de rapportage het resultaat is van mijn eigen werk en verwoord is in mijn eigen woorden, behoudens citaten. Daar waar mijn afstudeeropdracht gebaseerd is op informatie dan wel ideeën van een ander, heb ik die ander rechtgedaan door naar diens geraadpleegde werk te verwijzen. Tevens verklaar ik te allen tijde verantwoordelijk blijf voor het bovenstaande.

Plaats:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Inhoudsopgave

Authenticiteitsverklaring.....	2
Hoofdstuk 1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Probleemformulering	5
1.2.1. Hoofdvrage.....	6
1.2.2. Deelvragen.....	6
1.3 Aanpak.....	6
1.4 Doelstelling.....	6
Hoofdstuk 2. Onderzoeksontwerp	7
2.1 Onderzoeksmodel	7
2.1.1. Onderzoekslocatie	7
2.1.2 Patiëntenpopulatie dossieronderzoek	7
2.1.3 EEG-fenomenen literatuur- en dossieronderzoek	8
2.1.4 Begrenzungen onderzoek.....	8
2.2 Technisch ontwerp	8
2.2.1. Het literatuuronderzoek.....	8
2.2.2. Dossieronderzoek.....	10
Hoofdstuk 3. Theorie	12
3.1. Posterieur ritme	12
3.2. Muritme.....	13
3.3. Lambdagolven	14
3.4. K-complexen.....	15
3.5. Slaapspoelen.....	16
3.6. Vertexgolven	17
3.7. POSTS.....	17
3.8. (S)EEG en de techniek.....	18
3.9. Conclusie +reflectie literatuurstudie	21
Hoofdstuk 4. Empirie	24
4.1. Onderzoeksgegevens.....	24
4.1.1. Lokalisatieonderzoek dossieronderzoek SEEG-activiteit.....	24
4.1.2. Interobserver variabiliteitsonderzoek	24
4.2. Onderzoeksresultaten	26
4.2.1. Resultaten lokalisatieonderzoek dossieronderzoek SEEG-activiteit	26
4.2.2. Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek.....	29

4.3. Analyse	33
4.3.2. Conclusie interobservervariabiliteitsonderzoek.....	34
Hoofdstuk 5. Conclusie & Aanbevelingen	35
5.1. Conclusies.....	35
5.1.1. Waak-activiteit	35
5.1.2. Slaap-activiteit.....	36
5.1.3. Betrouwbaarheid.....	38
5.1.4. Tot slot.....	38
5.2. Aanbevelingen.....	39
Literatuur.....	41
Reflectie.....	44
Reflectie literatuurstudie	44
Reflectie onderzoeksmethodiek.....	44
Reflectie onderzoeksresultaten.....	44
Beroepscompetenties	45
Bijlagen	47
Plan van aanpak.....	47
Overige bijlagen.....	58
Interobservervariabiliteitsonderzoek.....	58

Hoofdstuk 1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Op de epilepsy monitoring unit (EMU) afdeling van Kempenhaeghe te Heeze worden intracraniële Stereo-EEG (SEEG) registraties gedaan in het kader van pre-chirurgisch onderzoek voor epilepsiechirurgie. Hierbij wordt activiteit rechtstreeks in het brein gemeten. Er wordt gebruik gemaakt van elektrodenstrips met 5-18 contactpunten die stereotactisch zijn ingebracht. Tijdens deze registraties wordt getracht epileptische aanvallen te registreren om zo exact mogelijk de onset van de aanvallen te bepalen.

Het SEEG is dus specifiek bedoeld voor bronlokalisatie van pathologische activiteit als aanvullend onderzoek binnen het pre-chirurgisch traject voor epilepsiepatiënten.

Er wordt ook fysiologische activiteit gemeten. Deze heeft geen prioriteit om te analyseren binnen het pre-chirurgisch traject, waardoor er in de literatuur weinig over beschreven staat. Wel staan er theorieën beschreven over welke hersenstructuren betrokken zijn bij het tot stand komen van fysiologische EEG-fenomenen. Is het met SEEG mogelijk om meer informatie te krijgen over de oorsprong van fysiologische EEG-fenomenen die tot nu toe alleen nog zijn beschreven wanneer er wordt gemeten vanaf de schedel? Kan SEEG bijdragen aan onze kennis over welke gebieden er betrokken zijn bij het tot stand komen van fysiologische EEG activiteit?

Deze vragen leidden tot dit onderzoeksplan.

1.2 Probleemformulering

In de dagelijkse praktijk van de klinische neurofysiologie zien we dat SEEG een adequate bijdrage levert aan de bronlokalisatie van epileptische activiteit, mits er een succesvolle implantatie werd uitgevoerd (Colon et al. 2014). Er worden echter nog meer fenomenen gemeten tijdens een SEEG. Diagnostisch zijn deze extra gegevens binnen het epilepsiechirurgietraject van weinig waarde. Echter is het onduidelijk of deze gegevens mogelijk wel een bijdrage kunnen leveren aan een toenemend inzicht in de oorsprong en lokalisatie van fysiologische EEG-fenomenen. En hoe makkelijk is het herkennen van de bekende fysiologische EEG-fenomenen van het oppervlakte-EEG, in de relatief onbekende wereld van SEEG?

Wanneer er wordt gemeten met diepte-elektroden geeft dit een kans om “dichterbij” te kijken en meer inzicht te geven in de precieze lokalisatie golfvorm en/of frequenties. Dit kan bijdragen aan de kennis over welke hersengebieden er betrokken zijn bij het tot stand komen van bepaalde fysiologische EEG fenomenen. Daarnaast kan dit onderzoek van waarde zijn voor verder wetenschappelijk onderzoek naar bronnen van EEG-activiteit.

Dit onderzoek is bedoeld voor KNF-laboranten en KNF-laboranten in opleiding die in hun dagelijkse routinewerk o.a. oppervlakte-EEG's doen en zich willen wagen aan SEEG-registraties. Het beoordelen van SEEG's maakt een groot deel uit van de dagelijkse routine in een gespecialiseerd epilepsiecentrum. Het is daarom belangrijk dat de laborant bijzonderheden weet te onderscheiden van het normale achtergrondpatroon. Ik probeer te beantwoorden of je ervan uit kan gaan dat je dezelfde soort ritmes in de diepte meet als de ritmes die je aan de oppervlakte meet en wat de technische (on)mogelijkheden hierbij zijn. Tevens zou een interobserver variabiliteitsonderzoek van aanvullende waarde kunnen zijn voor klinisch neurofysiologen die een beeld zouden willen krijgen over hoeveel consensus er bestaat tussen hunzelf, hun laboranten en/of anderen op de afdeling. Uit deze probleemformulering zijn de volgende vragen naar voren gekomen:

1.2.1. Hoofdvraag

In welke mate kan er met SEEG meer informatie over fysiologische EEG-fenomenen worden verkregen, dan wanneer er wordt gemeten met oppervlakte-elektroden?

1.2.2. Deelvragen

1. Wat is er bekend over de eigenschappen van fysiologische EEG-activiteit?
2. Hoe verhoudt een SEEG-signaal zich tot een oppervlakte-EEG signaal?
3. In hoeverre kan SEEG informatie geven over welke hersengebieden betrokken zijn bij het tot stand komen van fysiologische EEG-fenomenen?

1.3 Aanpak

Dit onderzoek wil antwoord geven op de vraag of er middels SEEG meer informatie verzameld kan worden, over bepaalde fysiologische EEG-fenomenen, dan we tot nu toe gedaan hebben met oppervlaktemeting. Dit onderzoek is ingedeeld in meerdere hoofdstukken: In hoofdstuk 1 zijn de aanleiding, probleemformulering en de aanpak van dit onderzoek beschreven. In hoofdstuk 2 wordt het onderzoeksmodel en het technisch ontwerp van het onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 is de literatuurstudie beschreven. Deze is onderverdeeld in 8 hoofdstukken.

- Posterieur ritme (alfaritme)
- Muritme
- Lambdagolven
- K-complexen
- Slaapspoelen
- Vertexgolven
- POSTS
- (S)EEG en de techniek

In hoofdstuk 4 wordt de praktijkstudie beschreven. Deze bestaat uit een retrospectief bureauonderzoek en lokalisatieonderzoek van activiteit in SEEG-registraties van 20 patiënten en een interobserver variabiliteitsonderzoek.

In hoofdstuk 5 is de algemene conclusie beschreven en worden er aanbevelingen gedaan. Bijgevoegd: referenties, reflecties en het plan van aanpak. Interobserver variabiliteitsonderzoek.

1.4 Doelstelling

Door middel van retrospectief dossieronderzoek van SEEG-registraties en een literatuurstudie onderzoeken of er met SEEG meer informatie verzameld kan worden over fysiologische EEG-activiteit dan met oppervlakte-EEG. De verkregen informatie gebruiken om data te verzamelen voor een interobservervariabiliteitsonderzoek waarmee de consensus binnen een KNF-afdeling getoetst kan worden over het al dan niet fysiologisch zijn van (S)EEG-fenomenen.

Hoofdstuk 2. Onderzoeksontwerp

Om antwoord te kunnen geven op de vragen in dit onderzoek is ervoor gekozen om zowel literatuuronderzoek als dossieronderzoek te gaan doen. Het literatuuronderzoek dient hierbij als achtergrondinformatie over de beschreven concepten. Wat is er al bekend en hoe zijn deze inzichten in de loop van de jaren tot stand gekomen? Het dossieronderzoek zal verder ingaan op de analyses de EEG-signalen door middel van twee meettechnieken.

2.1 Onderzoeksmodel

Het onderzoek bestaat uit de literatuurstudie en het dossieronderzoek. In dit model zal een beschrijving gemaakt worden van de onderzoekslocatie, de onderzoekspopulatie en zullen bij beide onderzoeken de in- en exclusiecriteria beschreven worden.

2.1.1. Onderzoekslocatie

De registraties worden aangeleverd door Kempenhaeghe Heeze, Academisch Centrum voor Epileptologie. Kempenhaeghe is een centrum voor de zorg, diagnostiek en behandeling van epilepsie. Sinds 2008 worden er ook SEEG-registraties gedaan ten behoeve van epilepsiechirurgie. De elektroden worden chirurgisch ingebracht in het Academisch Medisch Centrum Maastricht (MUMC). De patiënten worden na implantatie naar Kempenhaeghe Heeze overgeplaatst, waarbij er in een periode van 2-4 weken SEEG wordt geregistreerd met simultaan video-opnamen. Er wordt gebruik gemaakt van het meetsysteem Stellate. De samplefrequentie is ingesteld op 1000Hz. De signalen worden met zowel bipolaire als referentiële afleidingen bekeken. Het contactpunt dat als referentie zal dienen wordt altijd gekozen in de witte stof.

2.1.2 Patiëntenpopulatie dossieronderzoek

Dossieronderzoek van twintig patiënten, allen bekend met een lokalisatie gebonden epilepsie, die in aanmerking kunnen komen voor epilepsiechirurgie. Deze patiëntengroep bestaat uit alle patiënten die binnen Kempenhaeghe een SEEG hebben gehad binnen de periode van 2008 tot 2015 en voldoen aan onderstaande inclusiecriteria. Na 2015 is er een ander meetsysteem in gebruik genomen waardoor de resultaten niet goed met elkaar te vergelijken zouden zijn. De leeftijd van de patiënten ligt tussen de 16 en de 60 jaar. De SEEG-registraties zijn gemiddeld gedurende 3 weken uitgevoerd, 24 uur per dag. Patiënten van 16 jaar en ouder worden in een klinische studie als volwassen en zelf beslissingsbevoegd gezien. Daar er uitsluitend van data gebruik wordt gemaakt is informed consent niet verplicht. De patiënten hebben allen via een "geen bezwaar systeem" deelgenomen aan deze studie. Alle patiënten hebben daarmee ingestemd voor wetenschappelijk onderzoek

De inclusiecriteria voor de patiëntenpopulatie zijn:

- De patiënt heeft een SEEG-registratie op Kempenhaeghe gehad in de periode van 2008 tot 2015.
- De MRI toont geen grote structurele afwijkingen.

2.1.3 EEG-fenomenen literatuur- en dossieronderzoek

Er worden uitsluitend fysiologische EEG-fenomenen in dit onderzoek betrokken:

	<i>Waak</i>	<i>Slaap</i>
<i>Posterieur ritme</i>		K-complex
<i>Muritme</i>		Slaapspoelen
<i>Lambdagolven</i>		Vertexgolven
		POSTS

Tabel 1. In dit onderzoek betrokken fysiologische EEG-fenomenen.

2.1.4 Begrenzings onderzoek

- Alle patiënten hebben een ander implantatieschema voor de SEEG-registratie. Dit betekent dat niet ieder fenomeen bij iedere patiënt gezien kan worden. Er zijn met name fronto-centrale en posterieure gelokaliseerde registraties beschikbaar.
- Het contactpunt waarop de maximale amplitude wordt gezien betekent niet dat deze zich in de bron van de activiteit bevindt. Het betekent enkel dat het betreffende contactpunt zich het dichtst bij de bron van het fenomeen/ritme bevindt in vergelijking tot de andere contactpunten binnen diezelfde elektrode.
- Het dossieronderzoek betreft een explorerend retrospectief onderzoek, waarmee afhankelijkheid is van de te beschikken data. Er is gestreefd om een zo groot mogelijke groep patiënten mee te nemen in dit onderzoek.
- De onderzoeker verzamelt haar eigen onderzoeken volgens.

2.2 Technisch ontwerp

Deelvraag 1 en 2 zullen beantwoord worden middels literatuuronderzoek.

Deelvraag 3 zal beantwoord worden middels de uitkomsten van het dossieronderzoek.

2.2.1. Het literatuuronderzoek

Via literatuuronderzoek zal er antwoord gegeven worden op deelvraag 1 en deelvraag 2.

1. Wat is er bekend over de eigenschappen van fysiologische EEG-activiteit?
2. Hoe verhoudt een SEEG-siginaal zich tot een oppervlakte-EEG-siginaal?

De zoekstrategie wordt beschreven door verder in te gaan op de in- en exclusiecriteria, de gebruikte zoektermen en de bijbehorende resultaten per zoekmachine.

<i>Inclusiecriteria</i>	<i>Exclusiecriteria</i>
<i>Wetenschappelijke artikelen</i>	Geen full-text artikelen
<i>Nederlandstalige artikelen</i>	<i>Boeken die niet Nederlands-, Engels-, of Duitstalig zijn</i>
<i>Engelstalige artikelen</i>	Artikelen die niet Nederlands-, Engels-, of Duitstalig zijn
<i>Duitstalige artikelen</i>	
<i>Nederlandstalige studieboeken</i>	
<i>Engelstalige studieboeken</i>	

Tabel 2. In- en exclusiecriteria literatuuronderzoek

Zoektermen

<i>Deelvraag</i>	Nederlandstalige zoekterm	Engelstalige zoekterm	Duitstalige zoekterm
<i>Deelvraag 1</i>	EEG termen	EEG terms	EEG
	EEG patronen	EEG patterns	Elektrenkephalogramm
	Benigne	Benign	
	Alfaritme	Alpha rhythm	
	Posterieur ritme	posterior dominant rhythm	
	Muritme	Mu rhythm	
	K-complexen	K-complex	
	Slaapspoelen	Sleep spindles/sigma waves	
	Vertexgolven	Vertex waves	
	POSTS/positieve occipitale scherpe transiënten in slaap	POSTS/positive sharp transients in sleep	
	Insignificante patronen	Unsignificant patterns	
	BOLD	Abnormalities	
		BOLD	
<i>Deelvraag 2</i>	SEEG	SEEG	
	Technische aspecten	Technical aspects SEEG	
	SEEG	Technical aspects EEG	
	Technische aspecten EEG	Methods	
	Methodiek	Spatial resolution	
	Spatiële resolutie	Temporal resolution/Time - resolution	
	Temporele resolutie	Intracranial EEG	
	Intracranieel EEG	Human Brain Mapping	
	Stereo- Electroencephalography		
	Stereotactic Electroencephalography		

Tabel 3. Zoektermen per deelvraag

Database of zoekmachine

Google Scholar
Pubmed/Medline
Medscape

Tabel 4. Gebruikte databases en zoekmachines

2.2.2. Dossieronderzoek

2.2.2.1. Dossieronderzoek SEEG-registraties

Alle SEEG-registraties worden retrospectief exploratief bekeken door de onderzoeker. Er wordt activiteit geselecteerd die overeenkomt met de criteria die gesteld zijn door de International Federation of Clinical Neurophysiology (Noachtar et al. 1999) (tabel 5+6). Er is een onderscheid gemaakt tussen waak- en slaaptoestand (zie tabel 1).

Beoordelingsparameters SEEG fenomenen:

- De frequentie en de morfologie komen overeen zoals deze beschreven staan in A glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and proposal for the report form for the EEG findings. The International Federation of Clinical Neurophysiology (Noachtar et al. 1999)

<i>Activiteit</i>	<i>Criteria</i>
<i>Posterieur ritme</i>	Rhythm at 8±13 Hz occurring during wakefulness over the posterior regions of the head, generally with maximum amplitudes over the occipital areas. Amplitude varies but is mostly below 50 mV in the adult. Best seen with the eyes closed and during physical relaxation and relative mental inactivity. Blocked or attenuated by attention, especially visual, and mental effort
<i>Muiritme</i>	Rhythm at 7±11 Hz, composed of arch-shaped waves occurring over the central or centroparietal regions of the scalp during wakefulness. Amplitude varies but is mostly below 50 mV. Blocked or attenuated most clearly by contralateral movement, thought of movement, readiness to move or tactile stimulation.
<i>Lambdagolven</i>	Diphasic sharp transient occurring over the occipital regions of the head of waking subjects during visual exploration. The main component is positive relative to other areas. Time-locked to saccadic eye movement. Amplitude varies but is generally below 50 mV.

Tabel 5. Beoordelingsparameters waakactiviteit volgens Noachtar et al. (1999).

<i>Activiteit</i>	<i>Criteria</i>
<i>K-complex</i>	A burst of somewhat variable appearance, consisting most commonly of a high voltage negative slow wave followed by a smaller positive slow wave frequently associated with a sleep spindle. Amplitude is generally maximal in the frontal vertex. K complexes occur during nonREM sleep, apparently spontaneously, or in response to sudden sensory stimuli, and are not specific for any individual sensory modality (see vertex sharp transient).
<i>Sigma spoelen</i>	Burst at 11±15 Hz but mostly at 12±14 Hz generally diffuse but of higher voltage over the central regions of the head, occurring during sleep. Amplitude varies but is mostly below 50 pV in the adult.
<i>Vertexgolven</i>	Sharp potential, maximal at the vertex, negative relative to other areas, apparently occurring spontaneously during sleep or in response to a sensory stimulus during sleep or wakefulness. May be single or repetitive. Amplitude varies but rarely exceeds 250 mV. Abbreviation: V wave (see K complex).
<i>POSTS</i>	Sharp transient maximal over the occipital regions, positive relative to other areas, apparently occurring spontaneously during sleep. May be single or repetitive. Amplitude varies but is generally below 50 mV

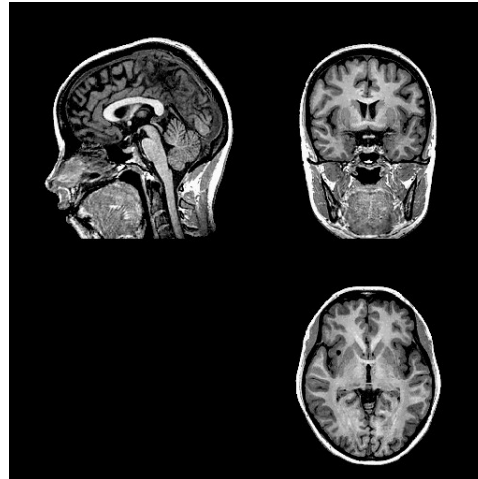
Tabel 6. Beoordelingsparameters slaapactiviteit volgens Noachtar et al. (1999).

2.2.2.2. Lokalisatieonderzoek dossieronderzoek fysiologische SEEG-activiteit

De uiteindelijk geselecteerde SEEG-fenomenen zullen per patiënt worden vergeleken qua lokalisatie. Per fenomeen zal bepaald worden op welk contactpunt deze maximaal optreedt. Dit betekent; dat betreffende contactpunt zich het dichtst bij de bron van de gemeten activiteit bevindt. Dit maximum zal worden vergeleken onder alle patiënten bij wie dit fenomeen gezien wordt.

De gevonden lokaties worden door de onderzoeker middels een MRI foto van een willekeurig gezond persoon in 3 aanzichten weergegeven (zie figuur 1):

- Coronaal
- Saggittaal
- Axiaal



Figuur 1: MRI brein in 3 weergaven: Saggittaal (links boven). Coronaal (rechts boven) en Axiaal (rechts onder).

2.2.2.3. Interobserver variabiliteitsonderzoek

Om zowel de betrouwbaarheid te toetsen van het lokalisatieonderzoek van de SEEG-activiteit als toetsen in hoeverre er consensus bestond over de interpretatie van de gevonden SEEG-activiteit gevonden in een SEEG-registratie is er een interobservervariabiliteitsonderzoek gedaan.

Van de gevonden SEEG-activiteit zijn 50 voorbeelden voorgelegd aan de neuroloog en de onderzoeker.

Er is aan dit onderzoek ook mogelijk pathologische activiteit voorgelegd die niet volledig maar grotendeels overeenkwam met de beoordelingscriteria van het onderzoek. Dit is gedaan omdat iedere patiënt epilepsie heeft en er daardoor potentieel op iedere geïmplanteerde elektrode epileptiforme activiteit kan optreden.

De klinisch neurofysioloog en de onderzoeker geven hun mening of de gevonden activiteit pathologisch of fysiologisch is, en vervolgens of ze gecategoriseerd kunnen worden onder de geïnccludeerde EEG-fenomenen.

Ten slotte is er de categorie "overige" voor wanneer de deelnemers een andere mening hebben. Hun bevindingen zijn middels dit onderzoek worden vergeleken. De statistische relevantie is met Cohen's Kappa eveneens getoetst. $\kappa = (Po - Pe) / (1 - Pe)$, waarbij:

κ = Kappa

Po = Geobserveerde overeenstemming

Pe = Potentiële overeenstemming

Hoofdstuk 3. Theorie

Zoals beschreven staat in hoofdstuk 2 is ervoor gekozen om literatuuronderzoek te doen. Het literatuuronderzoek heeft bijgedragen aan eenduidigheid binnen de gebruikte terminologie in dit onderzoek en heeft de parameters aangeleverd voor het uiteindelijke verzamelen van de data. Bovendien waren de uitkomsten van het literatuuronderzoek de basis voor de uitvoering van het dossieronderzoek waar de nadruk op lokalisatie kwam te liggen.

3.1. Posterieur ritme

Naar het posterieur (alfa)ritme is al veel onderzoek gedaan. Hans Berger beschreef als eerste duidelijk ritmische activiteit, gemeten vanaf een menselijke schedel. Hij maakte gebruik van een frontale-occipitale afleiding. Omdat dit een afleiding is met grote afstand had hij de theorie dat het alfaritme mogelijk een globaal diffuus cerebraal ritme zou zijn welke hij het Bergerritme noemde (1929). Later werd dit het alfaritme. Al vrij snel daarna (1933a+b) sprak hij zijn vermoeden uit dat de thalamus betrokken is bij het tot stand komen van het alfa-ritme.

De artsen Adrian en Matthews ontcrachtten in 1934 de theorie van het diffuse alfaritme. Ze toonden aan dat het alfaritme zich laat zien boven de pariëto-occipitale en posterieur gelegen temporale gebieden door gebruik te maken van meer elektroden. Hierdoor was er een kortere elektrodenafstand mogelijk en kon er beter afgegrensd worden. Dit was in de tijd van Berger in 1929 nog niet mogelijk.

In 1935 veronderstelden Adrian en Yamagiwa dat het alfaritme inderdaad corticaal is, waarbij de grootste bijdrage geleverd werd door de visuele area.

Ca. 20 jaar later werd er een onderzoek gepubliceerd door de artsen Aird en Garoutte, welke interhemisfere asynchronie toonde tussen alfagolven. Dit bracht nieuwe inzichten over de generator van het alfaritme. Er kwamen ideeën over het mogelijk aanwezig zijn van meerdere generatoren binnen de posterieure hersengebieden (Walter et al. 1966) Met de komst van diepte-EEG konden deze vermoedens bevestigd worden. Perez et al. deden in 1962 een studie bij 26 patiënten met occipitaal geïmplanteerde intracraniale elektroden. De alfaritmes leken hun oorsprong te hebben in meerdere occipitale en extra-occipitale corticale generatoren, welke elkaar wisselend overlappen en beïnvloeden. Waarschijnlijk aangestuurd door een centrale pacemaker.

Door verbeterde technieken kon nu van meerdere lokaties alfa-activiteit worden gemeten. Omdat er een verschil is tussen "een alfaritme" en "het alfaritme" kwam er behoefte naar een eenduidige term.

De International Federation of Societies for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology (IFSECN) stelde onderstaande formulering voor. Er zou pas gesproken mogen worden van "het alfaritme" wanneer het ritme voldeed aan alle criteria in onderstaande beschrijving:

"Ritme van 8 tot 13Hz, optredend tijdens waak over de posterieure gebieden van het hoofd met over het algemeen de hoogste amplituden over de occipitale gebieden. De amplitude is variabel maar is meestal onder de 50µV bij volwassenen. Het kan het beste worden waargenomen bij gesloten ogen onder fysiek en mentaal ontspannen toestand. Wordt onderdrukt of atteneert tijdens met name visuele en/of mentale inspanning."(IFSECN, 1974)".

Nidermeyer zegt (2005) dat de arts Albe Fessard (1975) onderzoek gedaan heeft met diepte elektroden met een occipitaal implantatieschema, waarin het alfaritme zich binnen de volledige

occipitaalkwab tot in de omgeving van het corpus geniculatum laterale laat zien. Het alfaritme kon worden gezien tot bij de mediale pulvinar; een van de thalamuskernen. Lopez da Silva et al. nam in 1973 hetzelfde waar bij honden.

In 1997 stelt Williamson dat er consensus is over hoe het alfaritme fysiologisch tot stand komt. Hij verwijst hierbij naar 2 onderzoeken (Jahnsen & Llinás 1984, Steriade et al 1990). In deze onderzoeken werd geconstateerd dat de thalamus een initiële oscillatie genereert door een netwerk waarbij neuronen betrokken zijn waarvan de membranen intrinsieke oscillerende eigenschappen vertonen.

In het onderzoek van Goldman et al. (2002) wordt bovenstaande nogmaals bevestigd. Zij maakten hierbij gebruik van simultaan EEG en fMRI. Hun onderzoek toont aan dat een toename van frequenties uit de alfafrequentieband in het EEG, correleerden met een afname van het fMRI (Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD)) signaal occipitaal, superior temporale, inferior frontale en de cortex cingularis. De thalamus en de insula toonden juist een toename van het BOLD signaal. Deze bevindingen duiden erop dat het alfaritme een mate van corticale inactivatie is, dat mogelijk gedeeltelijk wordt aangestuurd door de thalamus en/of de insula. Goldman noemt in de discussie van zijn artikel de onderzoeken van Sadato (1998) en Makeig (2002). Beide onderzoeken toonden gelijksoortige bevindingen. Zij maakten gebruik van respectievelijk PET (Positronemissietomografie) en ICA (individual component analysis)

Hoe het alfaritme fysiologisch tot stand komt is inmiddels dus vrij duidelijk.

Het oudst bekende ritme is tot aan de dag van vandaag nog onderwerp van discussie. Van Dijk et al. stelden in 2010 nog ter discussie dat er bij jonge kinderen in feite niet gesproken kan worden van een alfaritme wanneer men de definitie van het alfaritme strikt toepast. Zij hebben immers een occipitaalritme dat lager is dan 8Hz. Hij schrijft dat er termen als posterior dominant rhytm gebruikt zouden kunnen worden om deze beperking van de definitie te omzeilen, maar geeft hierbij ook meteen aan dat het een vaag begrip betreft.

3.2. Muritme

Het muritme, ook wel Rolandisch ritme genoemd, is een centraal gelokaliseerd ritme in ongeveer dezelfde frequentieband als het alfaritme, maar erg verschillend in reactiviteit en lokalisatie. In tegenstelling tot het alfaritme is het muritme niet bij iedere gezonde individu aanwezig en heeft dit geen pathologische betekenis. De naam Mu staat voor motor. Deze term wordt gebruikt omdat het muritme is gerelateerd aan functies van de motorische cortex, maar de aangrenzende sensorische cortex speelt ook een rol bij het tot stand komen van dit ritme.

Het muritme kenmerkt zich door een vaak scherp negatieve fase, opgevolgd door een ronde positieve fase. Het muritme is vaak vermengd met achtergrond activiteit van circa 20 Hz. Tijdens een oppervlakte EEG-registratie zien we deze activiteit vaker maximaal op C3 en C4 dan over de midline (Cz).

Gastaut beschreef in 1951 als eerste de zaagtandvormige morfologie van het muritme. Hierdoor ontstond de term "Arceau" en "wicked rhytm".

Pfurtscheller (1997) toonde in zijn onderzoek Event-related desynchronizations (ERD's) en Event-related synchronizations (ERS) aan die gerelateerd zijn aan het mu-ritme.

Hij toont in zijn onderzoek een verband aan tussen het centrale bèta-ritme en het muritme. Ook kon hij een verband aantonen tussen ritmes uit de alfa-frequentie die in de SMA gemeten werden, en het

centrale bèta-ritme. Hij stelt dat de hand- en voetgebieden hun eigen intrinsieke ritmische activiteit hebben zoals muritme en /of centraal bètaritme welke desynchroniseren als het corresponderende gebied wordt geactiveerd (ERD).

Pineda zei in 2005 dat het muritme een fasisch elektrofysiologisch signaal is dat wordt opgewekt door interne events of externe stimuli. Functioneel gezien reflecteren het muritme sensor-motorisch verwerkingprocessen in de fronto-pariëtale netwerken.

In 2016 publiceerden Yin et al. een onderzoek dat gebruik maakte van EEG/fMRI. Het onderzoek laat zien dat het sensomotor mu-ritme tot stand komt door meerdere hersengebieden en netwerken, waaronder de anterieure cingulaire cortex, de thalamus en de anterieure insula. Tevens toonde het onderzoek betrokkenheid aan van het putatieve spiegelneuronnetwerk, het netwerk waarvan verondersteld wordt dat het theoretiseren mogelijk maakt, en het netwerk dat betrokken is bij het reguleren van aandacht.

Hij refereert ook naar de onderzoeken van Buzsaki (1991) en Semba et al. (1980) welke zijn bevindingen ondersteunen. In deze onderzoeken kwam naar voren dat er een muritme gezien kan worden in de thalamus dat voorloopt op het sensomotorisch muritme met enkele honderden milliseconden. Een opvallende bevinding was dat er geen corticaal muritme gezien werd als er geen thalamisch muritme gezien werd.

3.3. Lambdagolven

Lambdagolven zijn scherpe driehoekige positieve transiënten met een duur van 200-300 msec, optredend maximaal in de occipitale gebieden in waaktoestand bij visuele stimuli. Ze treden vaak op met een interval van 200-500 msec. Ze zijn bifasisch of trifasisch.

Lambdagolven zijn niet in iedere EEG-registratie aanwezig. Dit is afhankelijk van meerdere factoren:

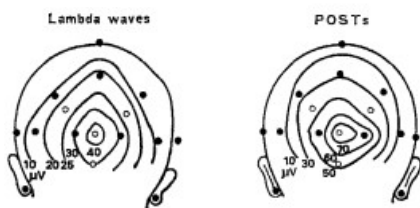
- De onderzoekruimte (visueel platform aanwezig, verlichting voldoende)
- Bij niet iedere patiënt zijn ze aanwezig

Nidermeyer (2005) beschreef dat volgens Tsai en Liu (1965), geciteerd door Chatrian in 1976, de prevalentie van lambdagolven afneemt naarmate de persoon ouder wordt.

Lambdagolven zijn als eerste beschreven door Gastaut in 1951, kort daarop gevolgd door Evans (1952,1953) en anderen. Ze worden maximaal in de occipitale gebieden gezien. Toch is het gebruikelijk spreiding te zien in de pariëtale en postero-temporale gebieden. Lambdagolven treden bij gezonden individuen altijd bilateraal synchroon op.

In 1962 toonden Perez-Borja et al. met diepe-elektroden meerdere foci van lambdagolven aan. Dit was in of dichtbij Fissura calcarine of juist meer lateraal in de occipitaalkwab.

Egawa et al. voerden in 1983 een onderzoek uit naar lambdagolven en POSTs. Een gedetailleerde topografische distributie van POSTs werd vergeleken met Lambda golven van een gezond persoon. Beide activiteiten werden met hun maximale amplitudes gezien over de occipitale middenlijn (Oz). Hun amplitudo werd kleiner naarmate er verder van Oz gemeten werd (figuur 2)



Figuur 2: Lambdagolven maximale amplitude rond Oz. Bron: Egawa et al. (1983). Net als de Lambdagolven wordt de maximale amplitude rond Oz gezien en neemt af verder hiervandaan.

Billings schrijft (1989) dat er 2 verschillende soorten occipitale lambdagolven bestaan

- Lambdagolven welke gerelateerd zijn aan de perifere visus.
- Lambdagolven welke gerelateerd zijn aan de centrale visus

En dat deze uit verschillende potentialen zijn opgebouwd waaronder:

- Visueel opgewekte responsies.
- Oculomotorische-visuele integratie
- Oculomotore potentialen
- Arousal mechanismen

In 2013 stelt Tatum et al. dat de aanwezigheid van lambda-golven een weerspiegeling zou zijn van een intacte elektrocerbrale gezondheidstoestand. Ook spreken zij hier hun vermoedens uit dat lambdagolven waarschijnlijk mede tot stand komen door netwerken die buiten de occipitaalkwab gelegen zijn. Zij spreken geen vermoeden uit over welke netwerken dit zouden zijn.

3.4. K-complexen

K-complexen treden op in slaapstadium NII, soms NIII en zijn opwekbaar door afferente stimuli.

Een K-complex bestaat uit eerst een scherpe component, gevolgd door een langzame component, vermengd of hierop gesuperponeerd een snelle component. De scherpe component is bifasisch, soms polyfasisch. Een verschil in amplitude >50% wordt gezien als afwijkend van de kant met verminderde amplitude (Tatum 2006). Vaak worden in de praktijk slaapsindles gesuperponeerd gezien op de langzame component.

Het K-complex werd als eerst beschreven door Loomis et al. in 1938. Davis et al. gaf in 1939 meer verheldering over de eigenschappen van dit fenomeen. Hij gaf aan dat het K-complex het maximum over de vertex heeft, maar ook soms op de frontale midline. De beperking van deze onderzoeken was het niet gebruiken van midline elektroden.

Brazier veronderstelde in 1949 2 afzonderlijke generatoren. 1 generator in area 6 (vertex) en 1 generator uit area 9 (frontale midline).

Dutertre gaf in 1977 aan dat het maximum alleen op de vertex zit. Jurko et al (1978) toonden het jaar daarna bij 1 patiënt met diepte-elektroden aan dat er K-complexen in de thalamus gezien kunnen worden. Er werd een overzicht beschreven van de aanwezigheid van K-complexen in de laterale thalamus ten opzichte van de mediale thalamus. Deze werden met gelijktijdig geregistreerde oppervlakte-elektroden niet gezien.

Binnen de literatuur wordt veel onderscheid gemaakt tussen spontane K-complexen en opgewekte K-complexen. Niiyama et al. toonden echter in 1996 aan dat zelfs schijnbaar spontane K-complexen worden veroorzaakt door een afferente stimulus. Een jaar daarvoor leidde een ander onderzoek van hem tot het vermoeden dat de langzame component is betrokken bij een cognitief informatieverwerkingsproces (Niiyama 1995).

Pinto et al. gaf in 2014 in zijn onderzoek al een mooi overzicht van eerder uitgevoerde studies waarbij naar het maximum werd gezocht van slaapfenomenen. Hierin werd ook zijn eigen studie geïnccludeerd, uitgevoerd bij kinderen (3-21 jaar). Het betreft studies die K-complexen, slaapspoelen en vertexgolven includeren.

3.5. Slaapspoelen

Slaapspoelen (ook wel sigmaspoelen genoemd) zijn ritmische burst die over de vertexgebieden optreden in NREM-slaap. Hij dankt zijn naam aan de spindle-achtige vorm van de burst; een lage amplitude aan het begin en einde van de burst en in het midden de hoogste amplitude. In the Atlas of EEG patterns (2013) beschrijft Stern dat er in lichte slaap een frequentie van 13-14 Hz waargenomen wordt en deze meer richting de vertex gelokaliseerd kan worden. In diepe slaap worden er langzamere frequenties gezien, dan meer frontaal gelokaliseerd. De maximale amplitude wordt gezien bij adolescentie en wordt lager op hogere leeftijd. Ze treden zowel onafhankelijk op als vermengd met/gesuperponeerd op een K-complex. In tegenstelling tot vertexgolven en K-complexen zijn slaapspoelen geen duidelijk arousalfenomeen. Slaapspoelen zijn een zeer hardnekkig patroon die gezien kunnen blijven zelfs wanneer er sprake is van diffuse cerebrale disfunctie. Ook wanneer deze diffuse cerebrale disfunctie tot een coma of vegetatieve staat lijdt, kunnen slaapspoelen gezien blijven worden. Er wordt dan soms gesproken van een spindle-coma. De aanwezigheid van spoelen bij een coma zijn een relatief goede prognose doordat dit aantoont dat de thalamocorticale paden gespaard gebleven.

Op dezelfde wijze zijn asymmetrische slaapspoelen bij een leeftijd van >2 jaar een aanwijzing voor unilaterale thalamocorticale disfunctie (Stern et al. 2013).

In 2006 beschreef E. Sitnikova et al. 2 typen slaapspoelen bij ratten, te onderscheiden van elkaar door hun topografie:

- De anterieure slaapspoelen
- De posterieure slaapspoelen

Ze vertoonden verschillende thalamo-corticale netwerken die betrokken waren bij het tot stand komen van deze slaapspoelen. De anterieure slaapspoelen betrokken de frontale cortex en specifieke thalamusgebieden; de nucleus ventralis posteromedialis van de thalamus (VPM) en de reticulair thalamische nuclei (RTN). In deze gebieden werden er veelal slaapspoelen met een frequentie van 8-12 Hz gemeten.

De posterieure slaapspoelen betrokken de occipitale cortex en gedeeltelijk de VPM en de RTN. Ze vertoonden een beperkt aantal geassocieerde netwerken. De rol van de RTN bij posterieure slaapspoelen bleven in haar onderzoek twijfelachtig. Alhoewel de RTN en VPM gekoppeld waren aan elkaar, toonde de RTN maar weinig associatie met de occipitale cortex.

Doordat de RTN wél sterke associaties toonde met de anterieure slaapspoelen zou de RTN mogelijk kunnen bijdragen aan het onderscheidt tussen beide slaapspoelen.

In 2011 toonden Andrillon et al. met hun onderzoek ook twee verschillende typen slaapspoelen aan. 13 SEEG-metingen werden genalyseerd. Er wordt beschreven dat er langzame slaapspoelen (11-13Hz) zijn die meer diffuus optreden en dat er snelle slaapspoelen (13-16Hz) zijn die meer focaal optreden. Bij oppervlakte-EEG werden de snelle spoelen met de maximale amplitude op C3, C4 en PZ gezien. De langzame slaapspoelen werden vaker rondom Fz gezien. Centro-pariëtaal werd vertaald naar dieper gelegen structuren; supplementary motor area (SMA), posterieur cingulum en de pariëtale cortex, ondanks dat het SMA gelegen is in de frontaalkwab.

3.6. Vertexgolven

De vertexgolf is een complex, beginnend met een laag gevolteerde positieve scherpe golf, opgevolgd door een hoog gevolteerde langzame negatieve golf. Vaak opgevolgd door een kleine scherpe golf. Het maximum bevindt zich over de vertex, zoals de naam al aanduidt. In de spreiding kunnen, met name bij kinderen, nog wel eens asymmetrieën worden gezien. Het treedt op in slaapstadium NII of NI. Net zoals bij K-complexen duidt de complexe golfvorm op een op te wekken potentiaal.

Vertexgolven werden voor het eerst beschreven door Liberson in 1945. Hij beschreef paroxysmaal optredende golven over de vertex met een frequentie van 3 tot 6 Hz aan het begin van de slaap. Ze kunnen spontaan optreden maar ook als reactie op stimuli (1).

Harsh et al. stelden in 1994 dat vertexgolven mogelijk gerelateerd zijn aan gemiddelde ERP-componenten (24).

Sekine et al. hypotheeserden in 2001 dat zowel de N300 als de vertexgolf door eenzelfde synchroniserend mechanisme in het brein tot stand komt. Ze maakten gebruik van low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) en konden hiermee de vertexgolven bilateraal mesio-frontaal met een maximum in de mediale frontale gyri lokaliseren.

Colrain et al. stelden in 2002 dat de amplitude van de N300 het grootst was wanneer er trials werden geïncubeerd die een vertexgolf opwekten. De amplitude werd al minder bij trials bij opgewekte K-complexen en nog veel minder bij de overige trials.

Stern et al. (2011) toonden in hun onderzoek aan dat vertexgolven met name gezien worden in de sensomotorische cortex. Ze maakten hierbij gebruik van fMRI (Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD)). Dit was het eerste onderzoek dat door middel van deze techniek vertexgolven onderzocht. Ze vermoedden dat het paracentrale gebied waarschijnlijk de generator is van vertexgolven. Deze regio is neocorticaal en oppervlakkig gelegen, nog boven de gyrus cinguli. Ook toonden zij gebieden aan die hoogstwaarschijnlijk betrokken zijn bij het tot stand komen van de vertexgolf, maar die zich in het oppervlakte-EEG niet laten zien. Deze gebieden bevonden zich meer mediaal van de vermoedelijke generator.

3.7. POSTS

POSTS treden op in slaapstadium NI en NII. Het zijn driehoekige positieve golven, occipitaal gelokaliseerd. Dit fenomeen werd als eerst beschreven door Gibbs en Gibbs in 1950, genoemd "positive spike-like waves in occipital areas"

Ze komen het meest voor bij adolescenten en (jong)volwassenen. Bij 70 jaar en ouder nemen ze af in voorkomen. Dit werd aangetoond door Wright and Gilmore in 1984.

Volgens Niedermeyer (2005) kan er grofweg gezegd worden dat bij 50-80% van de gezonde volwassenen POSTS worden gezien. Hij baseert dit op onderzoeken uit 1969 en 1978 van respectievelijk Prior & Deacon en Brenner et al. In hun onderzoeken werd er een prevalentie van 49% en 79% gemeld. De artsen Pristasova en Prochazka toonden in 1981 aan dat POSTS meer voorkomen meer voor bij vrouwen dan bij mannen.

In 1974 veronderstelde Vignaendra et al. dat POSTS mogelijk een presentatie zijn van het over en weer gaan van informatie naar de visuele cortex om de visuele informatie, opgedaan tijdens de dag,

te verwerken. Hierop hadden Niedermeyer en Lentz in 1976 de hypothese dat POSTS mogelijk in verband staan met dromen in slaapstadium NII. Het tegendeel werd vrij snel bewezen door Dement in 1976, waarin hij sterke aanwijzingen geeft voor het niet voorkomen van dromen in slaapstadium NII.

De overeenkomsten tussen de eigenschappen van lambdagolven en POSTS zijn groot. Volgens Niedermeyer stelde Chatrian in 1976 dat de overeenkomsten tussen deze fenomenen alleen oppervlakkig zijn. Hij stelde dat POSTS, in tegenstelling tot lambdagolven, niet in verband staan met oculomotore activiteit of activiteit betrokken bij visualisering.

Er is hierna nog maar weinig geschreven over POSTS. In 2008 deden Rey et al. nog een onderzoek naar de prevalentie van POSTS waarbij er 1254 EEG-metingen werden geanalyseerd. Zij concludeerden dat POSTS in <10% van de onderzoeken werden waargenomen, en dat dit men name jonge mensen betrof. Meer dan een derde van deze waarnemingen hadden een amplitude-asymmetrie. Deze was niet gerelateerd aan een eventueel afwezig occipitaalritme. Ze verbonden geen conclusie aan deze bevinding en stelden dat POSTS in alle variaties kunnen voorkomen en een normaal EEG-fenomeen is.

3.8. (S)EEG en de techniek

Het intracraniële EEG kan zich onderverdelen in twee typen:

1. Het intracraniële EEG met behulp van een grid/matje, welke wordt geplaatst op de cortex
2. Het SEEG, EEG met behulp van diepte-elektroden (zie figuur 4)



Figuur 4. Diepte-elektrode (patiënten folder Kempenhaeghe)

Dit onderzoek richt zich op type 2, het SEEG. Daarom is er voor gekozen om type 1 buiten beschouwing te laten.

SEEG werd voor het eerst geïntroduceerd in Europa door de artsen Talairach en Bancaud in 1950. Toch is deze techniek nog maar weinig toegepast in Nederland en is er ook relatief weinig onderzoek naar gedaan. Pas in 2008 is er ook in Nederland een begin gemaakt. In 2014 werd een analyse gepubliceerd door Colon et al. waarbij er gekeken is naar de resultaten van SEEG bij 23 patiënten. Zij concludeerden dat SEEG een waardevolle aanvulling is bij de beoordeling van mogelijke operabiliteit van medicatieresistente epilepsiepatiënten. Ook geven zij aan dat SEEG een veilige onderzoeksmethode is, mits veilig uitgevoerd.

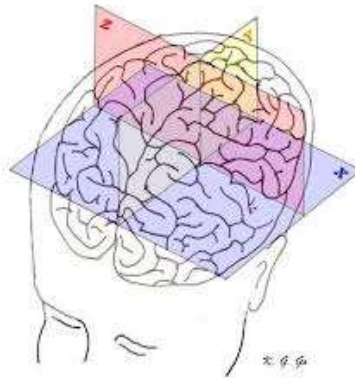
Stereotactisch EEG dankt zijn naam aan de wijze waarop de elektroden worden ingebracht. Hierbij wordt een frame op het schedeldak van de patiënt geplaatst. Door dit frame (zie figuur 5) kan er met behulp van beeldvormend onderzoek (MRI en CT-scan) een driedimensionaal (Cartesiaans)

coördinatenstelsel worden gemaakt met een x-, y-, en z-as, waardoor er met grote precisie genavigeerd kan worden naar de dieper gelegen kleine structuren (zie figuur 6).

De elektroden bestaan uit 3 tot 18 meetpunten met intercontactpunt-afstand van 1,5-3mm, afhankelijk van de fabrikant van de elektroden. Er kan dus maar een klein gebied bekeken worden. Een goede hypothese waar de aanvallen vandaan komen, in combinatie met een zo efficiënt mogelijke implantatie, is dus van wezenlijk belang. Een centraal implantatieschema kan bijvoorbeeld door de senso-motorische cortex heen gaan en zo zowel het sensorisch beengebied alsook het motorische voetgebied in kaart brengen (Lhatoo et al. 2016)



Figuur 5. Frame bij SEEG (patiënten folder Kempenhaeghe)



Figuur 6. Cartesiaans coördinatenstelsel

Bij SEEG worden er net als bij oppervlakte-EEG-potentiaalverschillen gemeten. Activiteit van corticale piramidecellen veroorzaakt extracellulaire stromen. Dit veroorzaakt vervolgens weer spanningen. Het EEG toont deze spanningsverschillen in de tijd. Bij het registreren en beoordelen van een SEEG dient rekening gehouden te worden met de volgende factoren:

- **Weerstand**

Bij een EEG moet het signaal zich door meerdere lagen werken, de schedel, hersenvliezen, bloedvaten, spieren en liquor. Hierbij moet rekening gehouden worden met de elektrische weerstand en volumegeleiding.

Elektrische weerstand is de elektrische eigenschap van materialen om de doorgang van elektrische stroom te belemmeren.

Weerstand is dus het tegenovergestelde van geleiding. Het wordt berekend met de formule: $R = U/I$, waarbij R = Weerstand (Ohm), U = Elektrische spanning (volt), I = Elektrische stroom (Ampère)

De geleidbaarheid wordt berekend met de formule:

$G = 1/R$, waarbij G = Geleidbaarheid (Siemens), R is Weerstand (Ohm)

Voor het SEEG betekent dit dat het signaal zich niet meer door de schedel, hersenvliezen, bloedvaten en de liquor heen hoeft te banen. Het signaal wordt dus veel minder belemmerd door de verschillende weefsels. De afwezigheid van spieren in het brein maakt dat er vrijwel geen spieractiviteit wordt gemeten in het SEEG. Snelle activiteit waar bij oppervlakte-EEG nog getwijfeld zou kunnen worden of deze van cerebrale origine is, moet in SEEG vrijwel altijd als cerebraal beschouwd worden. Door dit gegeven kan men bijvoorbeeld een onset bepalen van tonische aanvallen. Deze aanvallen zouden met een oppervlakte-EEG onbeoordeelbaar kunnen zijn ten gevolge van de veelvoud aan artefacten.

- **De resolutie**

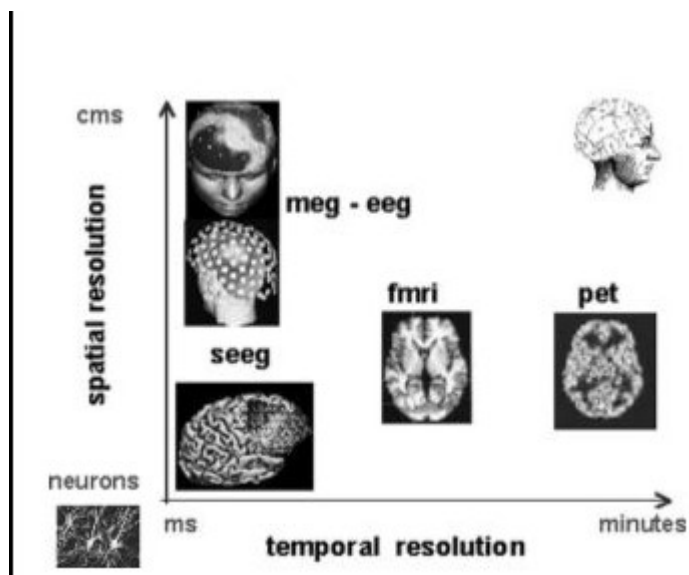
Temporele resolutie is een maat voor de nauwkeurigheid in tijd. In andere woorden: Wat is het kleinste verschil in tijd dat een apparaat kan weergeven.

Spatiele resolutie is een maat voor de nauwkeurigheid in locatie en heeft te maken met onderscheidend vermogen. In andere woorden: Hoe hoger de spatiële resolutie, hoe beter het vermogen om details te zien.

Een EEG heeft een spatiële resolutie van 6-9 cm (babiloni et al., 2001, Giard et al., 2014) en een temporele resolutie ~ 1 ms. Deze relatief hoge waarde komt grotendeels door volumegeleiding. Er zijn methoden om de spatiële resolutie van het EEG te verbeteren.

Volgens Burle et al. (2015) is het al langer bekend dat er door middel van current source density (CSD) en Surface Laplacian berekeningen (SL) een spatiële resolutie van 2-3 cm bereikt kan worden. Ze concluderen in hun onderzoek dat de temporele resolutie van oppervlakte-EEG wordt overschat doordat er geen of te weinig rekening gehouden wordt met de volumegeleiding die plaats moet vinden om van de bron naar de (referentie)elektrode(n) te komen. Met CSD en SL worden de effecten van volumegeleiding veel minder en kan er een betere spatio-, maar dus ook temporele resolutie bereikt worden. Ze bewijzen dit door deze werkwijzen toe te passen op 2 empirische studies en komen op dezelfde bevindingen uit.

Een SEEG heeft een spatiële resolutie van $3,5\text{mm}^2$ (Lhatoo 2016). Deze lage resolutie is onder andere te verklaren doordat er veel minder sprake is van volumegeleiding en het veel kleinere meetoppervlak. De afstand van de bron tot de elektrode is dan ook korter. Het onderzoek van Burle et al. (2015) heeft bewezen dat hiermee de temporele resolutie ook beter wordt. Figuur 7 geeft goed weer hoe SEEG zich tot andere onderzoeken verhoudt.



Figuur 7: Spatio-temporele resolutie van de meest voorkomende beeldvormende hersenonderzoeken. SEEG combineert de temporele resolutie van MEG en EEG met de spatiële resolutie die in de buurt komt van fMRI en PET (bron: Lachaux et al. 2003).

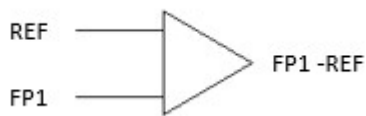
- **De samplefrequentie**

Dit geeft de frequentie aan van de bemonstering van het signaal. De samplefrequentie wordt weergegeven in Hz. Om te kunnen berekenen of het signaal nog steeds betrouwbaar is met de gekozen samplefrequentie kan de Nyquist formule worden gebruikt. Minimale samplefrequentie moet minimaal 2 x zo hoog zijn als de snelst gemeten frequentie

$sF=2xFmax$. Bij voorkeur $\sim 5x$ zo hoog. De meeste EEG-systemen in de dagelijkse praktijk hebben een samplefrequentie van 512 Hz. Een 2x zo hoge samplefrequentie betekent ook 2x zoveel EEG data.

Voor een SEEG betekent dit dat er gemeten wordt met een samplefrequentie van 1024Hz. Dit wordt gedaan omdat de activiteit waar men naar op zoek is, gamma-activiteit, frequenties heeft van $>30-80Hz$. In het kader van wetenschappelijk onderzoek naar HFO (high frequency oscillations) kan er gekozen worden voor een samplefrequentie van 2048Hz. HFO's, oftewel ripples of fast ripples variëren van 80 tot 500Hz (Jakobs et al. 2009). Er zal verder niet ingegaan worden op HFO's of gamma-activiteit.

- **Referentie-elektrode**



Figuur 8: Weergave signaalverwerking EEG. Signaal van Fp1 wordt afgezet tegen REF en geeft zo potentiaalverschillen weer.

Deze wordt bevestigd op een gebied waar geen en/of weinig elektrische activiteit aanwezig is. Vaak op de oorlel of op het mastoïd. Deze wordt bij SEEG geplaatst in de witte stof, welke elektrische inactief is en daardoor een ideaal referentiepunt. Burle et al. (2015) toonden aan dat ook de referentie-elektrode van invloed is op de spatio-temporele resolutie van een EEG.

3.9. Conclusie +reflectie literatuurstudie

Het doel van deze literatuurstudie was het beantwoorden van de eerste twee deelvragen. Deze antwoorden zullen een basis vormen voor het dossieronderzoek. Hiermee kunnen vervolgens vergelijkbare of juist afwijkende bevindingen worden beschreven.

Binnen de literatuurstudie viel op dat de verschillende soorten activiteit erg wisselend waren vertegenwoordigd. Er wordt veel geschreven over de betrokken functies van de activiteit. Hierdoor krijg je vaak ook meteen een duidelijker beeld van de lokalisatie en/of generator(en).

Tabel 7 geeft de meest recente bevindingen in de literatuur die in dit onderzoek genoemd worden. Deze is gebaseerd op zijn eerder verricht onderzoek en de daaruit voortvloeiende resultaten.

Een eveneens opvallende bevinding was dat er in enkele onderzoeken over slaapspoelen werd beschreven dat er langzame slaapspoelen (11-13Hz) zijn die meer diffuus optreden en dat er snelle slaapspoelen (13-16Hz) zijn die meer focaal optreden. Dit frequentieverschil wordt in mijn onderzoek niet meegenomen.

Tevens wordt er op verschillende manieren gemeten. Zo is er gebruik gemaakt van bijv grids, diepte-elektroden, EEG-fMRI. Hier moest ik rekening mee houden bij het interpreteren van deze onderzoeken en ze toe te passen op mijn onderzoeksvragen. In paragraaf 3.8 leg ik uit dat SEEG enkele beperkingen heeft, met name op het gebied van "in het groter geheel zien". Geen van de onderzoeken in de literatuurstudie wijst één gebied aan als (vermoedelijke) generator. Onderzoeken naar het muritme komen daarbij wel in de buurt. Een fraaie bevinding is het thalamisch muritme dat zou voorlopen óp en bovendien voorwaarde is vóór het corticale muritme. Helaas was er geen implantatie waarbij er diepte-elektroden waren ingebracht in de thalamus.

<i>Ritme/fenomeen</i>	<i>Literatuur m.b.t. functie en/of lokalisatie</i>	<i>Auteur/jaartal</i>
<i>Posterieur ritme</i>	Inactivatie van de occipitale, superior temporale, inferieure frontale gebieden en de cortex cingularis. Generator mogelijk thalamus en/of insula	Goldman et al. 2002
<i>Muritme</i>	Betrokken hersengebieden/netwerken: anterieure cingulaire cortex, thalamus, anterieure insula/putatieve spiegelneuronnetwerk	Semba et al. 1980 Buzsaki 1991 Yin et al. 2016
<i>Lambdagolven</i>	Occipitaalkwab, maar ook vermoedens dat er netwerken bij betrokken zijn buiten de occipitaalkwab gelegen	Tatum et al. 2013
<i>K-complexen</i>	Perirolandisch gebied, met spreiding naar de frontale gebieden. 2 generatoren. Area 6 (vertex) en area 9 (frontale midline)	Pinto et al. 2014
<i>Slaapspoelen</i>	Thalamo-corticaal betrokken netwerken Anterieure slaapspoelen: frontale cortex en specifieke thalamusgebieden: VPM en RTN (13-16 Hz) Posterieure slaapspoelen: occipitale cortex, gedeeltelijk VPM en RTN (twijfelachtig) (circa 11-13 Hz) Frontaalkwab : SMA Orbifrontale cortex Anterieure cingulum Pré-SMA Laterofrontaal Pariëtaalkwab Posterieure cingulum Posterieur pariëtaal Temporaalkwab Gyrus temporalis Gyrus parahippocampalis Hippocampus Entorinale schors Amygdala	Andrillon et al. 2011 Pinto et al. 2014
<i>Vertexgolven</i>	Bilateraal mesio-frontaal, maximaal in de mediale frontale gyri. Perirolandische, paracentrale gebieden	Stern et al. 2011 Pinto et al. 2014
<i>POSTS</i>	Occipitaalkwab. Staan niet in verband met oculomotore activiteit of activiteit betrokken bij visualisering	Rey et al. 2008

Tabel 7: de meest recente bevindingen over de lokalisatie van fysiologische EEG-fenomenen.

Deelvraag 2 werd gesteld om vast te stellen tegen welke hindernissen er tijdens het dossieronderzoek aan gelopen zou kunnen worden.

Bij oppervlakte-EEG meet men niet optimaal als men het vergelijkt met SEEG. De spatio-temporele resolutie is slechter ten gevolge van volumegeleiding en een niet-optimale referentie-elektrode. Er treedt ook altijd kwaliteitsverlies op vanaf het moment van bevestigen. Snelle, laaggevolteerde bèta-activiteit wordt al snel gemist onder spier-activiteit.

Het lokaliseren van tonische aanvallen is om diezelfde reden aan de hand van EEG vaak niet te doen. Wel kunnen de klinische verschijnselen of een partieel begin van de aanval nog mogelijk helpen bij het lokaliseren. Bij SEEG wordt vrijwel geen spieractiviteit gemeten. Heel soms is er door volumegeleiding spieractiviteit zichtbaar aan het meest oppervlakkig gelegen contactpunt. Er is dan sprake van volumegeleiding via de schroef die vastzit aan de schedel.

Alle epileptische aanvallen kunnen met SEEG gelokaliseerd worden, mits er een elektrode dicht genoeg (~3mm) in het hersengebied van de onset van de aanval zit.

Wat dit betekent voor het dossieronderzoek is dat er door de hogere spatiële resolutie en veel minder volumegeleiding, al sneller een ritme waargenomen kan worden dan bij oppervlakte-EEG. Er zijn ten slotte minder synchroon vurende neuronen nodig om een potentiaalverschil te veroorzaken dat groot genoeg is om te meten met een contactpunt dat 3mm verwijderd is van de bron. Dit is tevens ook een beperking in de zin dat je altijd zou willen weten wat er ~3mm naast die elektrode gebeurt.

Er wordt niet verwacht dat de fysiologische ritmes waarnaar gezocht wordt in het dossieronderzoek afwijken in frequentie ten opzichte van ritmes gemeten vanaf de schedel. Er wordt bij oppervlakte-EEG al gemeten met een samplefrequentie van 512Hz. Dit is ruim voldoende om alfa-, theta-, beta-en deltafrequenties waarheidsgetrouw weer te geven. Er is geen reden om te vermoeden dat anders zou zijn bij samplefrequenties van 1024-2048Hz.

Hoofdstuk 4. Empirie

4.1. Onderzoeksgegevens

4.1.1. Lokalisatieonderzoek dossieronderzoek SEEG-activiteit

Het dossieronderzoek is uitgevoerd tussen 2016 t/m 2018. Het bestond uit retrospectief onderzoek van SEEG-registraties van een 20-tal patienten. De onderzoeker heeft uit deze registraties zoveel mogelijk (vermoedelijke) fysiologische EEG-activiteit verzameld. De fenomenen moesten voldoen aan de criteria gesteld in het onderzoek van Noachtar et al. (1999) (Tabel 5+6)

Na het verzamelen van de (mogelijk) fysiologische SEEG-activiteit is er per soort een tabel gemaakt met de aantal keren dat deze soort activiteit is opgetreden. Bij ieder afzonderlijk optredend ritme/fenomeen is het maximale contactpunt genoteerd, zoals weergegeven in Tabel 8.

<i>Posterieur ritme</i>	<i>Contactpunt</i>
1	RO2
2	LT7
<i>Etc..</i>	<i>Etc..</i>

Tabel 8: Voorbeeld lokalisatie verzameling per fenomeen/ritme.

De uiteindelijk geselecteerde SEEG-fenomenen zijn per patiënt vergeleken qua lokalisatie. Per fenomeen is bepaald op welk contactpunt deze maximaal optreedt. Dit betekent; dat betreffende contactpunt, dat zich het dichtst bij de bron van de gemeten activiteit bevindt. Dit maximum is vergeleken onder alle patiënten bij wie dit fenomeen gezien wordt.

De mate van voorkomen van hetzelfde SEEG-fenomeen worden middels een MRI-foto van een willekeurig gezond persoon in 3 aanzichten weergegeven (zie figuur 1).

4.1.2. Interobserver variabiliteitsonderzoek

Om zowel de betrouwbaarheid te toetsen van het lokalisatieonderzoek van de SEEG-activiteit als toetsen in hoeverre er consensus bestond over de interpretatie van de gevonden SEEG-activiteit gevonden in een SEEG-registratie is er een interobservervariabiliteitsonderzoek gedaan.

Het interobserver variabiliteitsonderzoek (zie bijlage) is in de periode 05-2019 t/m 06-2019 toegestuurd naar de klinisch neurofysioloog en de onderzoeker. In dit onderzoek is een 50-tal vragen gesteld (n=50). De onderzoeker heeft hierbij fenomenen verzameld op dezelfde wijze als dat bij het dossieronderzoek gedaan is (Noachtar et al. in 1999).

Er is aan dit onderzoek ook mogelijk pathologische activiteit voorgelegd die niet volledig maar grotendeels overeenkwam met de beoordelingscriteria van het onderzoek. Dit is gedaan omdat iedere patiënt epilepsie heeft en er daardoor potentieel op iedere geïmplanteerde elektrode epileptiforme activiteit kan optreden.

De klinisch neurofysioloog en de onderzoeker geven hun mening of de gevonden activiteit pathologisch of fysiologisch is, en vervolgens of ze gecategoriseerd kunnen worden onder de geïnccludeerde EEG-fenomenen. Zij baseren dit op kennis van criteria voor fysiologische ritmes en pathologische activiteit waarover consensus bestaat binnen de KNF (zie tabel 5+6).

Ten slotte is er de categorie "overige" voor wanneer de deelnemers een andere mening hebben. Hun bevindingen zijn middels dit onderzoek vergeleken. De statistische relevantie is met Cohen's Kappa eveneens getoetst.

Om de overeenstemming statistisch te berekenen is gekozen voor Cohen's Kappa (κ). De kappa coëfficiënt is een voor kans gecorrigeerde maat van overeenkomst tussen beoordelingen, welke wordt berekend met onderstaande formule. $\kappa = (Po - Pe) / (1 - Pe)$, waarbij:

κ = Kappa
Po = Geobserveerde overeenstemming
Pe = Potentiële overeenstemming

Gecorrigeerde geobserveerde overeenstemming	Waarneming
Gecorrigeerde potentiële overeenstemming	Kans

Tabel 9: Terminologie variabelen berekening Kappa, gebruikt in dit onderzoek.

Om de antwoorden van het interobserver variabiliteitsonderzoek statistisch te berekenen is gekozen variabelen te geven aan de gekozen antwoorden (zie tabel 10).

<i>Codering antwoordmogelijkheden interobserver variabiliteitsonderzoek</i>	
0	Fysiologisch
1	Pathologisch
2	Onzeker
3	Posterieur ritme
4	Muritime
5	Lambdagolven
6	Epileptiforme activiteit
7	Anders
8	K-complex
9	Slaapspoelen
10	Vertexgolf
11	POSTS

Tabel 10: Codering variabelen interobserver variabiliteitsonderzoek

Bij beoordeling van de Kappa wordt gebruik gemaakt van arbitraire afkappunten door Landis en Koch (1977) weergegeven in tabel 11.

<i>Interpretatie Cohen's Kappa:</i>	
Slecht	< 0
Gering	0 - 0,20
Matig	0,21 - 0,40
Redelijk	0,41 - 0,60
Voldoende tot goed	0,61 - 0,80
Bijna perfect	0,81 - 1,00

Tabel 11: Kappa en mate van overeenkomst Landis en Koch (1977)

Er wordt onderscheid gemaakt binnen onderstaande categorieën:

- Fysiologisch/Pathologisch
- Waak
- Slaap

4.2. Onderzoekresultaten

4.2.1. Resultaten lokalisatieonderzoek dossieronderzoek SEEG-activiteit

Het dossieronderzoek werd gestart om duidelijk te krijgen of het een bijdrage kon leveren aan het aan de huidige consensus over de eigenschappen van fysiologische hersenactiviteit. Het richtte zich op fysiologische EEG-activiteit en hun bron.

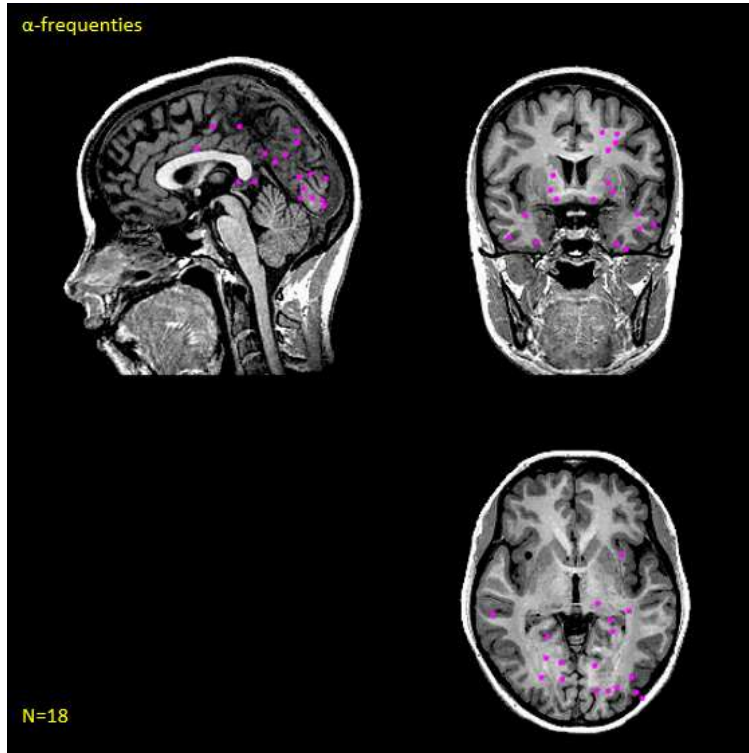
Van elk contactpunt is, per activiteit, de lokatie bepaald. Deze lokatie is weergegeven in een MRI-foto van een gezond persoon en in 3 aanzichten weergegeven m.b.v. een puntje (zie figuur 1). Dit puntje wordt door de onderzoeker geplaatst. Aan de hand van het implantatieschema werd grofweg bepaald in welke hersenstructuur op de MRI het puntje gezet zou gaan worden.

Zoals eerder aangegeven zijn SEEG-registraties van 20 patienten gebruikt voor dit dossieronderzoek. Toch zijn er bij de lokalisatiebepaling van de activiteit niet altijd 20 "puntjes" mogelijk. Dit heeft te maken met onderstaande factoren:

- Er is sprake van een implantatieschema, waarbij de elektroden niet in een gebied geïmplantieerd zijn waar deze activiteit (toen) optrad.
- In de SEEG-registraties wordt niet elke soort activiteit waargenomen.

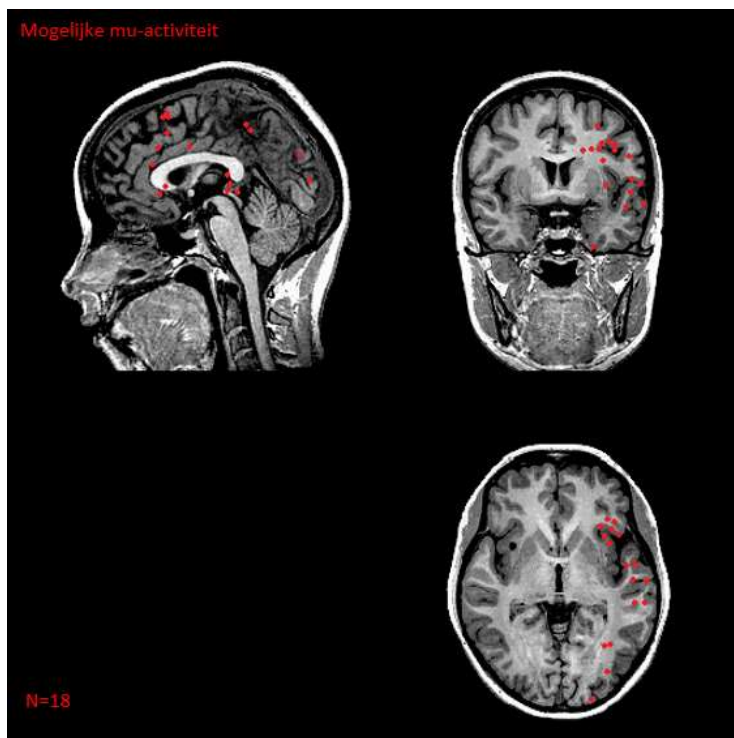
In de volgende subhoofdstukken treft u per activiteit de gevonden maxima aan. Weergegeven op zowel een axiaal, een coronaal, als een saggittaal MRI-beeld (figuur 9 t/m 14).

4.2.1.1. Posterieur ritme



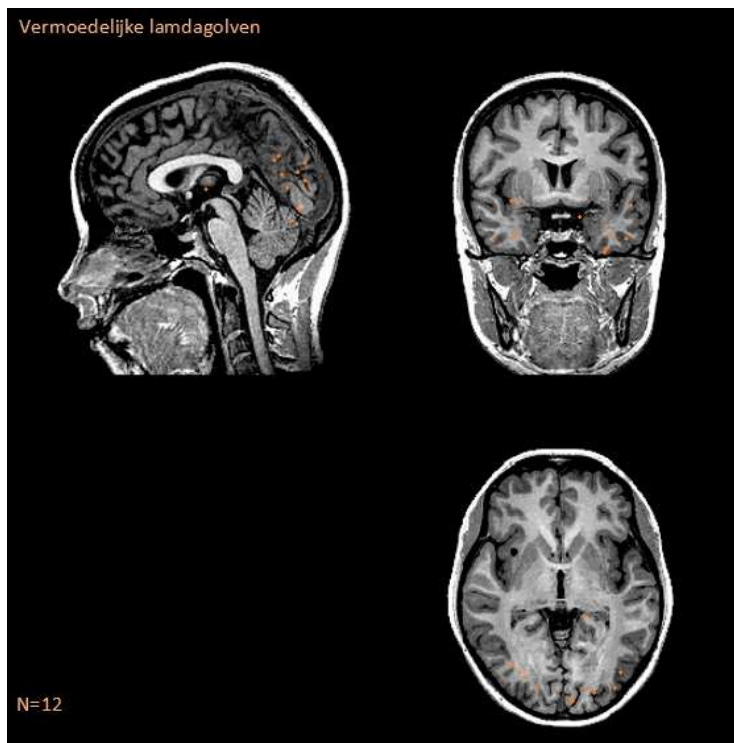
Figuur 9: Maxima van gevonden vermoedelijke α -activiteit in het SEEG.

4.2.1.2. Muritme



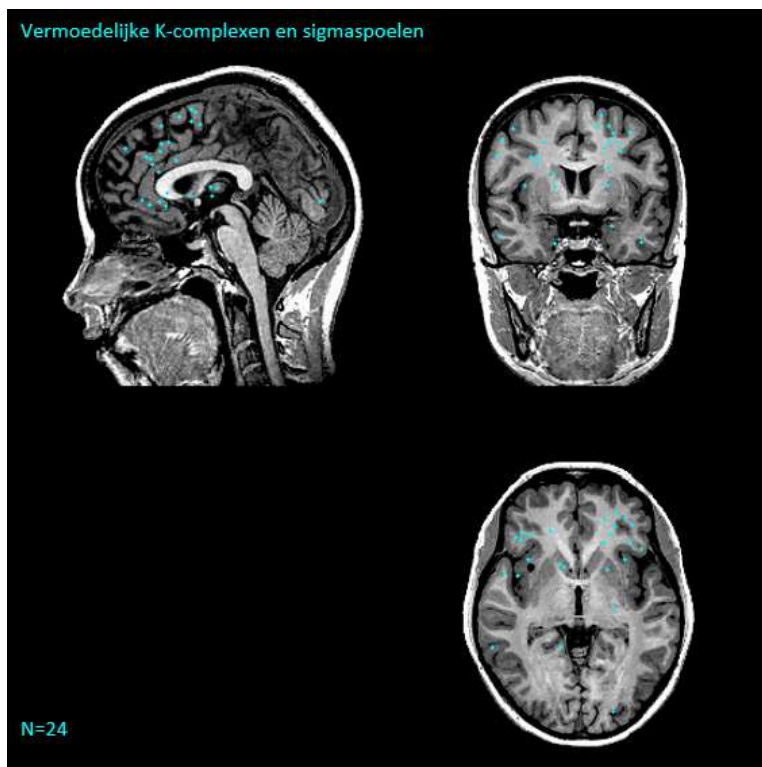
Figuur 10: Maxima van gevonden vermoedelijke mu-activiteit in het SEEG.

4.2.1.3. Lambdagolven



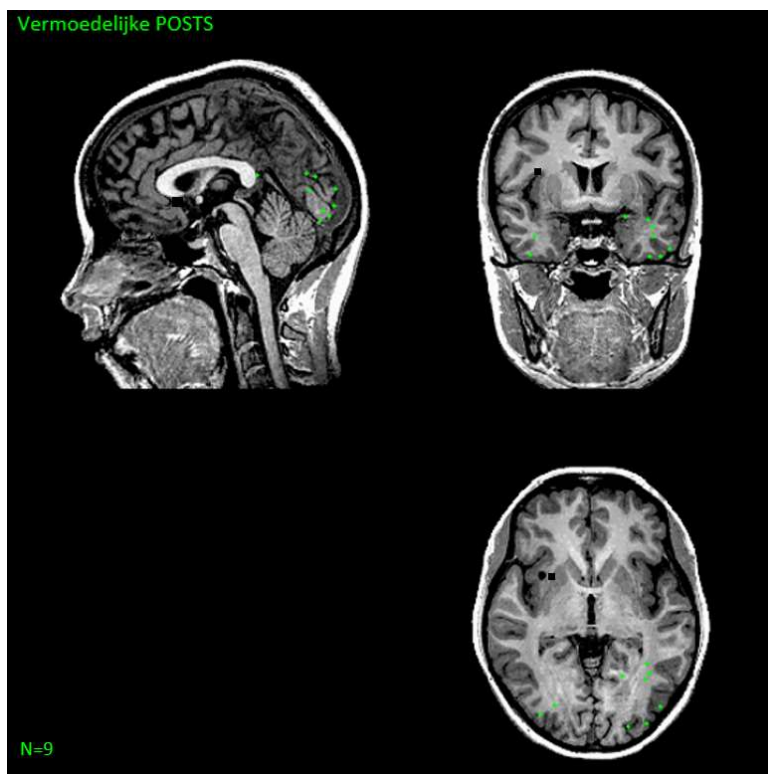
Figuur 11: Maxima van gevonden vermoedelijke lambdagolven in het SEEG.

4.2.1.4. K-complexen en sigmaspoelen



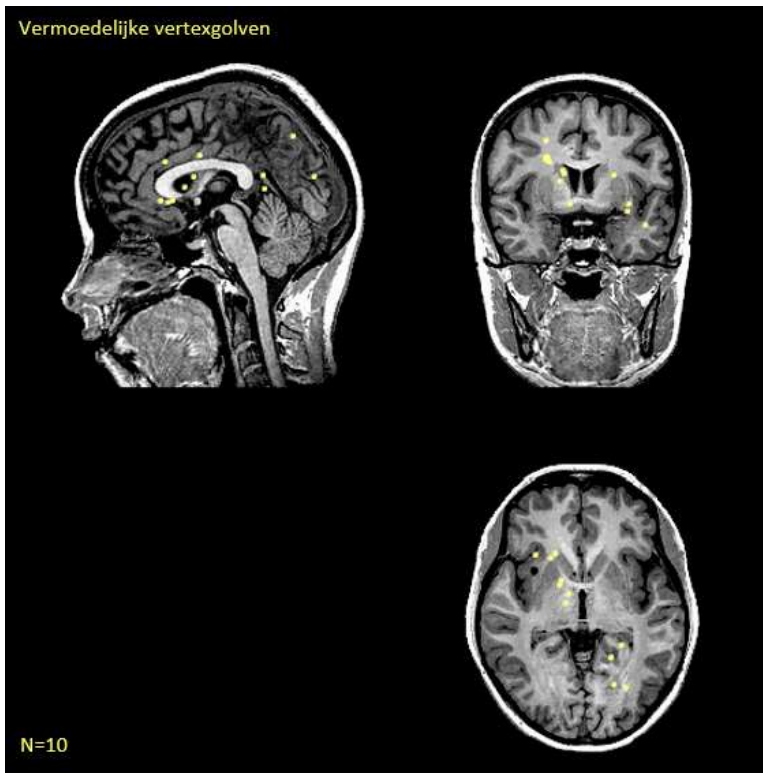
Figuur 12: Maxima van gevonden vermoedelijke K-complexen en sigma-spoelen in het SEEG.

4.2.1.5. POSTS



Figuur 13: Maxima van gevonden vermoedelijke POSTS in het SEEG.

4.2.1.6. Vertexgolven



Figuur 14: Maxima van gevonden vermoedelijke vertexgolven in het SEEG.

4.2.2. Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek

4.2.2.1. Fysiologisch/pathologisch?

FYSIOLOGISCH/PATHOLOGISCH	KNF Laborant i.o					
Neuroloog KNF		0	1	2		
	0	29	0	1	30	60%
	1	3	3	0	6	12%
	2	7	4	3	14	28%
		39	7	4	50	
		78%	14%	8%		

Waarneming: 0,7
Kans: 0,5072
Kappa: 0,3912338

Tabel 12: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "fysiologisch/pathologisch"

Er is een matige overeenstemming met betrekking tot het beoordelen van activiteit in de vragen van het interobserver variabiliteitsonderszoek of deze fysiologisch danwel pathologisch is.

4.2.2.2. Waak-activiteit

WAAK		Laborant KNF i.o.							
Neuroloog KNF									
	3	5	4	0	0	0	9	38%	
	4	2	3	0	0	1	6	25%	
	5	0	0	2	0	0	2	8%	
	6	0	1	0	5	1	7	29%	
	7	0	0	0	0	0	0	0%	
		7	8	2	5	2	24		
		29%	33%	8%	21%	8%			

Waarneming: 0,625
Kans: 0,26042
Kappa: 0,49296

Tabel 13: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "waak"

Er is een redelijke overeenstemming met betrekking tot het beoordelen van waak-activiteit in de vragen van het interobserver variabiliteitsonderzoek.

Posterieur ritme/muritme		Laborant KNF i.o.							
Neuroloog KNF									
	3	5	4	0	0	0	9	64%	
	4	2	3	0	0	0	5	36%	
	5	0	0	0	0	0	0	0%	
	6	0	0	0	0	0	0	0%	
	7	0	0	0	0	0	0	0%	
		7	7	0	0	0	14		
		50%	50%	0%	0%	0%			

Waarneming: 0,57143
Kans: 0,5
Kappa: 0,14286

Tabel 14: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "Posterieur ritme en Muritme"

lambda		Laborant KNF i.o.							
Neuroloog KNF			3	4	5	6	7		
	3	0	0	0	0	0	0	0	0%
	4	0	0	0	0	0	0	0	0%
	5	0	0	2	0	0	0	2	100%
	6	0	0	0	0	0	0	0	0%
	7	0	0	0	0	0	0	0	0%
		0	0	2	0	0	0	2	
		0%	0%	100%	0%	0%			

Overeenstemming: 1

Kans: 1

Kappa: /

Tabel 15: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "Lambdagolven"

4.2.2.3. Slaap-activiteit

SLAAP		Laborant KNF i.o.							
Neuroloog KNF			6	7	8	9	10	11	
	6	1	4	1	0	5	1	12	46%
	7	0	3	1	1	0	1	6	23%
	8	0	0	2	0	0	0	2	8%
	9	0	0	0	3	0	0	3	12%
	10	0	0	0	0	0	0	0	0%
	11	0	0	0	0	0	3	3	12%
		1	7	4	4	5	5	26	
		4%	27%	15%	15%	19%	19%		

Waarneming: 0,461538

Kans: 0,131657

Kappa: 0,379898

Tabel 16: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "slaap"

Er is een matige overeenstemming met betrekking tot het beoordelen van slaap-activiteit in de vragen van het interobserver variabiliteitsonderzoek.

K-complex		Laborant KNF i.o.								
Neuroloog KNF			6	7	8	9	10	11		
	6	0	0	1	0	0	0	0	1	25%
	7	0	0	1	0	0	0	0	1	25%
	8	0	0	2	0	0	0	0	2	50%
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
		0	0	4	0	0	0	0	4	
		0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%		

Overeenstemming: 0,5

Kans: 0,5

Kappa: /

Tabel 17: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "K-complexen"

Slaapspoelen		Laborant KNF i.o.								
Neuroloog KNF			6	7	8	9	10	11		
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	25%
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	9	0	0	0	3	0	0	0	3	75%
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
		0	0	0	4	0	0	0	4	
		0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%		

Overeenstemming 0,75

Kans: 0,75

Kappa: /

Tabel 18: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "Slaapspoelen"

POSTS	Laborant KNF i.o.									
Neuroloog KNF		6	7	8	9	10	11			
	6	0	0	0	0	0	1	1	20%	
	7	0	0	0	0	0	1	1	20%	
	8	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	9	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	10	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11	0	0	0	0	0	3	3	60%	
		0	0	0	0	0	5	5		
		0%	0%	0%	0%	0%	100%			

Overeenstemming 0,6

Kans: 0,6

Kappa: /

Tabel 19: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "POSTS"

Vertex	Laborant KNF i.o.									
Neuroloog KNF		6	7	8	9	10	11			
	6	0	0	0	0	5	0	5	100%	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	8	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	9	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	10	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11	0	0	0	0	0	0	0	0%	
		0	0	0	0	5	0	5		
		0%	0%	0%	0%	100%	0%			

Waarneming: 0

Kans: 0

Kappa: /

Tabel 20: Resultaten interobserver variabiliteitsonderzoek "Vertexgolven"

4.3. Analyse

4.3.1. Lokalisatieonderzoek dossieronderzoek SEEG-activiteit

4.3.1.1. Posterieur ritme

Er is in totaal 18 keer een ritme gevonden dat past bij de eigenschappen van het posterieure ritme. Ze werden over een groot gebied gevonden bij patiënten met een posterieure implantatie. Met name op de oppervlakkige- en minder op de diepgelegen contactpunten. Het betrof een groot

gebied. Deze bevinding suggereert dat het posterieure (alfa)ritme zich corticaal bevindt en dat het een samengesteld signaal is van meerdere gebieden.

4.3.1.2. Muritme

Het (vermoedelijke) muritme is 18 keer waargenomen. Opvallend aan deze waarnemingen is dat deze qua morfologie sterk overeenkomen met ritmes die bij oppervlaktere registraties in de centrale gebieden worden gezien, daar bekendstaande als muritme. Deze bevinding suggereert dat een signaal dat zich uit aan de oppervlakte, qua morfologie niet veel zal veranderen ten opzichte van het signaal gemeten vlak nabij de bron.

Ze worden het vaakst gezien in het primair motore- en sensibele handgebieden. Tevens worden er gevonden op de wat meer oppervlakkig gelegen contactpunten die via F1, F2 en F3 geïmplanteerd zijn. Tweemaal wordt er een ritme in de posterieure gebieden gezien.

4.3.1.3. Lambdagolven

(Vermoedelijke) lambdagolven zijn 12 keer waargenomen. Ze worden gezien over een groot gebied over de achterste gebieden, met name mesiaal occipitaal/pariëtaal. Ze worden met name gezien op de oppervlakkig gelegen contactpunten. Eenmaal wordt er een golf gevonden op een contactpunt dat zich dicht bij de rechter insula bevindt.

4.3.1.4. K-complexen en slaapspoelen

(Vermoedelijke) K-complexen en slaapspoelen zijn 24 maal geteld. Veelal in de pre-centrale gebieden. Opvallend was dat ze vaker gezien werden op dieper gelegen contactpunten dan op oppervlakkige contactpunten. Bij een enkel voorbeeld werd de karakteristieke "K" gevormd door 2 verschillende elektroden. Tevens worden er veel gevonden op contactpunten die via F1, F2 en vaak ook F3 geïmplanteerd zijn.

4.3.1.5. POSTS

Er zijn 9 voorbeelden die vermoedelijk POSTS zijn. Eenmaal wordt activiteit gevonden in de precuneus en eenmaal in het posterieure cingulum.

4.3.1.6. Vertexgolven

Vermoedelijke vertexgolven werden 10 maal gevonden met wisselende lokalisatie; enkele corticaal pariëtaal. Enkele voorbeelden werden gezien op contactpunten die zich dicht bij de insula bevonden.

4.3.2. Conclusie interobservervariabiliteitsonderzoek

In tabel 21 wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van het interobserver variabiliteitsonderzoek.

<i>Categorie vragen</i>	<i>Mate van overeenstemming</i>
<i>Fysiologisch/pathologisch</i>	Matige overeenstemming
<i>Waak-activiteit</i>	Redelijke overeenstemming
<i>Slaap-activiteit</i>	Matige overeenstemming

Tabel 21: Mate van overeenstemming bij de interpretatie van SEEG-activiteit.

Hoofdstuk 5. Conclusie & Aanbevelingen

5.1. Conclusies

5.1.1. Waak-activiteit

Binnen de beoordeling van SEEG-activiteit in waaktoestand zagen we een redelijke overeenstemming ($k=0,49$). Valt deze redelijke consensus te verklaren? Er werd gekeken per waak-fenomeen.

Bij de beoordeling van lambdagolven was een 100% overeenstemming. De wat lage kappa is hier dus niet door te verklaren. Echter bij de beoordeling van het posterieure- danwel muritme werd een erg lage Kappa gezien ($k=0,14$)

5.1.1.1. 8-13 Hz-activiteit

Wat opvalt aan het interobservervariabiliteitsonderzoek is dat er nog een slechte overeenstemming is in het onderscheiden van het posterieur ritme en het muritme ($k=0,14$). Dit valt mede te verklaren doordat ze hun frequentie delen. Om deze reden zijn deze 2 soorten activiteit samengenomen in deze paragraaf.

De gevonden mogelijke posterieurritmes in het dossieronderzoek werden met name op de meer oppervlakkig gelegen contactpunten gezien. De oppervlakkige contactpunten bevinden zich over het algemeen genomen meer richting neocorticaal dan richting de dieper gelegen structuren. Dit komt overeen met de bevinding van Goldman et al (2002), die stelden dat het posterieure (alfa)ritme deels een mate van corticale inactivatie is, mogelijk onder invloed van de insula en thalamus. Eenmaal werd in dit onderzoek het posterieure ritme gezien dichtbij de posterieure insula.

De gevonden SEEG-fenomenen komen qua morfologie sterk overeen met ritmes die aan de oppervlakte gemeten worden.

Het (vermoedelijke) muritme is 18 keer waargenomen bij 20 patiënten. Opvallend aan deze waarnemingen is dat deze qua morfologie sterk overeenkomen met ritmes die bij oppervlakteregistraties in de centrale gebieden worden gezien, daar bekendstaande als muritme. Deze herkenbare ritmes werden veel vermengd door laaggevolteerde snelle bèta-activiteit. In het oppervlakte-EEG is deze activiteit vaak moeilijk te onderscheiden van spier-artefacten maar met S-EEG werd deze activiteit zonder de bijkomstigheid van deze artefacten fraai weergegeven. Ze worden het vaakst als mu-ritme herkend in het primair motore-, en de sensibele handgebieden. Tevens worden er gevonden op de wat meer oppervlakkig gelegen contactpunten die via F1, F2 en F3 geïmplanteerd zijn. Mogelijks bevinden deze contactpunten zich dichtbij de anterieure cingulaire cortex, wat zou passen bij het onderzoek van Yin et al (2016), waarin hij naast de thalamus de insula, ook de anterieure cingulaire cortex benoemt als betrokken zijn bij het tot stand komen van het muritme. Ook het centrale bètaritme wordt in dit onderzoek benoemd.

Er werden ook meerdere posterieure maxima gevonden.

Het vermoeden is dat de klinisch neurofysioloog voornamelijk rekening gehouden heeft met de factor lokalisatie en de laborant KNF meer met de morfologie. Dit vermoeden zou mogelijk de posterieur gevonden voorbeelden van het muritme verklaren. EEG-activiteit toont zich in de diepte scherper. Hierdoor heeft de laborant KNF mogelijk posterieure ritmes als muritmes geïnterpreteerd, aangezien zich deze in de oppervlakte toont als kamvormig ritme met een soms scherp aspect.

5.1.1.2. *Lambdagolven*

(Vermoedelijke) lambdagolven zijn in het dossieronderzoek 12 keer waargenomen. Ze worden gezien over een groot gebied over de achterste gebieden, met name mesiaal occipitaal/parietaal. Dit komt overeen met het onderzoek van Egawa et al. (1983) welke zijn onderzoek, gemeten vanaf de oppervlakte, een maximale amplitude vond ter hoogte van Oz.

Dit echter in tegenstelling tot Perez-Borja et al. (1962). Deze toonde juist met diepe-elektroden meerdere foci van lambdagolven aan. Dit was in of dichtbij fissura calcarine of juist meer lateraal in de occipitaalkwab.

Ze worden in het dossieronderzoek met name gezien op de oppervlakkig gelegen contactpunten, dus meer corticaal dan diepgelegen. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom de bevonden maximale amplitude mesio-occipitaal gevonden werd. Aangezien in het onderzoek van Egawa et al. ook werd gemeten met oppervlakte-elektroden.

Eenmaal wordt er een golf gevonden op een contactpunt dat zich dicht bij de rechter insula bevindt. Dit zou kunnen betekenen:

- De betreffende golf mag niet als lambdagolf geïnterpreteerd worden.
- De insula heeft betrokkenheid bij de totstandkoming van de lambdagolf.
- De golf berust op voortgeleiding vanuit posterieur

5.1.2. *Slaap-activiteit*

Binnen de beoordeling van SEEG-activiteit in slaaptoestand zagen we een matige overeenstemming ($k=0,38$). Maar hoe valt deze matige consensus te verklaren? Er werd gekeken per slaap-fenomeen. Bij de beoordeling van K-complexen was een 50% overeenstemming. Bij de beoordeling van slaapspoelen werd een overeenstemming gezien van 75%. Bij de beoordeling van POSTS een overeenstemming van 60%. Ten slotte de meest opvallende bevindingen was de 0% overeenstemming in de beoordeling van vertexgolven. Mogelijk is deze activiteit toch vaker als zijnde pathologisch beschouwd.

5.1.2.1. *K-complexen en slaapspoelen*

K-complexen en slaapspoelen zijn 24 maal geteld. Hiervan voldeden er 19 aan de criteria voor slaapspoelen en 5 aan de criteria voor K-complexen.

De slaapspoelen in het dossieronderzoek bevonden zich veelal in de pre-centrale gebieden. Ook zijn er enkele slaapspoelen gezien in de posterieure regio. Deze bevindingen sluiten aan bij het onderzoek van Pinto et al. (2014). In dit onderzoek werden er vooral diffuse korte reeksen activiteit gevonden en is er m.b.v. bepaling van de maximale amplitude bepaald welk contactpunt zich het dichtste bij de bron van de gevonden activiteit bevond. Opvallend was dat ze vaker gezien werden op dieper gelegen contactpunten dan op oppervlakkige contactpunten en ook meer lateraal dan mediaal waren gelokaliseerd. Met name deze laatste bevindingen sluit aan bij het onderzoek van Duterte (1977).

Eenmaal wordt er een korte reeks golven gezien die voldeed aan de criteria voor slaapspoelen met een posterieur maximum. Dit zou kunnen betekenen:

- De betreffende reeks is geen slaapspoel

- Het gaat hier om een snelle, focale posterieure slaapspoel (Andrillon 2011)
- De golf berust op voortgeleiding vanuit een ander hersengebied.

In het onderzoek van Jurko (1978), wat verricht werd met diepte-elektroden, werd aangetoond dat er een K-complex optrad vanuit de thalamus, meer lateraal dan mediaal. Dit kon echter met dit onderzoek niet worden bevestigd aangezien er geen onderzoeksobject beschikbaar was met een implantatieschema in de thalamus.

Pinto et al. (2014) vond in zijn onderzoek maxima over het perirolandische gebied, met spreiding naar de frontale gebieden. 2 generatoren. Area 6 (vertex) en area 9 (frontale midline). Dit komt overeen met de bevindingen van dit onderzoek.

K-complexen worden dit dossieronderzoek niet vaak gezien. Als ze worden gezien, worden ze goed herkend als zodanig door zowel de onderzoeker als de klinisch neurofysioloog.

5.1.2.2. POSTS

Er zijn 9 voorbeelden die vermoedelijk POSTS zijn. Dit lage aantal sluit aan bij het onderzoek van Rey et al. (2008) waarin zij concludeerden dat POSTS een respectievelijk lage prevalentie hadden. Bij <10% van de 1254 onderzochte oppervlakte EEG-registraties werden POSTS waargenomen. Dit betrof dan vaak jonge mensen. In dit onderzoek zien we dat bij 9 van de 20 (45%) onderzochte SEEG-registraties POSTS zijn waargenomen. Dit is veel meer dan de hoeveelheid die Rey et al. gevonden heeft.

Alle voorbeelden worden gevonden in de occipitaalkwab, meer corticaal dan diep gelegen. Eenmaal wordt er een vermoedelijke POST gezien op een contactpunt dat zich tegen het posterieure deel van de precuneus aan bevindt. Er zijn geen beschrijvingen in de literatuur die een soortgelijke bevinding gedaan hebben. Dit zou kunnen betekenen:

- Het ging hier niet om POSTS
- De golf berust op voortgeleiding vanuit een ander hersengebied.

Egawa et al (1983) toonde in zijn onderzoek aan dat er in tegenstelling tot de vrijwel identieke lokalisatie van het maximum, de maximale amplitude van lambdagolven bijna 2x zo klein is als die van POSTS. Dat kwam in dit onderzoek niet duidelijk naar voren. Er zijn verder geen onderzoeken gedaan waarbij POSTS centraal in de vraagstelling stonden. In 1976 stelde Chatrian dat ondanks de grote overeenkomsten die POSTS lijken te hebben met Lambdagolven, POSTS niet gerelateerd zijn aan visuele stimuli of oogbewegingen.

5.1.6. Vertexgolven

Vermoedelijke vertexgolven werden 10 maal gevonden met wisselende lokalisatie; enkele corticaal pariëtaal en enkele voorbeelden werden gezien op contactpunten die zich in de insulatop of in de posterieure insula bevinden. Ook mesio het gebied van F1 wordt er eenmaal een vermoedelijke vertexgolf gezien. Laatstgenoemde past bij het onderzoek van Sekine et al. (2001), waarin zij hypotheeserden dat vertexgolven respectievelijk gelokaliseerd zijn bilateraal frontaal, met een maximum in de medial frontale gyri.

Stern et al. (2011) toonde later met behulp van f-MRI aan dat ze met name para-centraal en in de sensomotorische cortex gezien werden. Dit gebied is neocorticaal en oppervlakkig gelegen, nog boven de gyrus cinguli. Pinto et al. (2014) bevestigt dit nogmaals met zijn onderzoek waarbij hij gebruik maakt van grids.

De bevindingen van dit onderzoek passen bij bovenstaande bevindingen.

5.1.3. Betrouwbaarheid

Binnen de beoordeling van SEEG-activiteit dient er rekening te worden gehouden met de resultaten van het interobserver variabiliteitsonderzoek. Deze liet bij de vraag of de getoonde activiteit fysiologisch of pathologisch een matige overeenstemming zien.

<i>Categorie vragen</i>	<i>Mate van overeenstemming</i>
<i>Fysiologisch/pathologisch</i>	Matige overeenstemming
<i>Waak-activiteit</i>	Redelijke overeenstemming
<i>Slaap-activiteit</i>	Matige overeenstemming

Tabel 22: Mate van overeenstemming bij de interpretatie van SEEG-activiteit.

Deze bevinding zou deels verklaard kunnen worden door het verschil in opleiding en ervaring tussen de 2 beoordelaars.

Bij de interpretatie van waak-activiteit werd er een grotere overeenstemming gevonden, dan bij de interpretatie van slaap-activiteit.

Dit zou kunnen betekenen dat er op het gebied van beoordeling van slaap-activiteit meer onzekerheid bestaat. (Tabel 22).

5.1.4. Tot slot

Om een antwoord te geven op de hoofdvraag van dit onderzoek is eerst antwoord op de 3 deelvragen gegeven.

Deelvraag 1 is beantwoord in paragraaf 3.1 t/m paragraaf 3.7. Deze maakte onderdeel uit van de literatuurstudie.

De fysiologische EEG-fenomenen zijn in de literatuur uitvoerig beschreven naar frequentie, amplituden, morfologie, toestand, lokalisatie in het oppervlakte-EEG en er is veelvuldig getheoretiseerd over de bronnen/motors die achter deze fenomenen zitten. Relatief veel studies, vaak met andere beeldvormende onderzoeken, wezen op betrokkenheid van de thalamus, insula en cingulaire cortex. Er zijn geen vergelijkbare onderzoeken bekend die gebruik gemaakt hebben van SEEG. Er is consensus over EEG-fenomenen die gemeten zijn aan de oppervlakte.

Deelvraag 2 wordt beantwoord in paragraaf 3.8, dat deel uitmaakte van de literatuurstudie. Deze studie wees uit dat er geen reden is om aan te nemen dat SEEG-fenomenen zich anders zouden manifesteren dan oppervlakte-EEG fenomenen. Er wordt wel gebruik gemaakt van een veel hogere samplefrequentie maar deze geeft alleen winst op het gebied van waarheidsgetrouwe weergave als men over gamma-activiteit spreekt. Fysiologische oppervlakte-EEG-fenomenen worden met een samplefrequentie van 512Hz al ruim waarheidsgetrouw weergegeven.

Hier uit voortkomend is het antwoord op deelvraag 3 dat er met SEEG, mits dicht genoeg bij de bron van het signaal gemeten, met name laaggevolteerde snelle ritmes kunnen worden gezien die aan de oppervlakte niet gezien worden of verstoord zijn door spierartefacten. Een extreem voorbeeld hiervan zijn de HFO's, waar dit onderzoek verder niet op is ingegaan maar waar hedendaags wel veel onderzoek naar gedaan wordt.

Ten einde de hoofdvraag te beantwoorden met behulp van de 3 deelvragen is er ook zelf praktijkonderzoek gedaan in de vorm van een dossieronderzoek. Met behulp van dit dossieronderzoek kon er bepaald worden in welke hersenkwab een contactpunt zich bevond en/of deze zich corticaal of in/nabij een dieper gelegen structuur bevond. De resultaten van het dossieronderzoek wijken niet groot af in verhouding tot eerdere lokalisatiestudies van EEG-activiteit, gebruik makend van diverse meettechnieken.

Om de betrouwbaarheid van dit dossieronderzoek te toetsen is er een interobservervariabiliteitsonderzoek uitgevoerd tussen de onderzoeker en klinisch neurofysioloog. Van deze uitkomsten is een Cohen's kappa berekend. Er bleek een matige overeenstemming te zijn of activiteit pathologisch dan wel fysiologisch was. Wanneer de gevonden activiteit door de beoordelaars gecategoriseerd moest worden in waaktoestand en slaaptoestand, zagen we een redelijke overeenkomst voor de toestand waak en een matige overeenkomst voor de toestand slaap. Aan de hand van deze bevindingen zou voorzichtig gesteld kunnen worden dat epileptiforme activiteit matig opvalt ten opzichte van achtergrondactiviteit in het SEEG en dat er nog veel discussiepunten zijn wanneer het over fysiologische EEG fenomenen gaat, met name bij het beoordelen van slaap-activiteit.

In hoeverre is er met SEEG meer informatie te krijgen over fysiologische EEG-activiteit dan gemeten met oppervlakte-EEG? De hoge spatiële resolutie is soms een beperking van de techniek, want men weet niet hoe groot het gebied is waar deze activiteit gezien wordt. Hierdoor geeft SEEG slecht weer hoe een bepaald SEEG-fenomeen zich verhoudt tot de rest van het brein. Doordat een intracraniële implantatie er op gericht is om de vermoedelijke epileptogene zone bij de patiënt in kaart te brengen en dus niet ideaal is om gericht op zoek te gaan naar de bron van hersenactiviteit, zal er dus ook niet exact kunnen worden afgegrensd waar fysiologische activiteit wordt gegenereerd en eindigt. Daarvoor lijken andere meetmethoden meer geschikt, denk aan EEG-f-MRI/MEG-EEG.

Waar SEEG wel heel geschikt in is gebleken, is om werkhypotheses m.b.t. epileptogene zones te bewijzen c.q. onkrachten, mits de implantatie volgens planning gegaan is. Uiteraard zou de epileptogene zone kunnen vervangen worden door een fysiologisch ritme. Echter is dit erg invasief voor alleen een wetenschappelijke studie en niet waardevol voor een eventuele behandeling of ingreep.

Om toch een beeld te vormen van de verhoudingen tot de andere hersengebieden, zou bijv. het dossieronderzoek herhaald kunnen worden.

De resultaten van het dossieronderzoek wijken niet groot af in verhouding tot eerdere lokalisatiestudies van EEG-activiteit, gebruik makend van diverse meettechnieken.

5.2. Aanbevelingen

Aan de hand van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Toekomstige onderzoek naar bronlokalisatie van fysiologische EEG-activiteit met alleen SEEG is af te raden. Het SEEG heeft een hoge spatiale resolutie, maar geeft niet voldoende informatie over hoe de activiteit zich verhoudt tot de rest van het EEG en over het mogelijke overige betrokken gebied(en).
- Binnen de beoordeling van fysiologische SEEG-activiteit is nog een beperkte consensus. Meer training/workshops in het beoordelen van EEG-activiteit in SEEG-registraties zou een grotere consensus kunnen geven. Dit zou bewerkstelligt kunnen worden door nieuwe werknemers

bij een epilepsiecentrum waar SEEG beoordeeld wordt, eerst aanvullende trainingen te geven zodat deze beter op een lijn zitten met de klinisch neurofysioloog. Wellicht kan dit getoetst worden met behulp van dit of een uitgebreider interobserver variabiliteitsonderzoek.

- Het beoordelen van een oppervlakte-EEG is heel anders beoordelen dan vanuit de diepte. Je kijkt vanuit een andere hoek naar activiteit en gaat daardoor ook anders naar je routine oppervlakte-EEG's kijken.

Literatuur

1. Adrian, E.D., Matthews, B.H.C. (1934). The Berger rhythm. Potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*. Vol 57, issue 4. Dec 1934 pag 355- 385 DOI: 10.1093/brain/awp324
2. Andrillon, T., Nir, Y., Staba, R., Ferrarelli F., Cirelli, C., Tononi, G., Fried, I. (2011). Sleep spindles in humans: insights from intracranial EEG and unit recordings. *Journal of Neuroscience* volume 31 (49), 17821 – 17834. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2604-11.2011
3. Bastien, C., Crowley, K., Colrain, M. (2002). Evoked potential components unique to non-REM sleep: relationship to evoked K-complexes and vertex sharp waves. *International Journal of Psychophysiology* (46) 257-274. DOI: 10.1016/S0167-8760(02)00117-4
4. Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the human electroencephalogram). *Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten* bd 87, 527-570. DOI: 10.1007/BF01797193
5. Berger, H. 1933a. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Sechste Mitteilung (6th report). *Arch. Psychiat. Nervenkr.* bd 99 555-574.
6. Berger, H. 1933b. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Siebente Mitteilung (7th report). *Arch. Psychiat. Nervenkr.* bd 100:301-320.
7. Billings, R. (1989). The origin of the occipital lambda wave in man. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 1989, volume 72(2), 95 - 113. DOI: 10.1016/0013-4694(89)90170-3
8. Brazier, M. (1949). The electrical fields at the surface of the head during sleep. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiology* (1) 195-204. DOI: 10.1016/0013-4694(49)90176-5
9. Burle, B., Spieser, L., Roger, C., Casini, L., Hasbroucq, T., Vidal, F. (2015). Spatial and temporal resolutions of EEG; is it really black and white? A scalp current density view *International Journal of Psychophysiology* volume 97(3), 210-220. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.05.004. Epub 2015 May 12.
10. Colon, A. , Wagner, G., Boon, P., Visser-Vandewalle, V., Dings, J., Schijns, O. (sept.2014). Stereo-EEG in de analyse voorepilepsiechirurgie: resultaten bij de eerste 23 patiënten. *Tijdschrift voor neurologie en neurochirurgie* volume 3 (115), 137-146.
11. Dijk, J van., Stam, C., Zwartz, M., Mess, W., Putten, M van., De terminologie van het EEG: het is tijd om scherper te worden. *Tijdschrift neurologie en neurochirurgie* 2010 volume 111, 5-10.
12. Egawa, M., Yoshino, K., Hishikawa, Y. (1983) Positive Occipital Sharp Transients in the Human Sleep EEG Isao. *Folia Psychiatrica et Neurologica Japonica*, volume 37(1), 57-66. DOI:10.1111/j.1440-1819.1983.tb00303.x
13. Evans, C. (1953). Spontaneous excitation of the visual cortex and association areas; lambda waves. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 5, 69-74. DOI: 10.1016/0013-4694(53)90054-6
14. Gastaut, H.J. (1951) The electric activity of the brain. *Annual review of physiology*. Volume 13: 297-326 DOI: 10.1146/annurev.ph.13.030151.001501
15. Goldman, R., Stern, J., Engel, J, Cohen, M. (20 dec. 2002). Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm. *Neuroreport* volume 13(18): 2487–2492. DOI: 10.1097/01.wnr.0000047685.08940.d0

16. Jasper, H., and Andrews, H. (1938). Electroencephalography. III. Normal differentiation of occipital and precentral regions in man. *Arch. Neurol. Psychiat.* (Chicago) volume 39, 96-115. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1938.02270010106010
17. Jurko, M., Andy, O. (1978) The K-Complex in Thalamic Depth Recordings. *Clinical electroencephalography* volume 9(2). DOI: 10.1177/155005947800900204
18. Kane, N., Acharya, J., v. Putten M.J.A.M.A. (2017), revised glossary of terms most commonly used by clinical EEG's and updated proposal for the report format of the EEG. Findings revision 2017. *Clinical neurophysiology pract.* 2017; 2: 170-185 doi: DOI: 10.1016/j.cnp.2017.07.002
19. Kuhlman, W.N. (1978) Functional topography of the human mu rhythm. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol* volume 44, 83-93. DOI:10.1016/0013-4694(78)90107-4
20. Lachaux, J., Rudrauf D, Kahane P. (2003). Intracranial EEG and human brain mapping *Journal of Physiology - Paris* volume 97, 613–628. DOI: 10.1016/j.jphysparis.2004.01.018
21. Lajnef, T., O'Reilly, C., Combrisson, E., Chaib, S., Eichenlaub, J., Ruby, P., Aguera, P., Samet, M., Kachouri, A., Frenette, S., Carrier, J., Jerbi, K., Meet Spinky: An Open-Source Spindle and K-Complex Detection Toolbox Validated on the Open-Access Montreal Archive of Sleep Studies (MASS). *Frontiers in neuroinformatics* 2017. DOI: 10.3389/fninf.2017.00015
22. Landis, R.J., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data (1977) *Biometrics*, vol 33. No 1. P. 159-174 DOI: 10.2307/2529310
23. Lhatoo, S., Lacuey, N., Rivlin, P., (2016) Principles of Stereotactic Electroencephalography in Epilepsy Surgery *Journal of Clinical Neurophysiology* Publish Ahead of Print DOI: 10.1097/WNP.0000000000000264
24. Loomis, A. L., Harvey, E. N., & Hobart, G. A. (1938). Distribution of disturbance-patterns in the human electroencephalogram with special reference to sleep. *Journal of Neurophysiology*, 1, 413-430.
25. Lopes da Silva, F., Lierop, T. van, Schrijer, C. (1973) Organization of thalamic and cortical alpha rhythm: Spectra and coherences. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 35, 627-640. DOI: 10.1016/0013-4694(73)90216-2
26. Niedermeyer, E., Da Silva. (2005) *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Field* (5th edition). Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN: 9780781751261
27. Niiyama, Y., Fushimi, M., Sekine, A. (1995). K complex evoked in NREM sleep is accompanied by a slow negative potential related to cognitive process. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 95, 27-33. DOI: 10.1016/0013-4694(95)00021-P
28. Niiyama, Y., Satoh, N., Kutsuzawa, O. (1996). Electrophysiological evidence suggesting that sensory stimuli of unknown origin induce spontaneous K complex. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 98, 394-400. DOI: 10.1016/0013-4694(96)95103-2
29. Perez-Borja, C., Chatrian, G., Tyce, F. (1962). Electrographic patterns of the occipital lobes in man: a topographic study based on use of implanted electrodes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 14, 171-182. DOI: 10.1016/0013-4694(62)90026-3
30. Pfurtscheller, G., Neuper, Ch., Andrew, C., Edlinger, G. (1997). Foot and hand area mu rhythms. *International Journal of Psychophysiology* volume 26, 121-135. DOI: 10.1016/S0167-8760(97)00760-5

31. Pineda, J. (2005). The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain research reviews* volume 50, 57-68. DOI: 10.1016/J.brainresrev.2005.04.005
32. Pinto, A., Fernández, I.,† Peters,J., Manganaro, S., Jedediah, I., Singer,M.,, Martina Vendrame, Prabhu, S., Loddenkemper, T., Kothare, V. (okt.2014). Localization of Sleep Spindles, K-Complexes, and Vertex Waves With Subdural Electrodes in Children *Journal of Clinical Neurophysiology* volume 31 (4), 367-374. DOI: 10.1097/WNP.000000000000071
33. Rey, V., Aybek, S., Maeder-Ingvar, M., Rosetti, O. (2008) Positive occipital sharp transients of sleep (POSTS): A reappraisal. *Clinical Neurophysiology*. volume 120(3): 472-475. doi: 10.1016/j.clinph.2008.12.035
34. Roth, M., and Green, J. (aug. 1956). The form, voltage distribution and physiological significance of the K complex. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* volume 8(3), 385–402. DOI: 10.1016/0013-4694(56)90004-9
35. Roth, M., Green, J. (07 nov. 1953). The lambda wave as a normal physiological phenomenon in the human electroencephalogram. *Nature* volume 172, 864 – 866. DOI:10.1038/172864b0
36. Sekine, A., Niyama, Y., Kutsuzawa O., Shimizu T. (2001). A negative component on even related potentials during light drowsiness. *Psychiatry and clinical neurosciences* volume 55, 473-478. DOI: 10.1046/j.1440-1819.2001.00892.x
37. Sitnikova, E., Luijtelaar,G. van (2005). Thalamic and cortical correlates of sleep spindles in rats. *Sleep-wake research in the Netherlands*, volume 16, 137-140
38. Stern, J. & Engel J. (2013). *Atlas of EEG patterns* (2nd edition). Philadelphia CA, USA: Lippincot Williams & Wilkins. ISBN: 9781451109634
39. Stern, J., Caporro, M., Haneef, Z., Yeh , J., Buttinelli, C., Lenartowicz, A., Mumford, J., Parvizi, J., Poldrack, R. (2011). Functional imaging of sleep vertex sharp transients *Clinical Neurophysiology* volume 122, 1382–1386. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.12.049
40. Storm van Leeuwen, W., Wieneke, G., Spoelstra, P. (1978). Lack of bilateral coherence of mu-rhythm. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 44, 140-146. DOI: 10.1016/0013-4694(78)90260-2
41. Tatum, W., LY, R., Sluzewska-Niedzwiedz, M., Shih, J. (2013). Lambda waves and occipital generators. *Clinical EEG Neuroscience* volume 44, 307-312. DOI: 10.1177/1550059413481029
42. Vignaendra, V., Matthews, R.L., Chatrian, G.E. (1974). Positive occipital sharp transients of sleep: relationships to nocturnal sleep cycle in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 37, 239-246. DOI: 10.1016/0013-4694(74)90027-32
43. Walter, D., Rhodes, J., Brown, D. (mrt.1966). Comprehensive spectral analysis of human EEG generators in posterior cerebral areas. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol* Volume 20(3), 224–237. DOI: 10.1016/0013-4694(66)90087-3
44. Wright, E., and Gilmore, R. (1984). Features of the geriatric EEG: age-dependent incidence of POSTS. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 16(1), 11-15. DOI: 10.1177/155005948501600102
45. Yin, S., Liu, Y., Ding, M. (22 jul.2016). Amplitude of Sensorimotor Mu Rhythm Is Correlated with BOLD from Multiple Brain Regions: A Simultaneous EEG-fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00364

Reflectie

Reflectie literatuurstudie

Binnen de literatuurstudie (08-2015-09-2015) is gekozen om per soort activiteit te gaan zoeken wat er over geschreven staat in de literatuur. Ik heb de snowball methode gebruikt. Als ik hierop terugkijk is dit gestructureerd gebeurd en was dit een gerechtvaardigde keuze. De nadruk heb ik vooral gelegd op de lokalisatie van de desbetreffende activiteit. Ik heb ieder artikel en/of boek meteen genummerd en hier in de eerste tekstopzet eerst naar verwezen. Later toen deze op alfabetische volgorde moest worden gezet was dit een hoop werk. De volgende literatuurstudie zou ik dit meteen volgens APA-richtlijnen bewaren en niet achteraf.

Door middel van een goede afronding van de literatuurstudie waren de kernbegrippen uit de probleemstelling en onderliggende deelvragen goed te definiëren.

Voor dit onderzoek vind ik dat ik voldoende literatuuronderzoek heb uitgevoerd.

Reflectie onderzoeksmethodiek

Met het verzamelen van de SEEG-activiteit (dossieronderzoek) ben ik 08-2015 begonnen. Toch was het tijdrovend. Ik heb er 2 jaar over gedaan. Dit had deels te maken met feit dat ik mijn onderzoek uit heb gevoerd op een andere lokatie dan mijn werkplek waardoor dit soms lastig te plannen was. Ik moest vrij zijn en er moest een systeem beschikbaar zijn voor de dataverzameling.

Daarnaast is er in deze periode veel gebeurd in de privé-situatie wat mijn noodzaakte het onderzoek even te pauzeren.

Het verzamelen van de SEEG-activiteit is gedaan volgens de gestelde criteria in het artikel van Noachtar et al. (1999). Dit artikel is geschreven door een internationaal panel van medisch specialisten. Het artikel is 208 maal geciteerd. Door deze criteria streng te handhaven is de bias-factor dat de onderzoeker haar eigen voorbeelden verzameld heeft tot een minimum beperkt gebleven.

Na de verzameling van de SEEG-activiteit voor het dossieronderzoek is eind 10-2018 begonnen met het analyseren van de bevindingen. Tijdens dit proces heb ik meerdere keren lichte aanpassingen moeten doen aan mijn onderzoeksopzet. Soms omdat het gestelde doel te hoog gegrepen was en soms na overleg met studiebegeleider. Dit heeft nadelige invloed gehad op de duur van het onderzoek. In de toekomst zou ik proberen deze vooraf te ondervangen. Dit door een goed doordacht plan van te aanpak te maken en me strikt aan een haalbare planning te houden.

Deze periode heb ik ook het interobserver variabiliteitsonderzoek gemaakt. Per SEEG-activiteit zijn hiervoor de MRI-beelden en implantatieschema's gebruikt. Dit was een zeer tijdrovende klus. Ten tijde van het maken van dit onderzoek moest dit nog met de hand gecombineerd worden.

Reflectie onderzoeksresultaten

Voor het lokalisatieonderzoek zijn er tegenwoordig bij Kempenhaeghe computerprogramma's die de handelingen die nodig waren bij het tot stand komen van het dossieronderzoek automatisch voor je kunnen uitvoeren. Dit zou bij een eventueel soortgelijk onderzoek in de toekomst veel tijd kunnen besparen. Om het interobserver-variabiliteitsonderzoek correct uit te voeren en te interpreteren heb

ik me moeten verdiepen in statistiek. Deze vaardigheden kan ik in de toekomst goed gebruiken voor andere onderzoeken.

De resultaten van het dossieronderzoek vond ik persoonlijk wat tegenvallen, omdat er geen echte nieuwe bevindingen zijn gedaan. Toch heeft het mij diepere kennis gegeven over fysiologische EEG-activiteit.

De resultaten van het interobserver variabiliteitsonderzoek tonen voor mij aan dat er nog een matige consensus is m.b.t. de beoordeling van activiteit in het SEEG. Het verschil in ervaring van de 2 beoordelaars was groot. Dit kan een rol hebben gespeeld.

Beroepscompetenties

Onderstaande beroepscompetenties heb ik moeten aanwenden en verder door ontwikkelt om dit onderzoek tot een einde te brengen;

- *Met hoogwaardige apparatuur werken*
Tijdens het proces van dat verzamelen heb ik veel aanspraak moeten doen op het in staat zijn te werken met hoogwaardige EEG-apparatuur. Stellte was voor mij een nieuw meetsysteem en ik heb me dit eerst eigen moeten maken vooraleer ik data kon verzamelen.
- *Met hoogwaardige apparatuur werken*
Door het bestuderen van de literatuur en het bestuderen van de MRI-beelden heb ik respectievelijk meer diepgang op het gebied van EEG gecreëerd en een beperkte kennis van een aanpalend vakgebied ontwikkelt en later toegepast.
- *Zich een beeld vormen van de te verwachten bevindingen aan de hand van een differentiaaldiagnose*
Doordat er bij SEEG gebruik gemaakt wordt van een strakke werkhypothese, die zich uit in een implantatieschema in een potentieel epileptiform gebied, heb ik na het uitvoeren van dit onderzoek een beeld kunnen vormen van te verwachten onderzoeksbevindingen. Er kan immers pathologie, of fysiologie verwacht worden. Aan de hand van de klinische verschijnselen kan je al een beetje voorspellen in welk gebied je epileptiforme activiteit kan verwachten.
- *Tijdens het proces delen van het onderzoek aan te passen aan de voorlopige diagnose, aan tussentijdse bevindingen, en aan de klinische toestand van de patiënt*
Tijdens dit onderzoek heb ik enkele keren een kleine wijziging moeten aanbrengen om een betere vraag te formuleren waarop gericht antwoord kon worden gegeven. Tevens heb ik dit onderzoek veel rekening moeten houden met de klinische toestand van de patiënt. Ook al was deze niet meer aanwezig ten tijde van dit onderzoek, toch ga je zoeken naar momenten waarop de patiënt voldeed aan bijv. "ogen open, ogen dicht, waak of slaap"
- *Samen te werken met andere disciplines*
Om de data te verzamelen was er een nauwe samenwerking nodig tussen de werknemers van Kempenhaeghe om het systeem beschikbaar te stellen, en was er regelmatig overleg met de klinisch neurofysioloog van Kempenhaeghe. Ook de technische dienst van Kempenhaeghe is er enkele malen aan te pas gekomen. Mijn vermogen tot samenwerken is hierdoor gegroeid.

- *Mee te werken aan kwaliteitsverbetering.*
Door middel van dit onderzoek heb ik onder andere een poging gedaan een bijdrage te leveren aan de kwaliteitsverbetering bij het beoordelen van SEEG-activiteit.
- *Zich als KNF-laborant te profileren*
Zoals een KNF-laborant betaamd heb ik ten alle tijden de regels van het beschrijven gevolgd zoals deze ons zijn aangeleerd in de lesboeken van LOI.
- *Om te gaan met de vertrouwelijke gegevens van de patiënt*
Dit onderzoek heb ik de beschikking gekregen over gevoelige patiëntinformatie. Ik heb dit ook ten alle tijden zo ervaren en ben me er ten alle tijden van bewust geweest. Alle gegevens zijn dit onderzoek geanonimiseerd.

Bijlagen

Plan van aanpak

Plan van aanpak afstudeeropdracht

Wat zijn de eigenschappen van de fysiologische EEG-fenomenen in Stereo-EEG registraties en zijn deze altijd te differentiëren van pathologische activiteit?

Karin Breviers
LOI Hogeschool
Cursistennummer: 112581056
HBO Laborant klinische neurofysiologie
Inzendcode: 125H1
10-09-2016

Inhoud

1.	Aanleiding van het onderzoek.	50
2.	Probleemstelling	51
	Doelstelling	51
	Vraagstelling	51
	Hoofdvraag	51
	Deelvragen	51
3.	Onderzoeksontwerp	52
	Doel van het onderzoek	52
	Onderzoeksubjecten	52
4.	Methoden	53
5.	Planning	54
6.	Relevante literatuur	55

Aanleiding van het onderzoek.

Hierbij wordt activiteit rechtstreeks in het brein gemeten. Er wordt gebruik gemaakt van elektrodenstrips met 5-18 contactpunten die stereotactisch zijn ingebracht. Tijdens deze registraties wordt getracht epileptische aanvallen te registreren om zo exact mogelijk de onset van de aanvallen te bepalen.

Het SEEG is dus specifiek bedoeld voor bronlokalisatie van pathologische activiteit als aanvullend onderzoek binnen het pre-chirurgisch traject voor epilepsiepatiënten.

Er wordt ook fysiologische activiteit gemeten. Deze heeft geen prioriteit om te analyseren binnen het pre-chirurgisch traject, waardoor er in de literatuur weinig over beschreven staat. Wel staan er theorieën beschreven over welke hersenstructuren betrokken zijn bij het tot stand komen van fysiologische EEG-fenomenen. Is het met SEEG mogelijk om meer informatie te krijgen over de oorsprong van fysiologische EEG-fenomenen die tot nu toe alleen nog zijn beschreven wanneer er wordt gemeten vanaf de schedel? Kan SEEG bijdragen aan onze kennis over welke gebieden er betrokken zijn bij het tot stand komen van fysiologische EEG-activiteit?

Deze vragen leidden tot dit onderzoeksplan.

Probleemstelling

Doelstelling

Wanneer er wordt gemeten met diepte-elektroden geeft dit een kans om “dichterbij” te kijken en meer inzicht te geven in de precieze lokalisatie golfvorm en/of frequenties. Dit kan bijdragen aan de kennis over welke hersengebieden er betrokken zijn bij het tot stand komen van bepaalde fysiologische EEG fenomenen. Daarnaast kan dit onderzoek van waarde zijn voor verder wetenschappelijk onderzoek naar bronnen van EEG-activiteit.

Vraagstelling

Hoofdvraag

Is het met SEEG mogelijk om meer informatie te krijgen over fysiologische EEG-fenomenen, die tot nu toe alleen nog zijn beschreven wanneer er wordt gemeten vanaf de schedel?

Deelvragen

Wat is er bekend over de eigenschappen van fysiologische EEG-activiteit?

Hoe verhoudt een SEEG-sigitaal zich tot een oppervlakte- EEG-sigitaal?

Kan SEEG meer informatie geven over welke hersengebieden betrokken zijn bij het tot stand komen van een fysiologisch EEG-fenomeen?

Onderzoeksonderwerp

Doel van het onderzoek

Het door middel van beschrijvend retrospectief onderzoek meer inzicht verkrijgen in EEG-activiteit bij SEEG. Daarnaast toetsen hoeveel overeenstemming er bestaat tussen verschillende beoordelaars m.b.t. het differentiëren van fysiologische en pathologische activiteit.

Onderzoeksubjecten

Onderzoekslocatie

De registraties worden aangeleverd door Kempenhaeghe Heeze, academisch centrum voor epileptologie. Kempenhaeghe is een centrum voor de zorg, diagnostiek en behandeling van epilepsie. Sinds 2008 worden er ook SEEG-registraties gedaan. Deze worden ten behoeve van epilepsiechirurgie. De elektroden worden chirurgisch ingebracht in het Academisch Medisch Centrum Maastricht (MUMC). De patiënten worden na implantatie via ambulancevervoer naar Kempenhaeghe Heeze overgeplaatst, waarbij er in een periode van 2-4 weken SEEG wordt geregistreerd met simultaan video-opnamen. Er wordt gebruik gemaakt van het meetsysteem Stellate. De samplefrequentie is ingesteld op 600Hz. De signalen worden zowel bipolair als referentieel bekeken. Het contactpunt dat als referentie zal dienen wordt altijd gekozen in de witte stof.

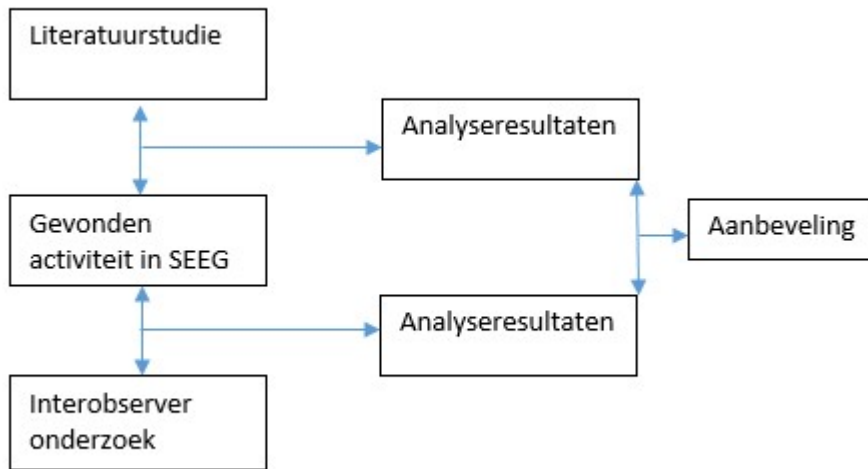
3.2.2. Patiëntenpopulatie

De EEG-gegevens van 20 patiënten met een lokalisatie gebonden epilepsie die mogelijk in aanmerking komen voor epilepsiechirurgie. Deze patiënten hebben allen pre- chirurgisch onderzoek gehad middels SEEG in de periode 2008-2014.

3.2.3. Interobserver variabiliteitsonderzoek

Het betreft beoordelaars met ruime ervaring binnen het werkgebied klinische neurofysiologie. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen neurologen en specialistisch laboranten.

Methoden



4.1. Literatuurstudie

Om deelvraag 1 te kunnen beantwoorden wordt er een literatuurstudie gedaan naar de fysiologische EEG-activiteit om te onderzoeken wat hierover al bekend is. Ik ga hierbij gebruik maken van de bronnen uit de literatuurlijst.

4.2. Lokalisatieonderzoek dossieronderzoek fysiologische activiteit SEEG-registraties

Om de 2^e deelvraag te kunnen beantwoorden zal er zowel kwalitatief als kwantitatief explorerend onderzoek gedaan worden naar fysiologische activiteit in SEEG-registraties van 20 patiënten. Hierbij zal retrospectief worden gekeken naar (de eigenschappen van) zowel fysiologische als mogelijk pathologische EEG-fenomenen. Deze patiënten hebben allen langdurige registraties gehad van gemiddeld 3 weken, 24 uur/dag.

4.3. Interobserver variabiliteitsonderzoek

Om de 3^e deelvraag te kunnen beantwoorden worden de verzamelde gegevens van het retrospectief onderzoek gebruikt voor het interobserver variabiliteitsonderzoek. Hierbij zal er aan enkele neurofysiologen en specialistisch laboranten 50 vragen worden gesteld over verschillende EEG-fenomenen gevonden in de SEEG-registraties. Bij elke vraag wordt gevraagd of de getoonde activiteit als fysiologisch, pathologisch of onzeker wordt beschouwd. Ook wordt de keuzemogelijkheid gegeven om in te vullen hoe de activiteit geïnterpreteerd wordt.

Hun bevindingen zullen middels een interobserver variabiliteitsonderzoek worden getoetst. De statistische relevantie zal met Cohen's Kappa eveneens getoetst worden.

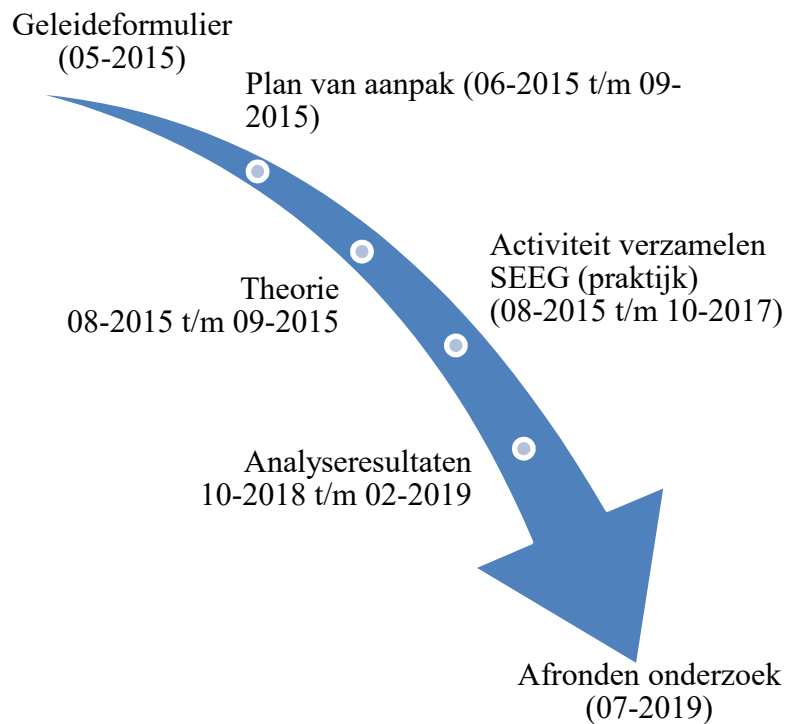
$\kappa = (Po - Pe) / (1 - Pe)$, waarbij:

κ = Kappa

Po = Geobserveerde overeenstemming

Pe = Potentiele overeenstemming

Planning



Fases onderzoek	Datum	Voltooid
Akkoord Geleideformulier:	05-2015	V
Start literatuurstudie:	08-2015	V
Aanleveren deelvraag 1:	09-2015	
Tussentijds overleg:	06-2015	V
Start praktijkstudie:	08-2015 t/m 10-2017	V
Tussentijds overleg:	10-2016	V
Analyseren en verwerken data:	10-2018 t/m 02-2019	V
tussentijds overleg:	11-2018	V
Afronden onderzoek:	07-2019	

Relevante literatuur

1. Adrian, E.D., Matthews, B.H.C. (1934). The Berger rhythm. Potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*. Vol 57, issue 4. Dec 1934 pag 355- 385 DOI: 10.1093/brain/awp324
2. Andrillon, T., Nir, Y., Staba, R., Ferrarelli F., Cirelli, C., Tononi, G., Fried, I. (2011). Sleep spindles in humans: insights from intracranial EEG and unit recordings. *Journal of Neuroscience* volume 31 (49), 17821 – 17834. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2604-11.2011
3. Bastien, C., Crowley, K., Colrain, M. (2002). Evoked potential components unique to non-REM sleep: relationship to evoked K-complexes and vertex sharp waves. *International Journal of Psychophysiology* (46) 257-274. DOI: 10.1016/S0167-8760(02)00117-4
4. Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the human electroencephalogram). *Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten* bd 87, 527-570. DOI: 10.1007/BF01797193
5. Berger, H. 1933a. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Sechste Mitteilung (6th report). *Arch. Psychiat. Nervenkr.* bd 99 555-574.
6. Berger, H. 1933b. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Siebente Mitteilung (7th report). *Arch. Psychiat. Nervenkr.* bd 100:301-320.
7. Billings, R. (1989). The origin of the occipital lambda wave in man. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 1989, volume 72(2), 95 - 113. DOI: 10.1016/0013-4694(89)90170-3
8. Brazier, M. (1949). The electrical fields at the surface of the head during sleep. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiology* (1) 195-204. DOI: 10.1016/0013-4694(49)90176-5
9. Burle, B., Spieser, L., Roger, C., Casini, L., Hasbroucq, T., Vidal, F. (2015). Spatial and temporal resolutions of EEG; is it really black and white? A scalp current density view *International Journal of Psychophysiology* volume 97(3), 210-220. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.05.004. Epub 2015 May 12.
10. Colon, A., Wagner, G., Boon, P., Visser-Vandewalle, V., Dings, J., Schijns, O. (sept.2014). Stereo-EEG in de analyse voorepilepsiechirurgie: resultaten bij de eerste 23 patiënten. *Tijdschrift voor neurologie en neurochirurgie* volume 3 (115), 137-146.
11. Dijk, J van., Stam, C., Zwarts, M., Mess, W., Putten, M van., De terminologie van het EEG: het is tijd om scherper te worden. *Tijdschrift neurologie en neurochirurgie* 2010 volume 111, 5-10.
12. Egawa, M., Yoshino, K., Hishikawa, Y. (1983) Positive Occipital Sharp Transients in the Human Sleep EEG Isao. *Folia Psychiatrica et Neurologica Japonica*, volume 37(1), 57-66. DOI:10.1111/j.1440-1819.1983.tb00303.x
13. Evans, C. (1953). Spontaneous excitation of the visual cortex and association areas; lambda waves. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 5, 69-74. DOI: 10.1016/0013-4694(53)90054-6
14. Gastaut, H.J. (1951) The electric activity of the brain. *Annual review of physiology*. Volume 13: 297-326 DOI: 10.1146/annurev.ph.13.030151.001501
15. Goldman, R., Stern, J., Engel, J, Cohen, M. (20 dec. 2002). Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm. *Neuroreport* volume 13(18): 2487–2492. DOI: 10.1097/01.wnr.0000047685.08940.d0

16. Jasper, H., and Andrews, H. (1938). Electroencephalography. III. Normal differentiation of occipital and precentral regions in man. *Arch. Neurol. Psychiat.* (Chicago) volume 39, 96-115. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1938.02270010106010
17. Jurko, M., Andy, O. (1978) The K-Complex in Thalamic Depth Recordings. *Clinical electroencephalography* volume 9(2). DOI: 10.1177/155005947800900204
18. Kane, N., Acharya, J., v. Putten M.J.A.M.A. (2017), revised glossary of terms most commonly used by clinical EEG's and updated proposal for the report format of the EEG. Findings revision 2017. *Clinical neurophysiology pract.* 2017; 2: 170-185 doi: DOI: 10.1016/j.cnp.2017.07.002
19. Kuhlman, W.N. (1978) Functional topography of the human mu rhythm. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol* volume 44, 83-93. DOI:10.1016/0013-4694(78)90107-4
20. Lachaux, J., Rudrauf D, Kahane P. (2003). Intracranial EEG and human brain mapping *Journal of Physiology - Paris* volume 97, 613–628. DOI: 10.1016/j.jphysparis.2004.01.018
21. Lajnef, T., O'Reilly, C., Combrisson, E., Chaib, S., Eichenlaub, J., Ruby, P., Aguera, P., Samet, M., Kachouri, A., Frenette, S., Carrier, J., Jerbi, K., Meet Spinky: An Open-Source Spindle and K-Complex Detection Toolbox Validated on the Open-Access Montreal Archive of Sleep Studies (MASS). *Frontiers in neuroinformatics* 2017. DOI: 10.3389/fninf.2017.00015
22. Landis, R.J., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data (1977) *Biometrics*, vol 33. No 1. P. 159-174 DOI: 10.2307/2529310
23. Lhatoo, S., Lacuey, N., Rivlin, P., (2016) Principles of Stereotactic Electroencephalography in Epilepsy Surgery *Journal of Clinical Neurophysiology* Publish Ahead of Print DOI: 10.1097/WNP.0000000000000264
24. Loomis, A. L., Harvey, E. N., & Hobart, G. A. (1938). Distribution of disturbance-patterns in the human electroencephalogram with special reference to sleep. *Journal of Neurophysiology*, 1, 413-430.
25. Lopes da Silva, F., Lierop, T. van, Schrijer, C. (1973) Organization of thalamic and cortical alpha rhythm: Spectra and coherences. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 35, 627-640. DOI: 10.1016/0013-4694(73)90216-2
26. Niedermeyer, E., Da Silva. (2005) *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Field* (5th edition). Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN: 9780781751261
27. Niiyama, Y., Fushimi, M., Sekine, A. (1995). K complex evoked in NREM sleep is accompanied by a slow negative potential related to cognitive process. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 95, 27-33. DOI: 10.1016/0013-4694(95)00021-P
28. Niiyama, Y., Satoh, N., Kutsuzawa, O. (1996). Electrophysiological evidence suggesting that sensory stimuli of unknown origin induce spontaneous K complex. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 98, 394-400. DOI: 10.1016/0013-4694(96)95103-2
29. Perez-Borja, C., Chatrian, G., Tyce, F. (1962). Electrographic patterns of the occipital lobes in man: a topographic study based on use of implanted electrodes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 14, 171-182. DOI: 10.1016/0013-4694(62)90026-3
30. Pfurtscheller, G., Neuper, Ch., Andrew, C., Edlinger, G. (1997). Foot and hand area mu rhythms. *International Journal of Psychophysiology* volume 26, 121-135. DOI: 10.1016/S0167-8760(97)00760-5

31. Pineda, J. (2005). The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain research reviews* volume 50, 57-68. DOI: 10.1016/J.brainresrev.2005.04.005
32. Pinto, A., Fernández, I.,† Peters,J., Manganaro, S., Jedediah, I., Singer,M.,, Martina Vendrame, Prabhu, S., Loddenkemper, T., Kothare, V. (okt.2014). Localization of Sleep Spindles, K-Complexes, and Vertex Waves With Subdural Electrodes in Children *Journal of Clinical Neurophysiology* volume 31 (4), 367-374. DOI: 10.1097/WNP.000000000000071
33. Rey, V., Aybek, S., Maeder-Ingvar, M., Rosetti, O. (2008) Positive occipital sharp transients of sleep (POSTS): A reappraisal. *Clinical Neurophysiology*. volume 120(3): 472-475. doi: 10.1016/j.clinph.2008.12.035
34. Roth, M., and Green, J. (aug. 1956). The form, voltage distribution and physiological significance of the K complex. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* volume 8(3), 385–402. DOI: 10.1016/0013-4694(56)90004-9
35. Roth, M., Green, J. (07 nov. 1953). The lambda wave as a normal physiological phenomenon in the human electroencephalogram. *Nature* volume 172, 864 – 866. DOI:10.1038/172864b0
36. Sekine, A., Niyama, Y., Kutsuzawa O., Shimizu T. (2001). A negative component on even related potentials during light drowsiness. *Psychiatry and clinical neurosciences* volume 55, 473-478. DOI: 10.1046/j.1440-1819.2001.00892.x
37. Sitnikova, E., Luijtelaar,G. van (2005). Thalamic and cortical correlates of sleep spindles in rats. *Sleep-wake research in the Netherlands*, volume 16, 137-140
38. Stern, J. & Engel J. (2013). *Atlas of EEG patterns* (2nd edition). Philadelphia CA, USA: Lippincot Williams & Wilkins. ISBN: 9781451109634
39. Stern, J., Caporro, M., Haneef, Z., Yeh , J., Buttinelli, C., Lenartowicz, A., Mumford, J., Parvizi, J., Poldrack, R. (2011). Functional imaging of sleep vertex sharp transients *Clinical Neurophysiology* volume 122, 1382–1386. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.12.049
40. Storm van Leeuwen, W., Wieneke, G., Spoelstra, P. (1978). Lack of bilateral coherence of mu-rhythm. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 44, 140-146. DOI: 10.1016/0013-4694(78)90260-2
41. Tatum, W., LY, R., Sluzewska-Niedzwiedz, M., Shih, J. (2013). Lambda waves and occipital generators. *Clinical EEG Neuroscience* volume 44, 307-312. DOI: 10.1177/1550059413481029
42. Vignaendra, V., Matthews, R.L., Chatrian, G.E. (1974). Positive occipital sharp transients of sleep: relationships to nocturnal sleep cycle in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 37, 239-246. DOI: 10.1016/0013-4694(74)90027-32
43. Walter, D., Rhodes, J., Brown, D. (mrt.1966). Comprehensive spectral analysis of human EEG generators in posterior cerebral areas. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol* Volume 20(3), 224–237. DOI: 10.1016/0013-4694(66)90087-3
44. Wright, E., and Gilmore, R. (1984). Features of the geriatric EEG: age-dependent incidence of POSTS. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Volume 16(1), 11-15. DOI: 10.1177/155005948501600102
45. Yin, S., Liu, Y., Ding, M. (22 jul.2016). Amplitude of Sensorimotor Mu Rhythm Is Correlated with BOLD from Multiple Brain Regions: A Simultaneous EEG-fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00364

Overige bijlagen

Interobservervariabiliteitsonderzoek

Interobserver variability research SEEG-activiteit

Voorwoord

Voor de afstudeerfase van mijn opleiding tot laborant klinische neurofysiologie doe ik onderzoek naar de lokalisatie en interpretatie van fysiologische activiteit m.b.v. STEREO-EEG-registraties.

Het doel van dit onderzoek is toetsen hoe groot de variabiliteit is in de beoordeling van SEEG-activiteit tussen mij en een ervaren neuroloog.

Het onderzoek bestaat uit 50 vragen. Bij elke vraag wordt een voorbeeld gegeven van EEG-activiteit in een SEEG-registratie met daarbij de MRI-beelden van de geïmplanteerde elektrode. Het traject van de elektrode wordt beschreven in de vraagstelling. Hoe hoger het getal van het contactpunt, hoe oppervlakkiger deze zich bevindt. Er zullen 2 deelvragen gesteld worden, nl:

- Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?
- Welke activiteit denkt u hier te zien?

Het onderzoek zal ongeveer 30-45 minuten van uw tijd in beslag nemen. Er wordt geadviseerd het bestand per geantwoorde vraag een keer op te slaan, zodat er geen gegevens verloren gaan. Er zal betrouwbaar met uw gegevens worden omgegaan en de resultaten worden geheel anoniem verwerkt.

Nogmaals hartelijk dank voor uw deelname aan dit onderzoek.

Met vriendelijke groet,

Karin Breviers
Laborant KNF i.o.

Inhoud

Vraag 1	62
Vraag 2	62
Vraag 3+4	64
Vraag 5	65
Vraag 6	66
Vraag 7 en 8	67
Vraag 9	68
Vraag 10	69
Vraag 11	70
Vraag 12	70
Vraag 13	72
Vraag 14	73
Vraag 15	74
Vraag 16	75
Vraag 17+18	76
Vraag 19+20	77
Vraag 21	78
Vraag 22	79
Vraag 23	80
Vraag 24	80
Vraag 25 en 26	81
Vraag 27	83
Vraag 28	83
Vraag 29	85
Vraag 30	86
Vraag 31+32	86
Vraag 33	88
Vraag 34	89
Vraag 35+36	89
Vraag 37+38	91
Vraag 39	91
Vraag 40	93
Vraag 41	93

Vraag 42	95
Vraag 43	96
Vraag 44+45	97
Vraag 46	97
Vraag 47	98
Vraag 48	100
Vraag 49	101
Vraag 50	102

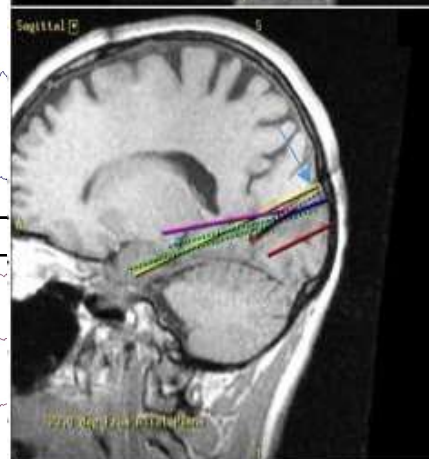
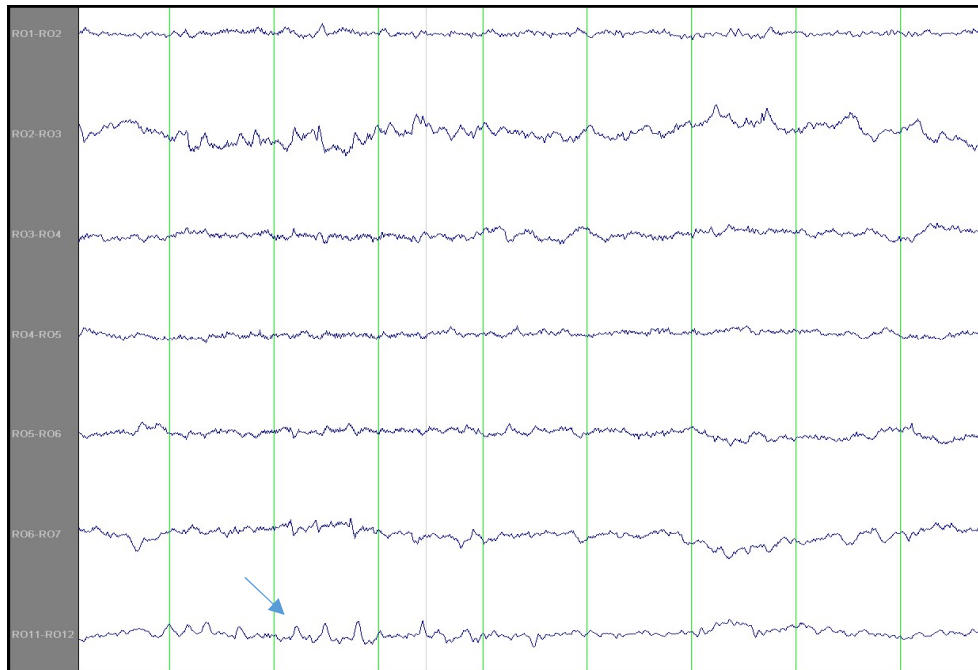
Vraag 1.

Op (kleine gele) elektrode RO (maximaal RO12) wordt in slaap onderstaande activiteit waargenomen. RO ligt mesio-occipitaal gelokaliseerd. Duur: 150-250ms. Amplituden 200uV. Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

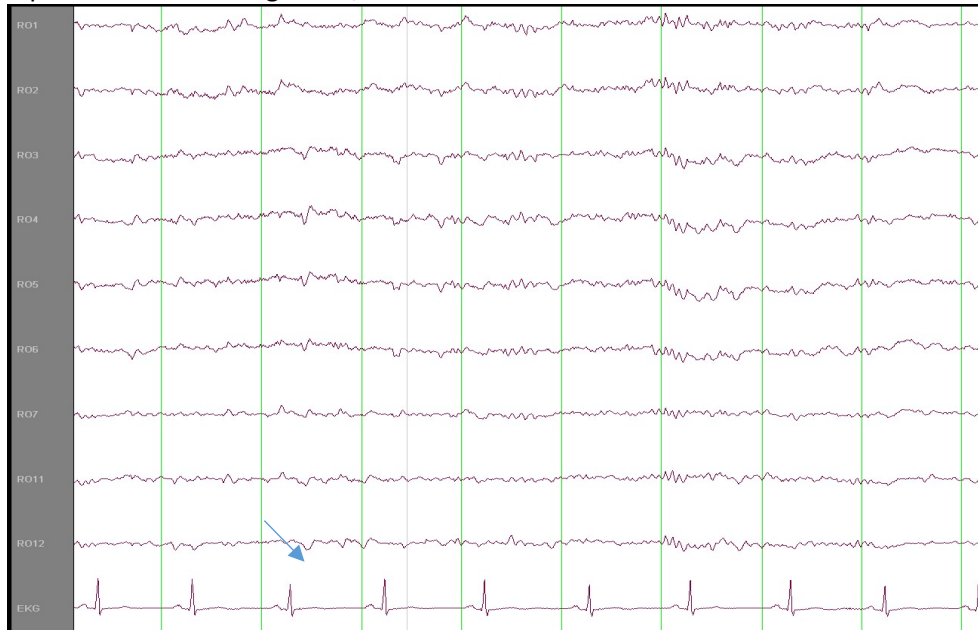
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serieafleiding RO1 t/m RO12



Referentiele serieafleiding RO1 t/m RO12

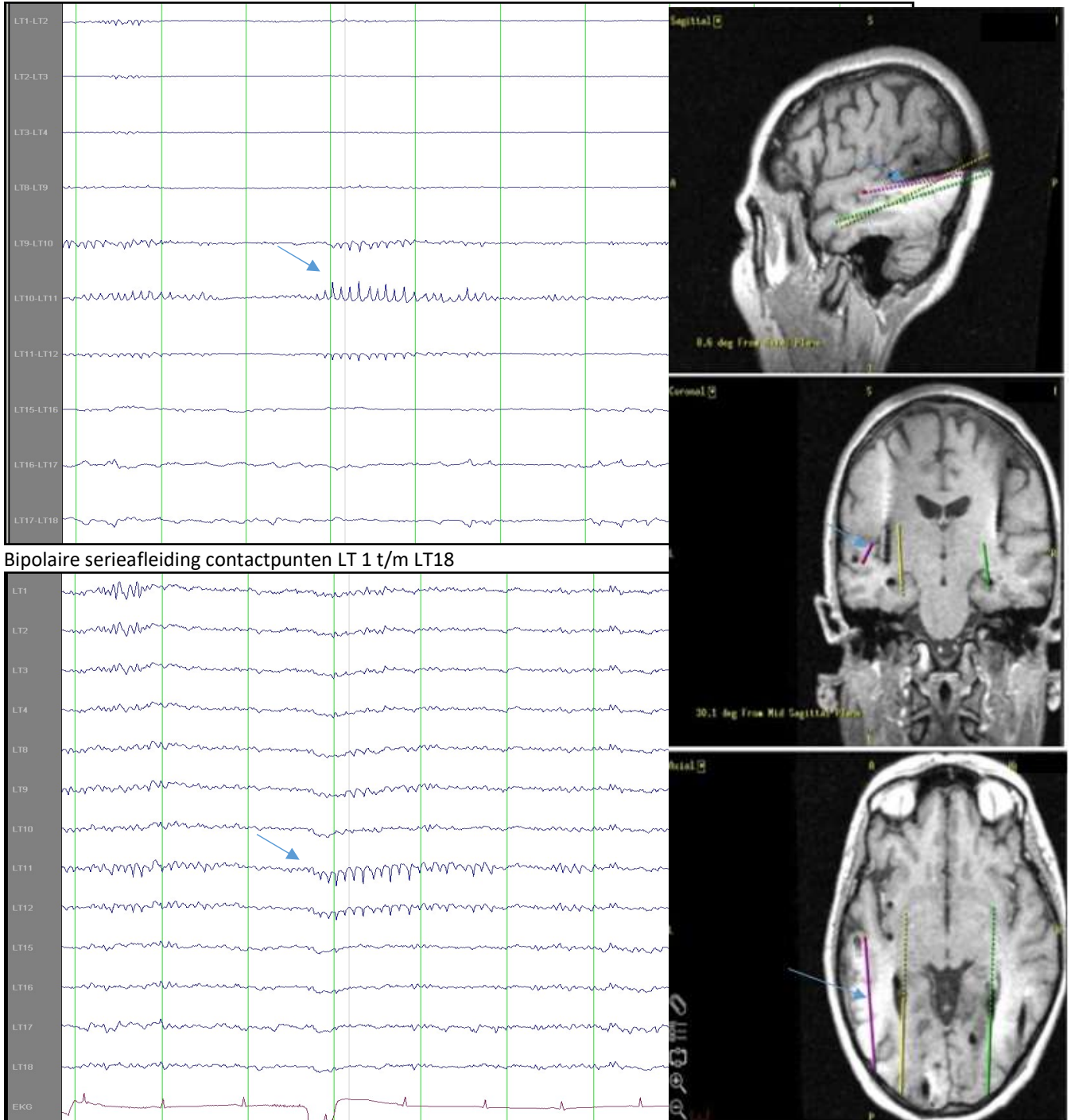
Vraag 2.

Op (paarse) elektrode LT (maximaal LT11) wordt in waak onderstaande activiteit waargenomen. LT loopt via occipitaal naar TPO naar T1. Frequentie: 8,5-9,5 Hz. Amplituden 100-250uV. Zou u de deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiele afleiding contactpunten LT 1 t/m LT1

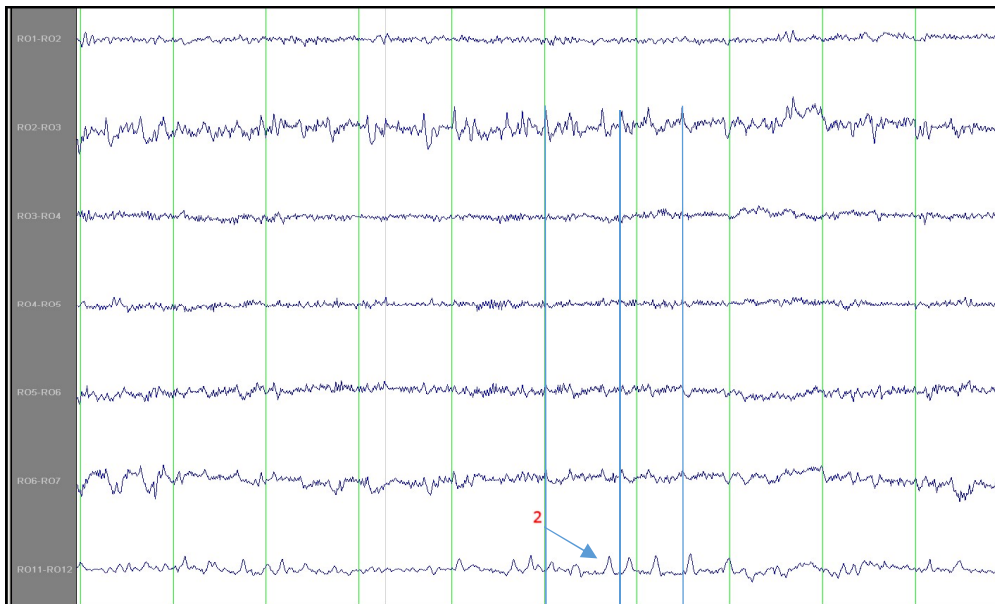
Vraag 3+4

**Op (kleine gele) elektrode RO (maximaal RO3) wordt in waak onderstaande activiteit waargenomen (1).
Op contactpunt RO12 wordt er enkele ms later activiteit waargenomen (2)
RO ligt mesio-occipitaal gelokaliseerd.
Zou u de deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?**

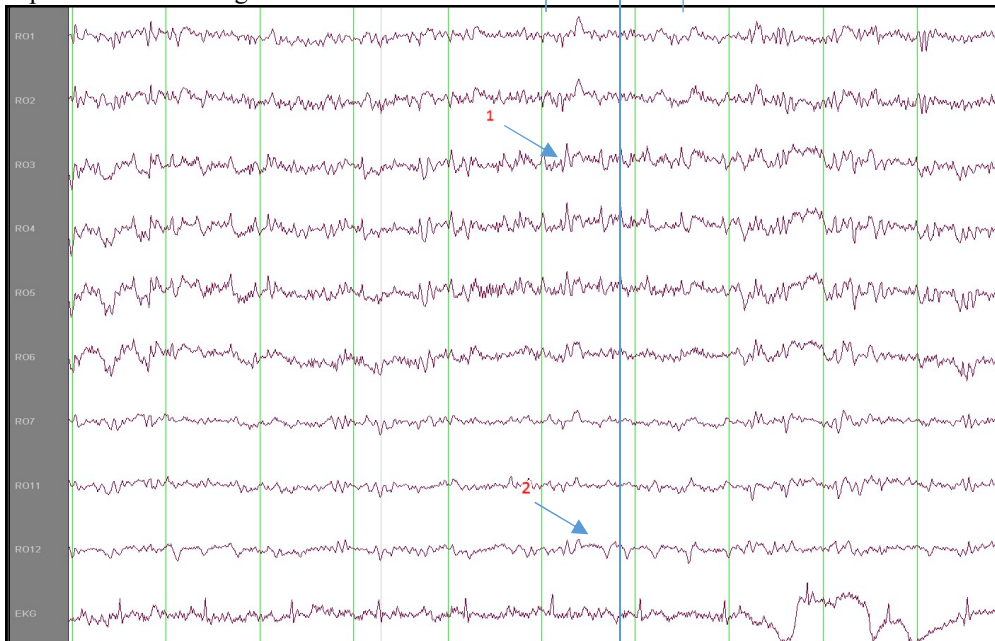
1. Kies een item.
2. Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

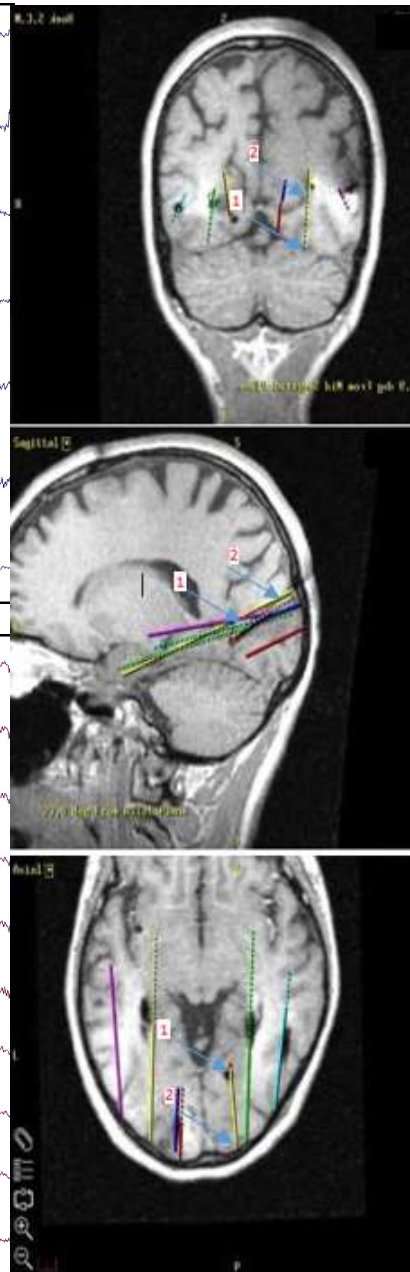
1. Kies een item.
2. Kies een item.



Bipolare serieafleiding RO 1 t/m RO12



Referentiele afleiding RO1 t/m RO12



Vraag 5.

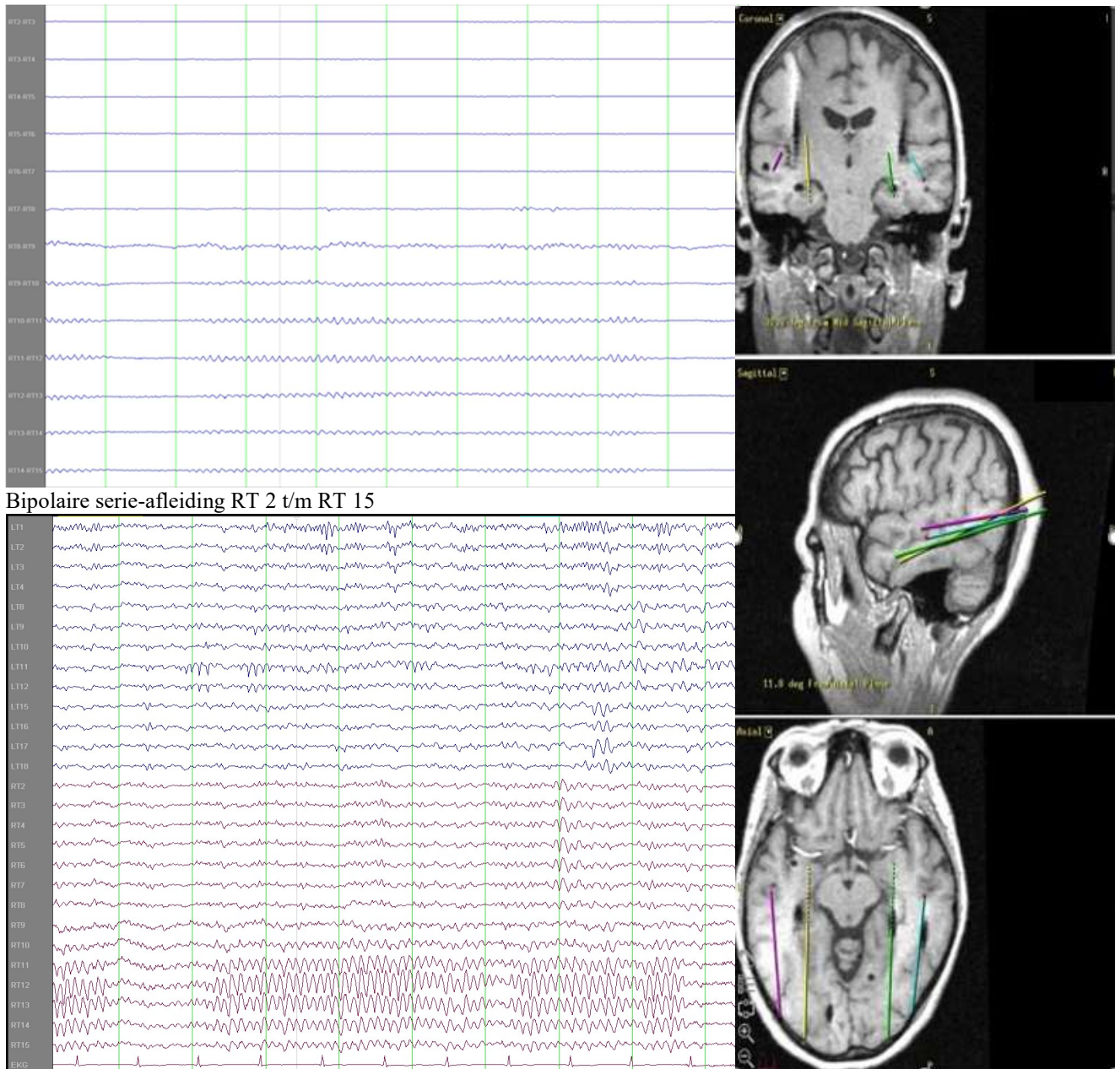
Op elektrode (blauwe) RT (maximaal RT12) en in mindere mate (paarse) LT wordt in waak onderstaande activiteit waargenomen. Frequentie: 8,5-9,5 Hz. Amplituden 80-320uV. LT loopt via occipitaal naar TPO naar T1. RT loopt via occipitaal naar TPO naar T2

Zou u de deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiele afleiding LT1 t/m 18 + RT2 t/m 15

Vraag 6.

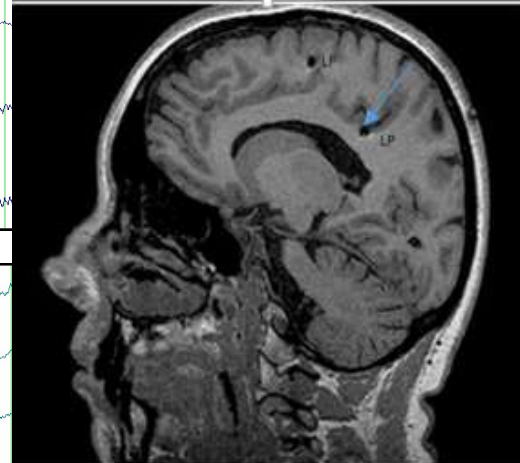
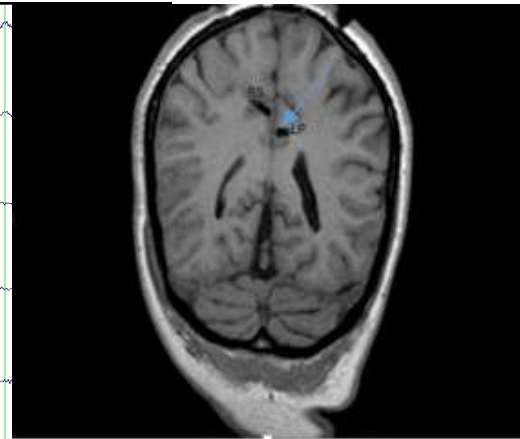
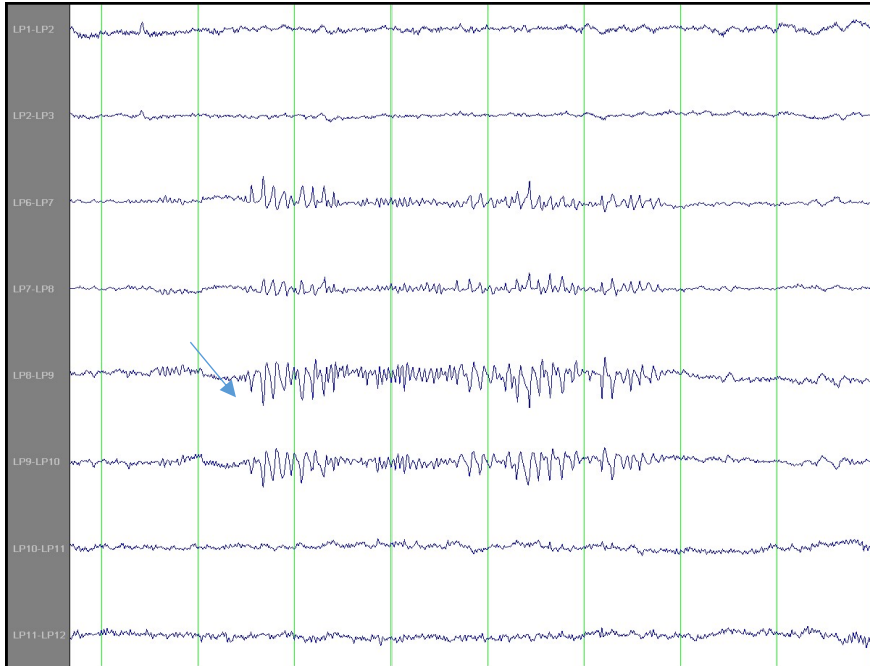
In waak wordt op elektroden LP7-8 onderstaande activiteit waargenomen.
LP loopt van pariëtaal tot posterieure cingulum.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

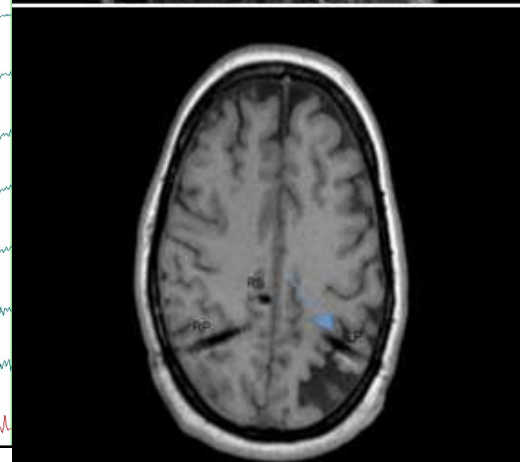
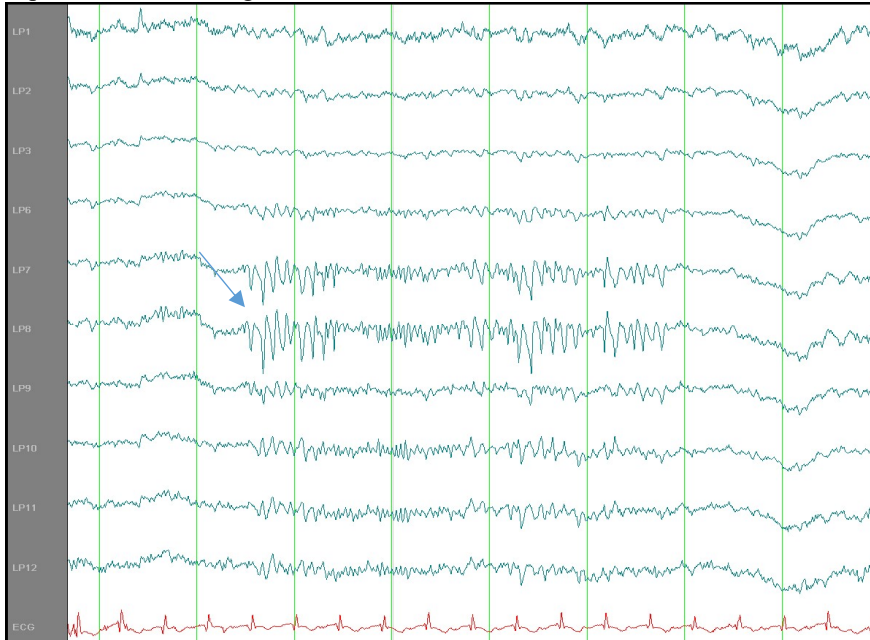
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serieafleiding LP1 t/m LP



Referentiele afleiding LP1 t/m LP12

Vraag 7 en 8.

Op elektrode LT wordt in slaap 2 onafhankelijk optredende fenomenen waargenomen. LT loopt lat. post T1 naar post hippocampus.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

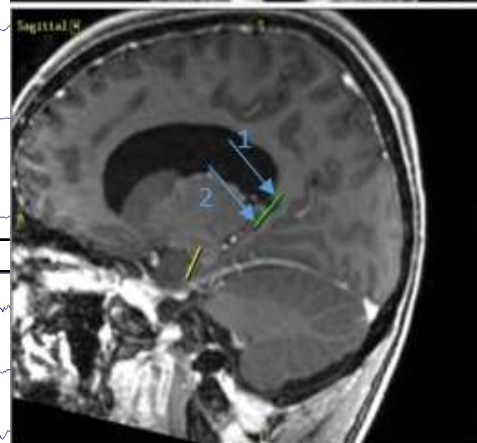
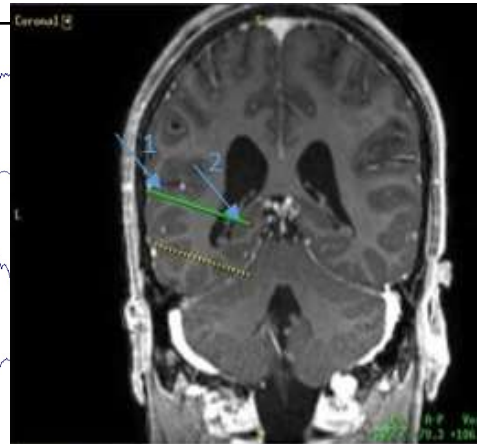
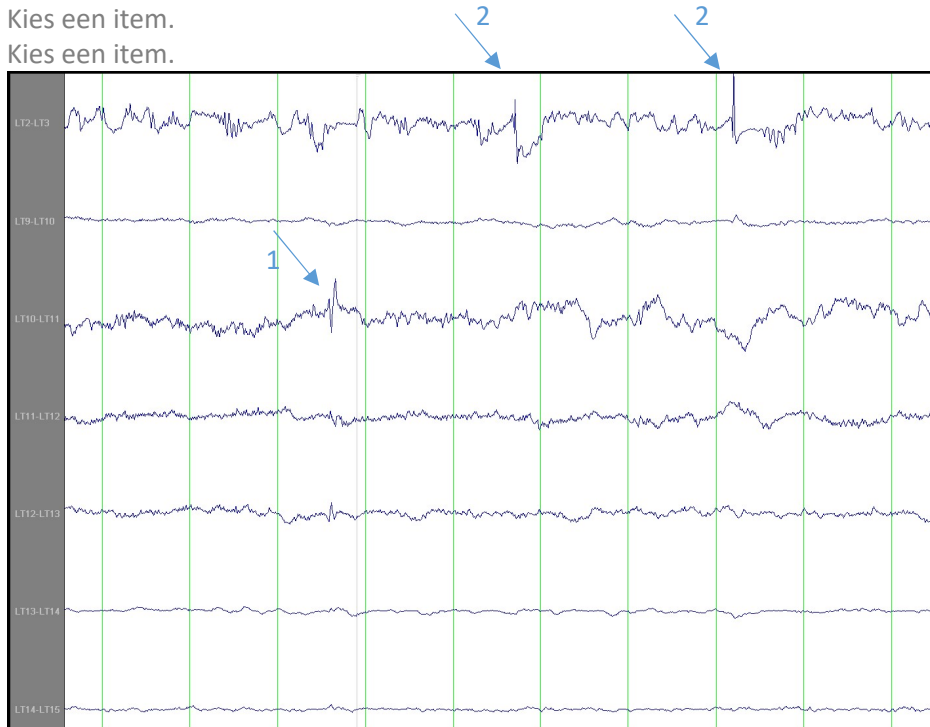
Kies een item.

Kies een item.

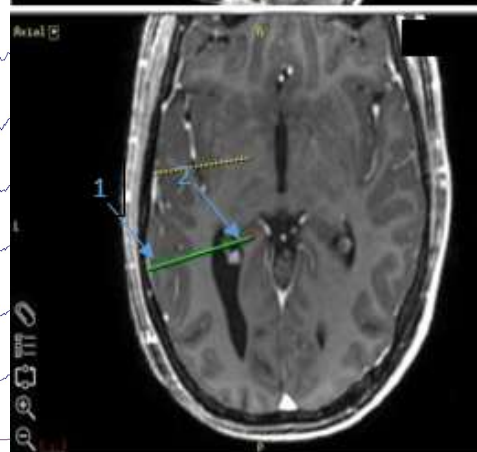
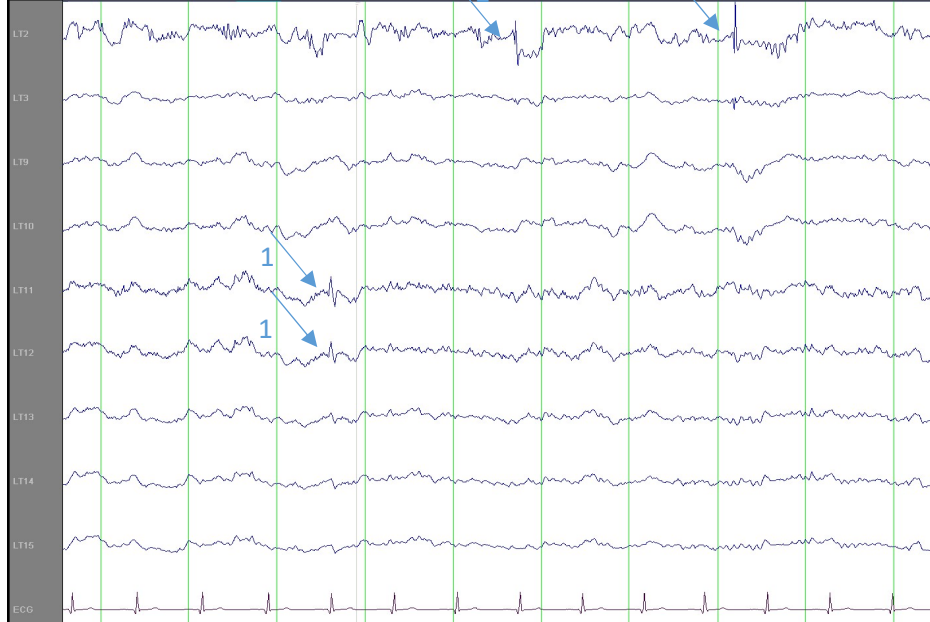
Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding LT1 t/m LT15



Referentiële afleiding LT1 t/m LT15

Vraag 9.

In waak wordt op elektrode RL (maximaal RL2) onderstaande activiteit waargenomen. Optredend in lange reeksen. Frequentie 9,5-10,5 Hz, amplituden tot 70uV.

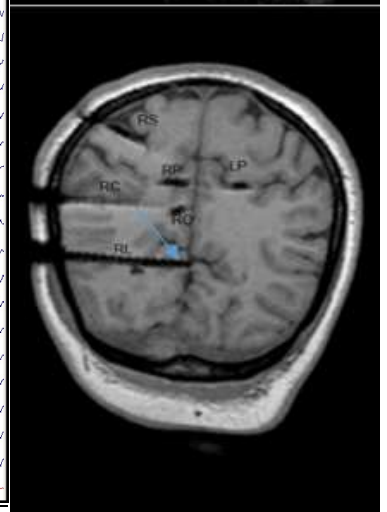
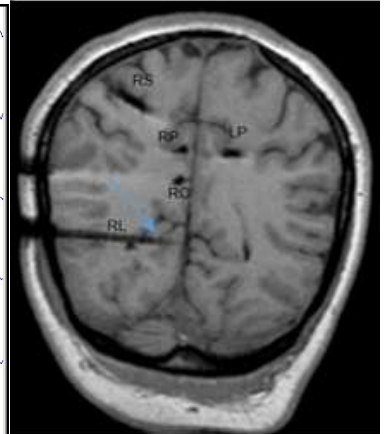
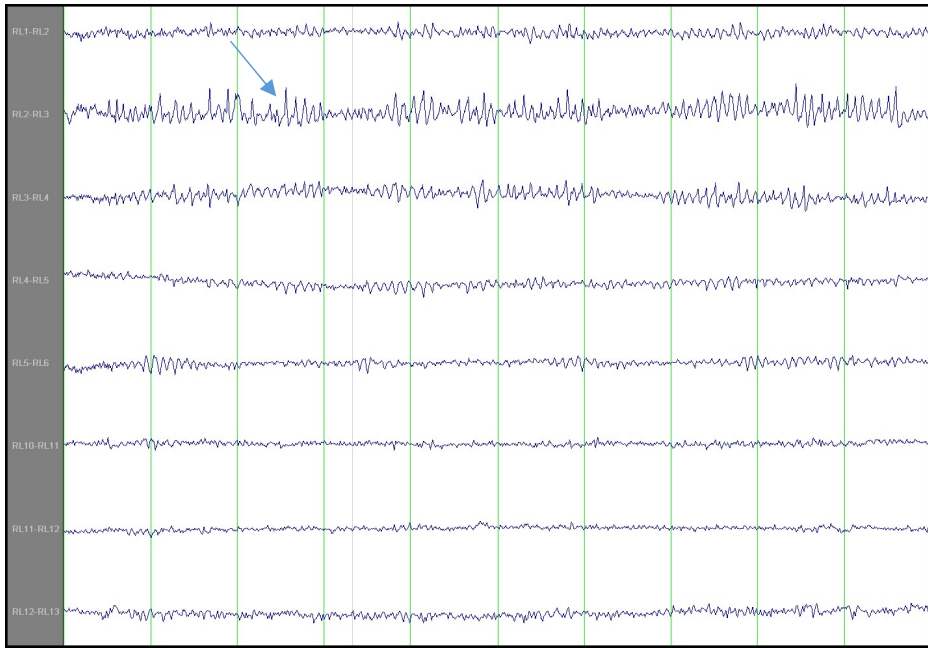
RL loopt vanuit T2 naar posterieur van de rechter hippocampus (oppervlakkig)

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

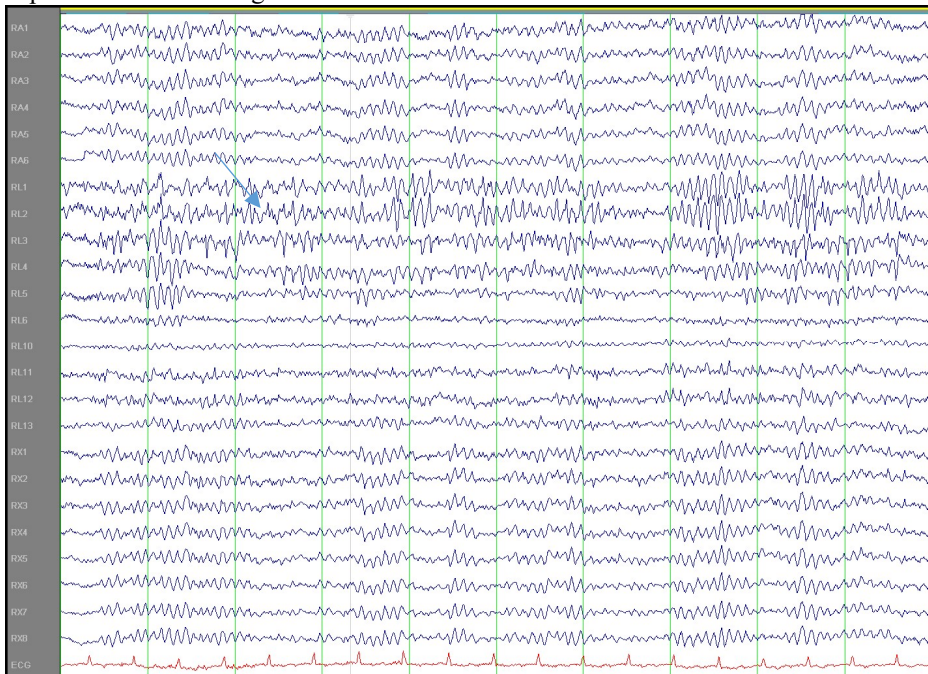
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding RL1 t/m RL13



Referentiële afleiding RL1 t/m RL13

Vraag 10.

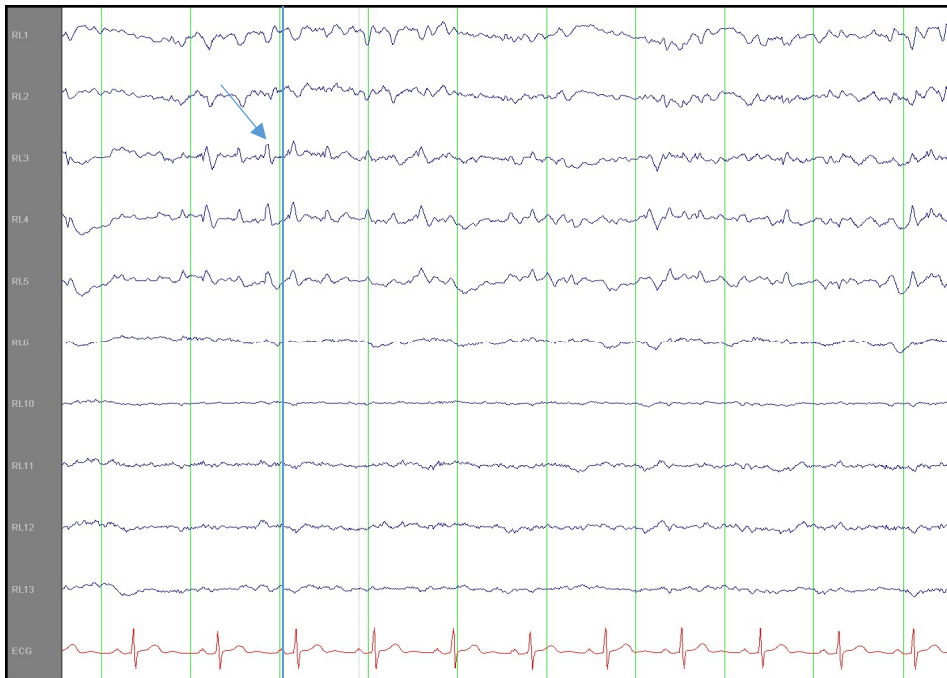
In slaap wordt op elektrode RL (maximaal RL4) onderstaande activiteit waargenomen. In reeksen optredend. Frequentie 4-6 Hz, amplituden tot 430uV. RL loopt vanuit T2 naar posterieur van de rechter hippocampus (oppervlakkig)

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

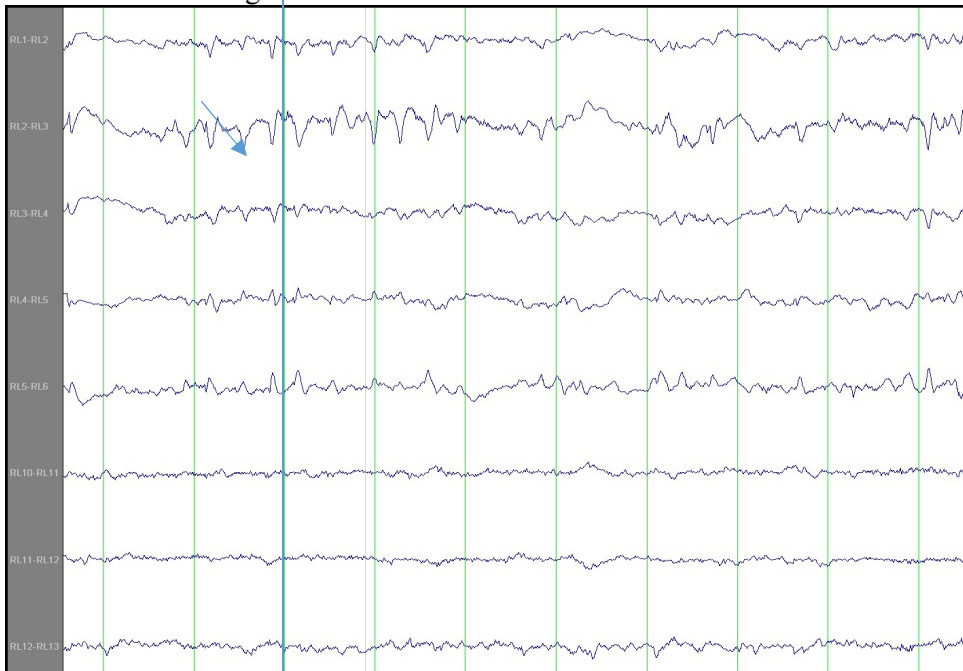
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding RL1 t/m RL13



Bipolaire serie-afleiding RL1 t/m RL13



Vraag 11.

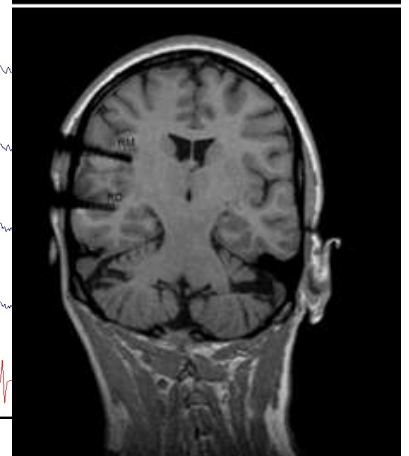
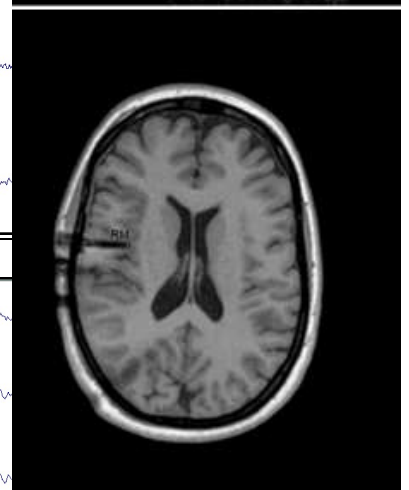
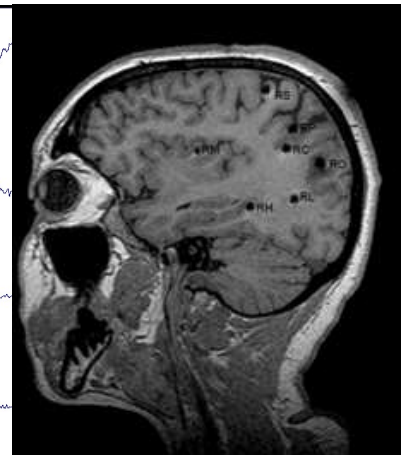
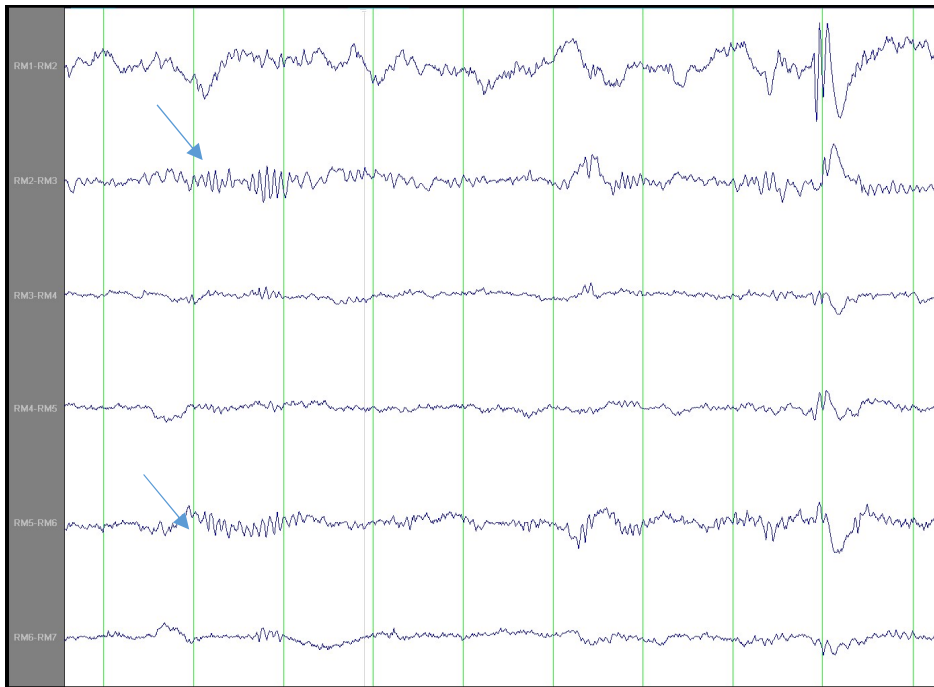
In slaap wordt op elektroden RM2 t/m RM5 onderstaande activiteit waargenomen. In korte reeksen optredend. Elektrode RM bevindt zich het diepst gelegen in de achterste bank van de anterieure insula. Het oppervlakkigste deel bevindt zich in het frontaal operculum

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

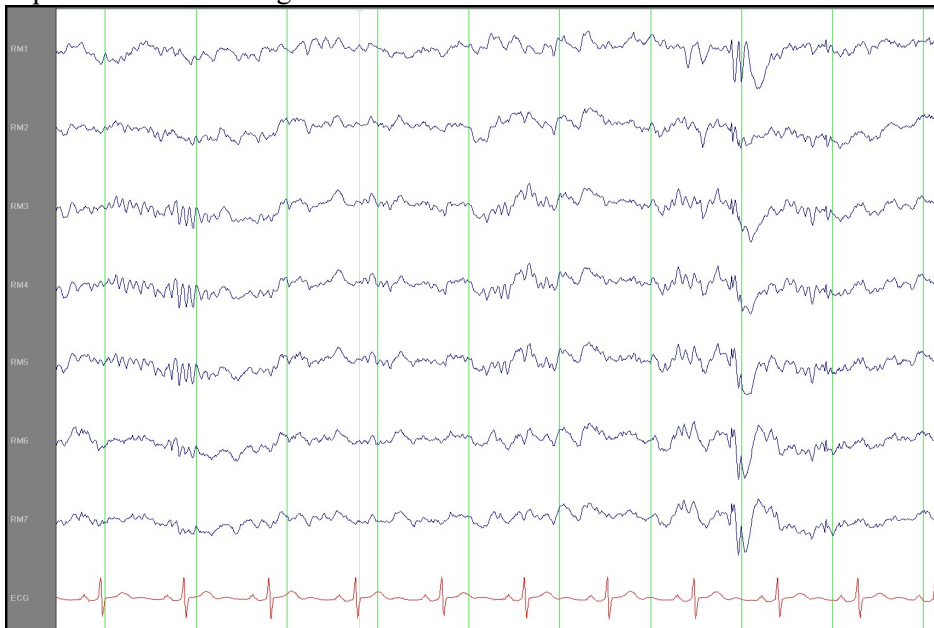
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding RM 1 t/m RM7



Referentiële afleiding RM 1 t/m RM 7

Vraag 12.

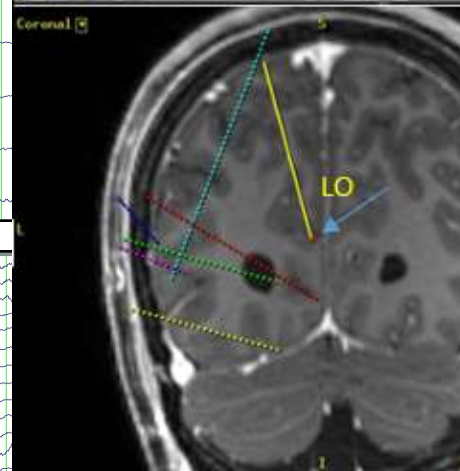
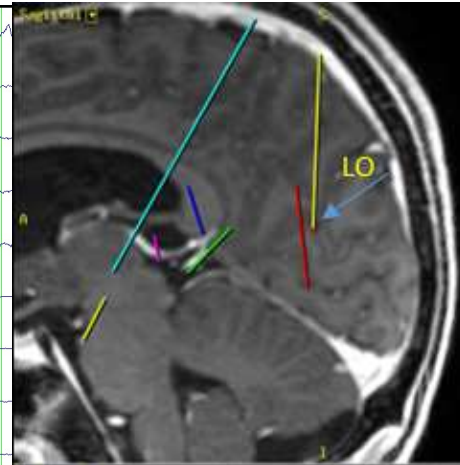
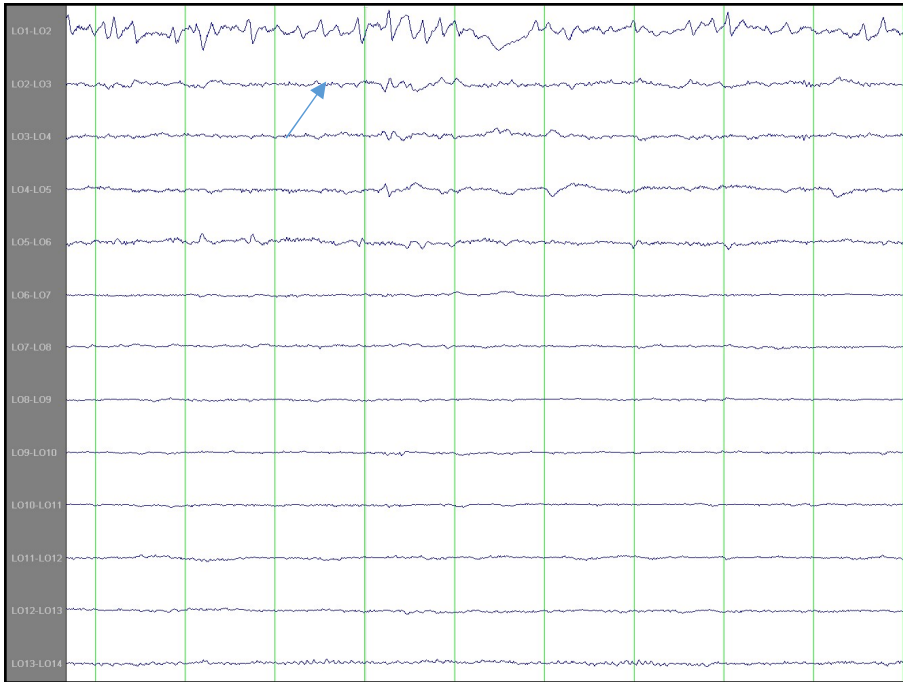
In waak wordt op elektroden LO1-LO2 onderstaande activiteit waargenomen. Korte reeksen en geïsoleerde 5-7 Hz, amplituden tot 900uV. LO is van hoog mesiaal pariëtaal naar hoog mesiaal occipitaal geïmplanteerd

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

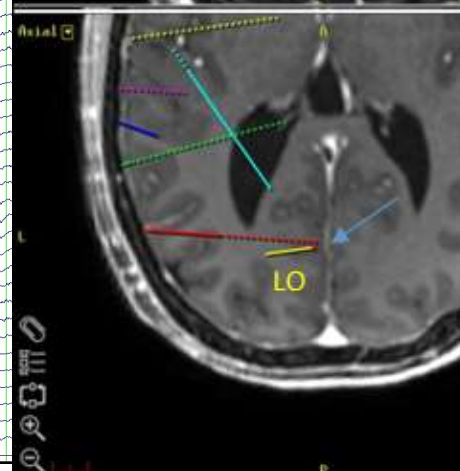
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding LO 1 t/m LO 14



Referentiële overzichtsafleiding

Vraag 13.

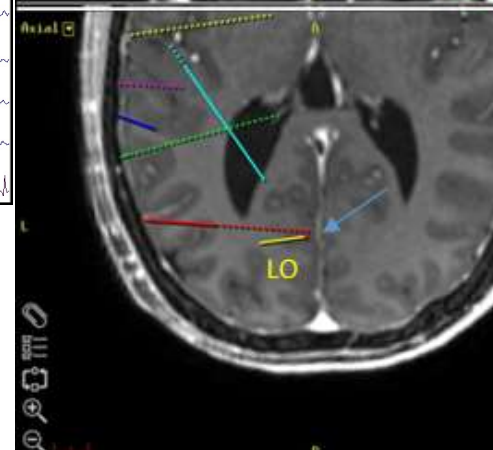
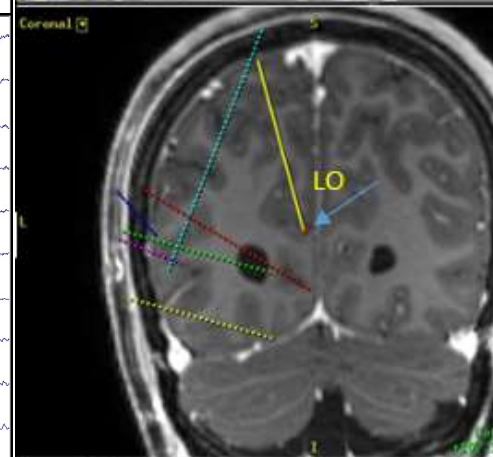
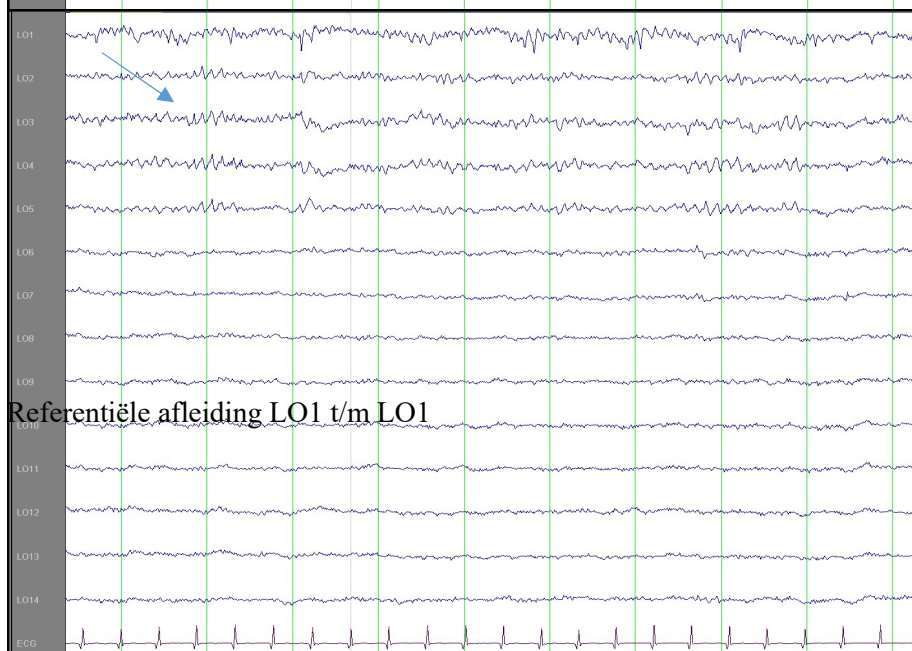
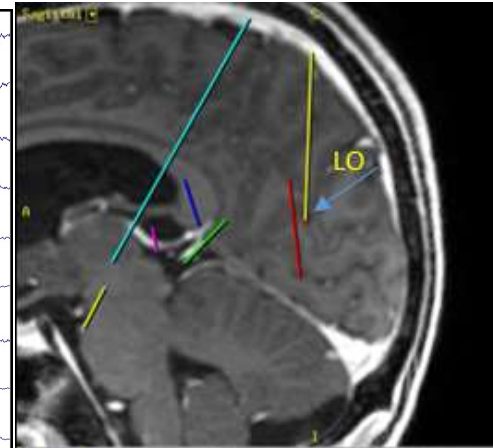
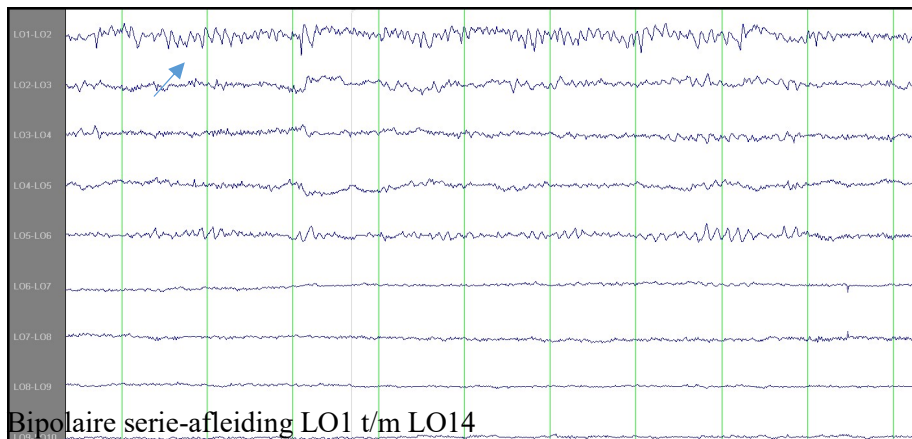
In vaak wordt op elektroden LO1 t/m LO5 onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen 8,5-10 Hz met amplituden tot 500uV De elektrodenset bevat 15 contactpunten en is van hoog-mesiaal-pariëtaal naar hoog-mesiaal-occipitaal geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Vraag 14.

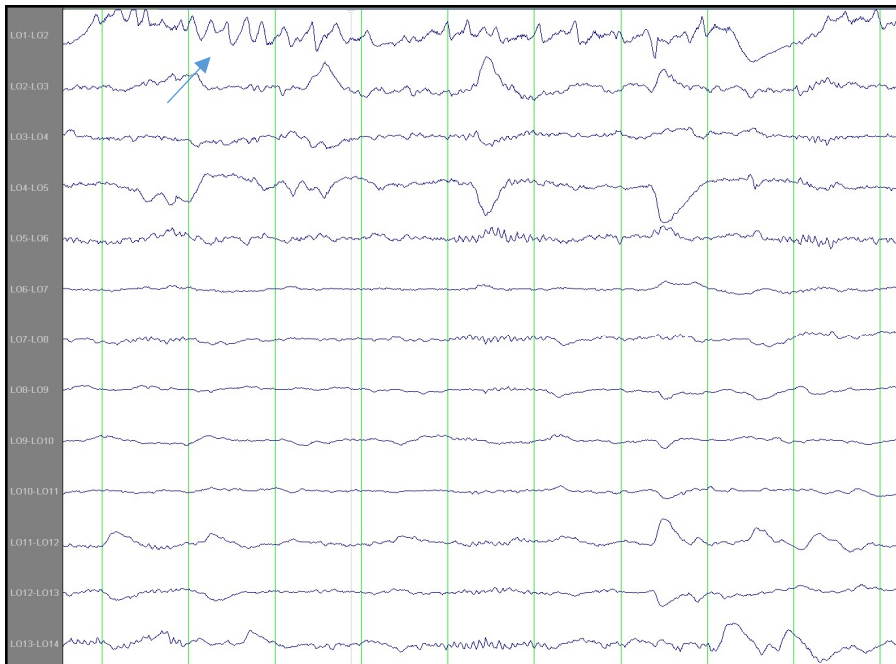
In slaap wordt op elektroden LO1 t/m/ onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen 5-6 Hz, met amplitude tot 650uV. De elektrodenet bevat 15 contactpunten en is van hoog-mesiaal-pariëtaal naar hoog mesiaal occipitaal geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

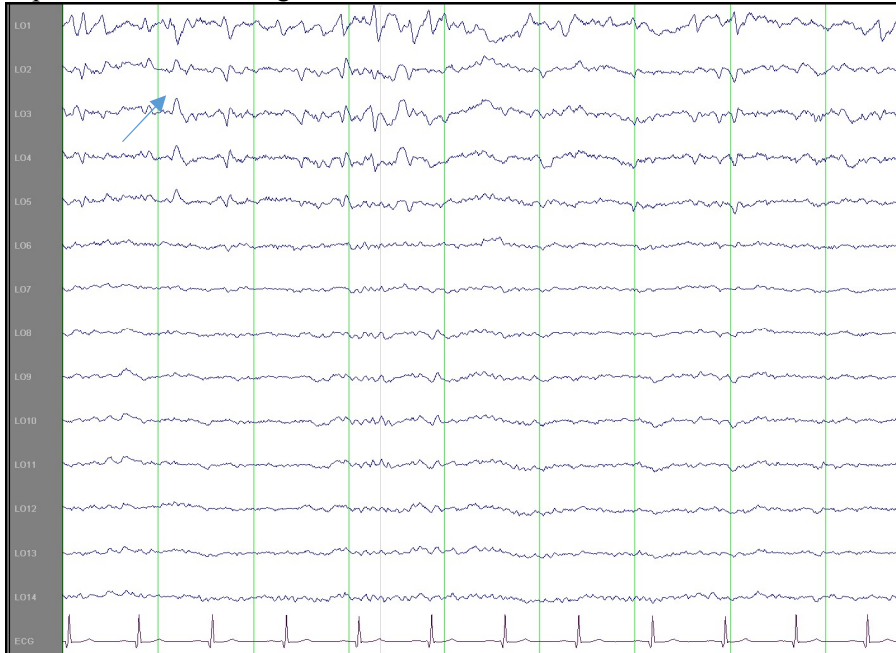
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

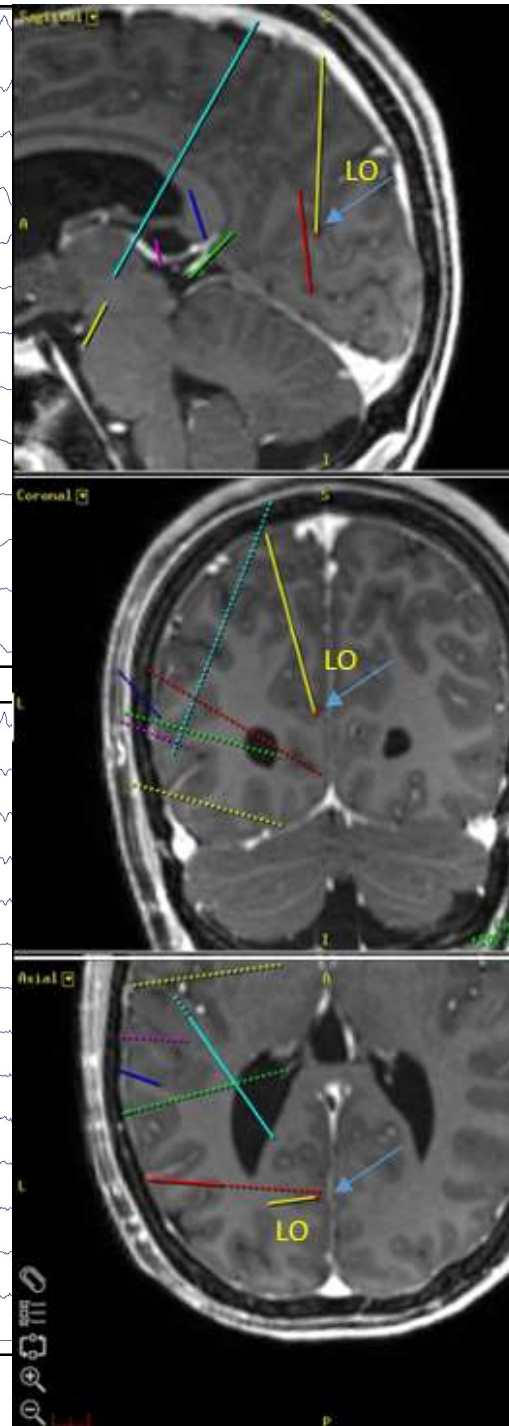
Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding LO1 t/m LO14



Referentiële afleiding LO 1 t/m LO14



Vraag 15.

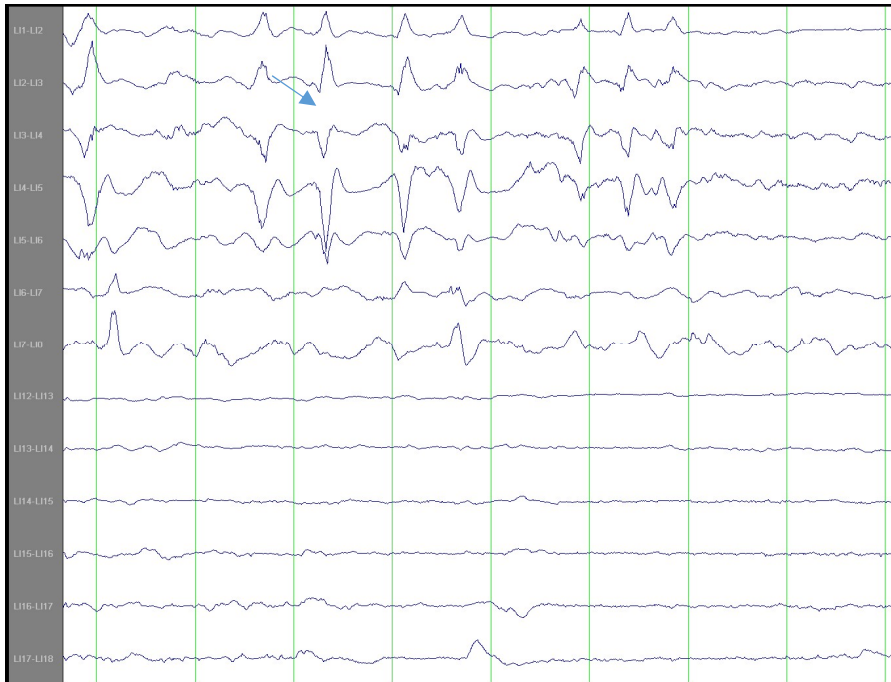
In slaap wordt op elektroden LI1 t/m LI4 onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen en geïsoleerde 4-5 Hz activiteit, amplitude tot 1550µV. Elektrode LI heeft 18 contactpunten en is Hoog parietaal (post postcentr) via de posterieure insula naar T1 geïmplantieerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

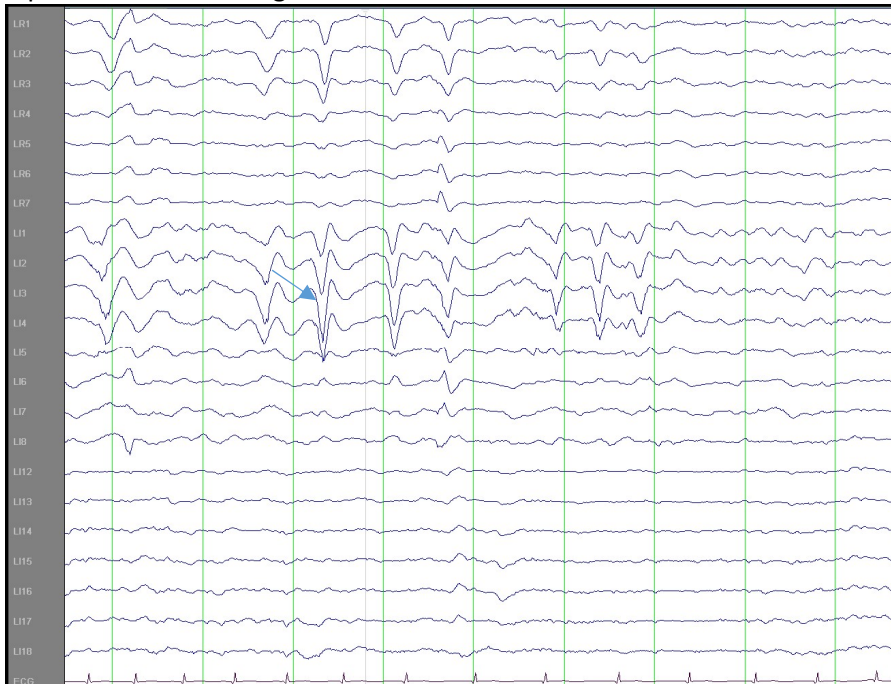
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

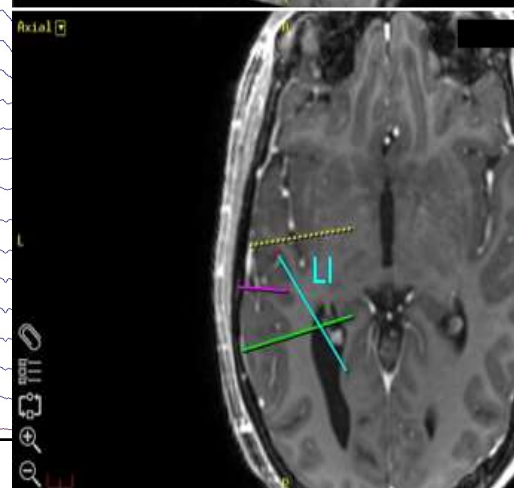
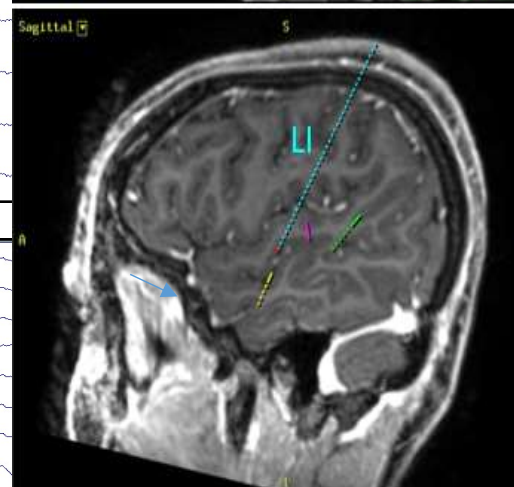
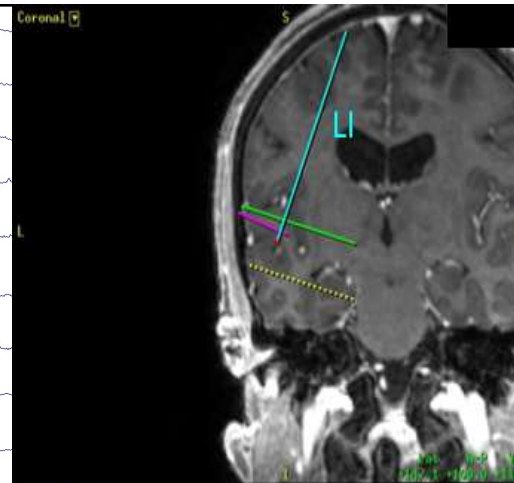
Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding LI 1 t/m LI 18



Referentiële afleiding LI 1 t/m LI18



Vraag 16.

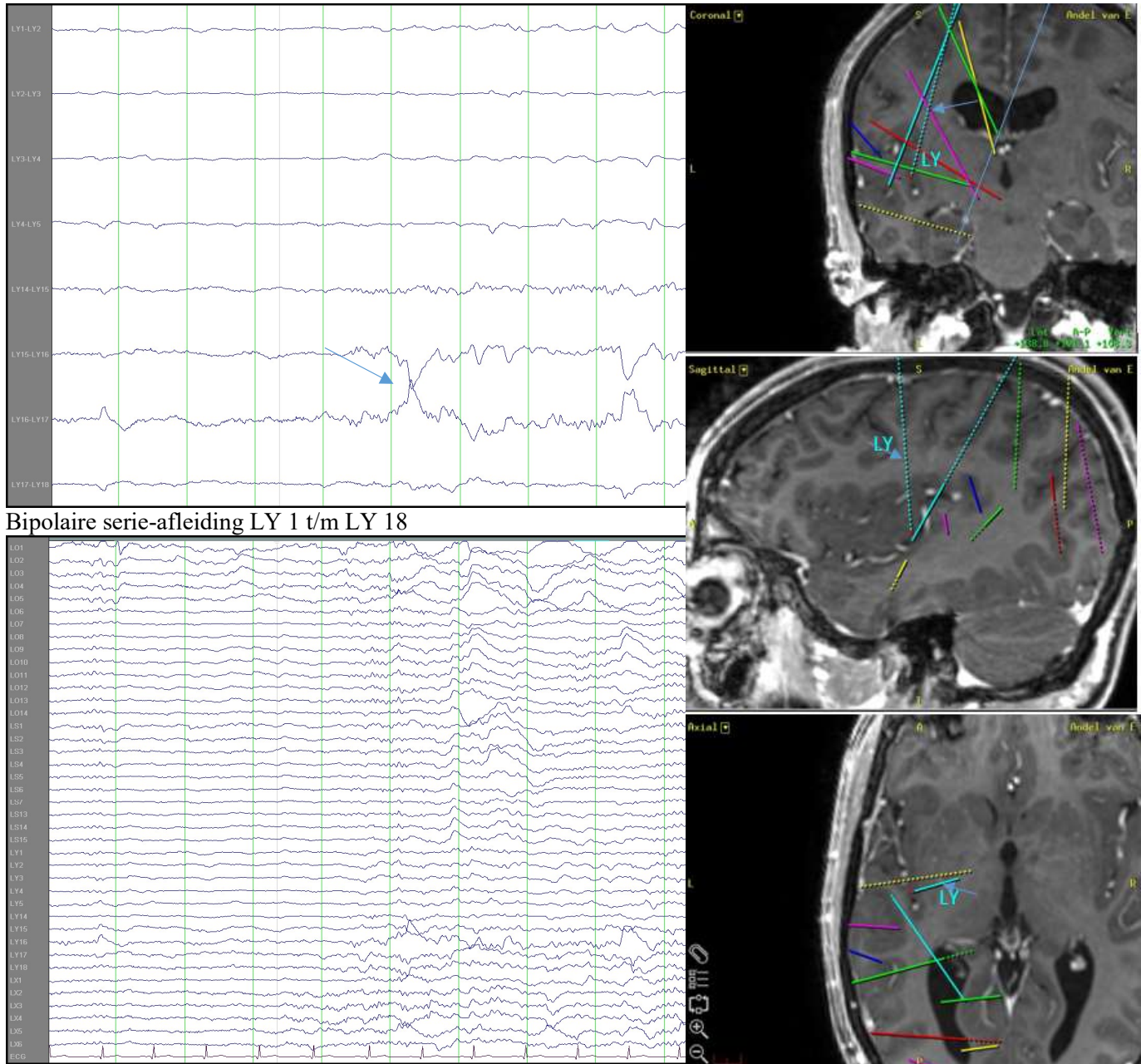
In slaap wordt op elektroden LY15 t/m LY 17 onderstaande activiteit waargenomen. Geïsoleerd optredend, Elektrode LY is via F1 naar de posterieure insula geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Vraag 17+18

In waak wordt op contactpunt LA2 onderstaande activiteit waargenomen. Optredend in lange onregelmatige, min of meer diffuse reeksen met frequenties van 3-6 Hz, amplituden van 200 microvolt. LA2 bevindt zich in de amygdala. In de bipolaire afleiding zien we op LA 10 t/m LA 12 lange reeksen 7-9Hz, 80 uV activiteit. LA10 t/m LA12 bevinden zich anterior T2. (zie afbeelding 2)

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

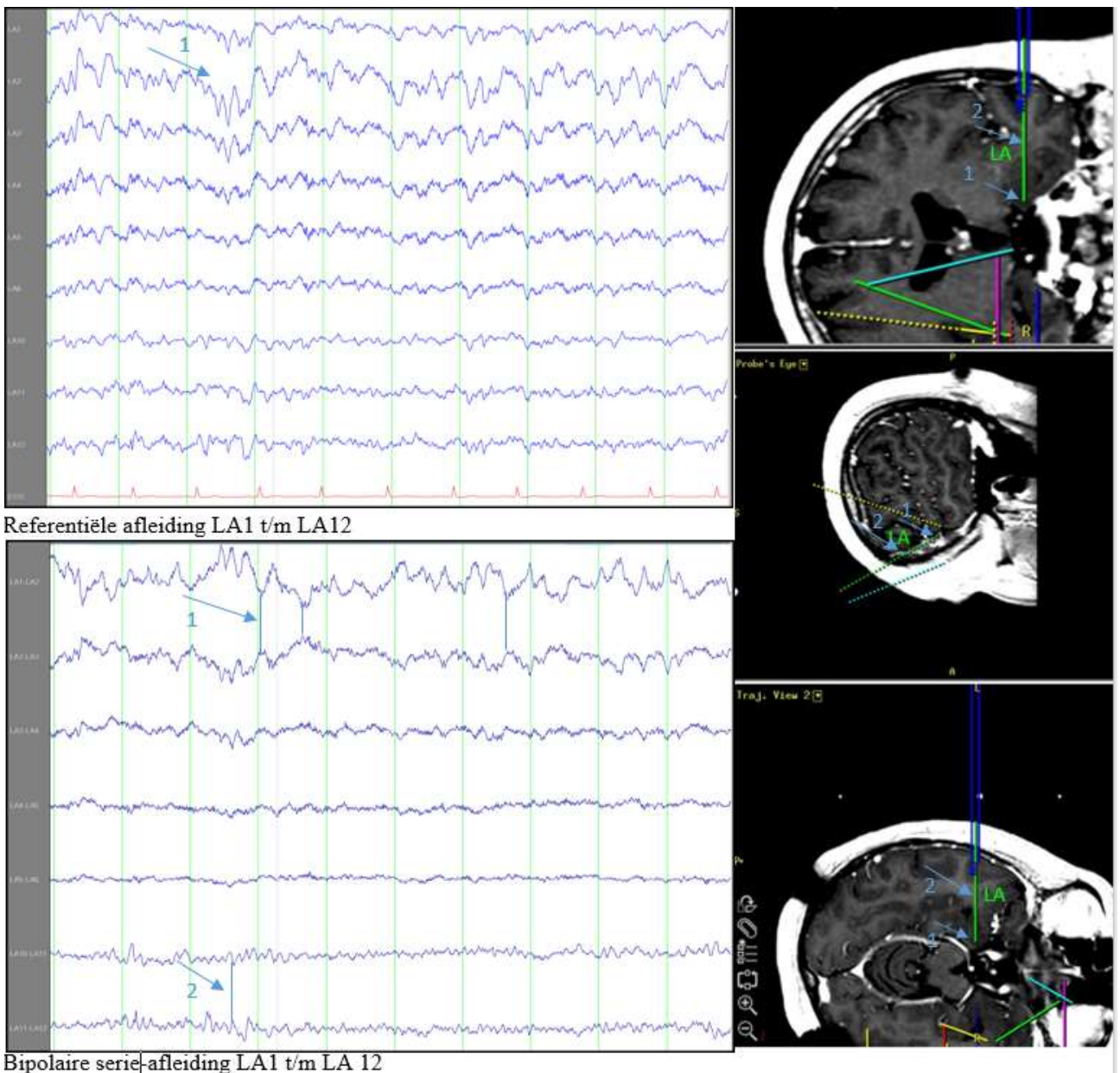
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Vraag 19+20

In slaap wordt op elektrode RX onderstaande activiteit waargenomen. (1.) Korte reeksen 12-13Hz activiteit, maximaal op RX 9-10. (2.) Korte reeksen en geïsoleerde golven van 4-5Hz, maximaal op RX2 . RX is geïmplanteed via anterieur F1 tot de anterieure insula

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

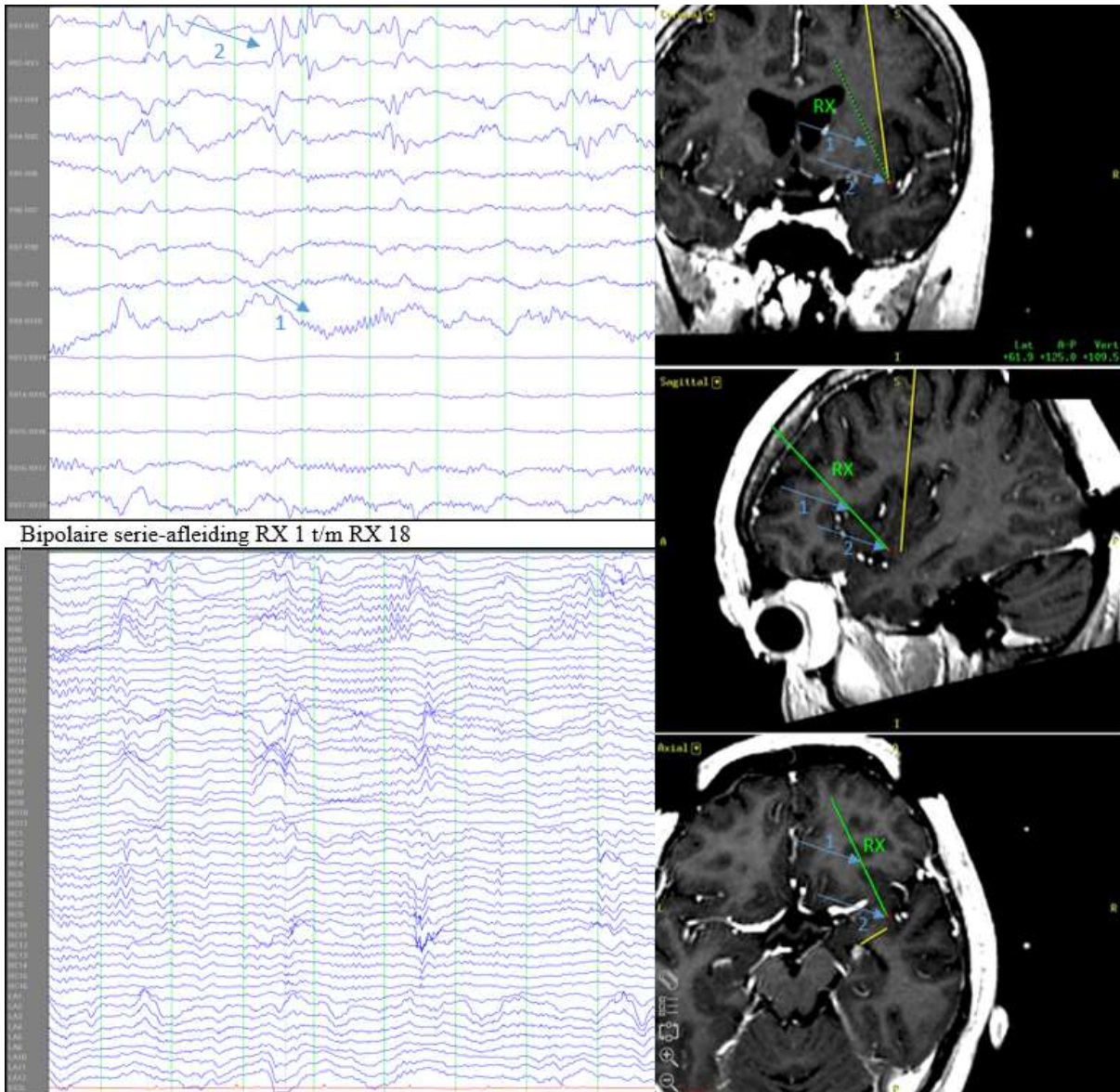
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Referentiële overzichtswaergave

Vraag 21

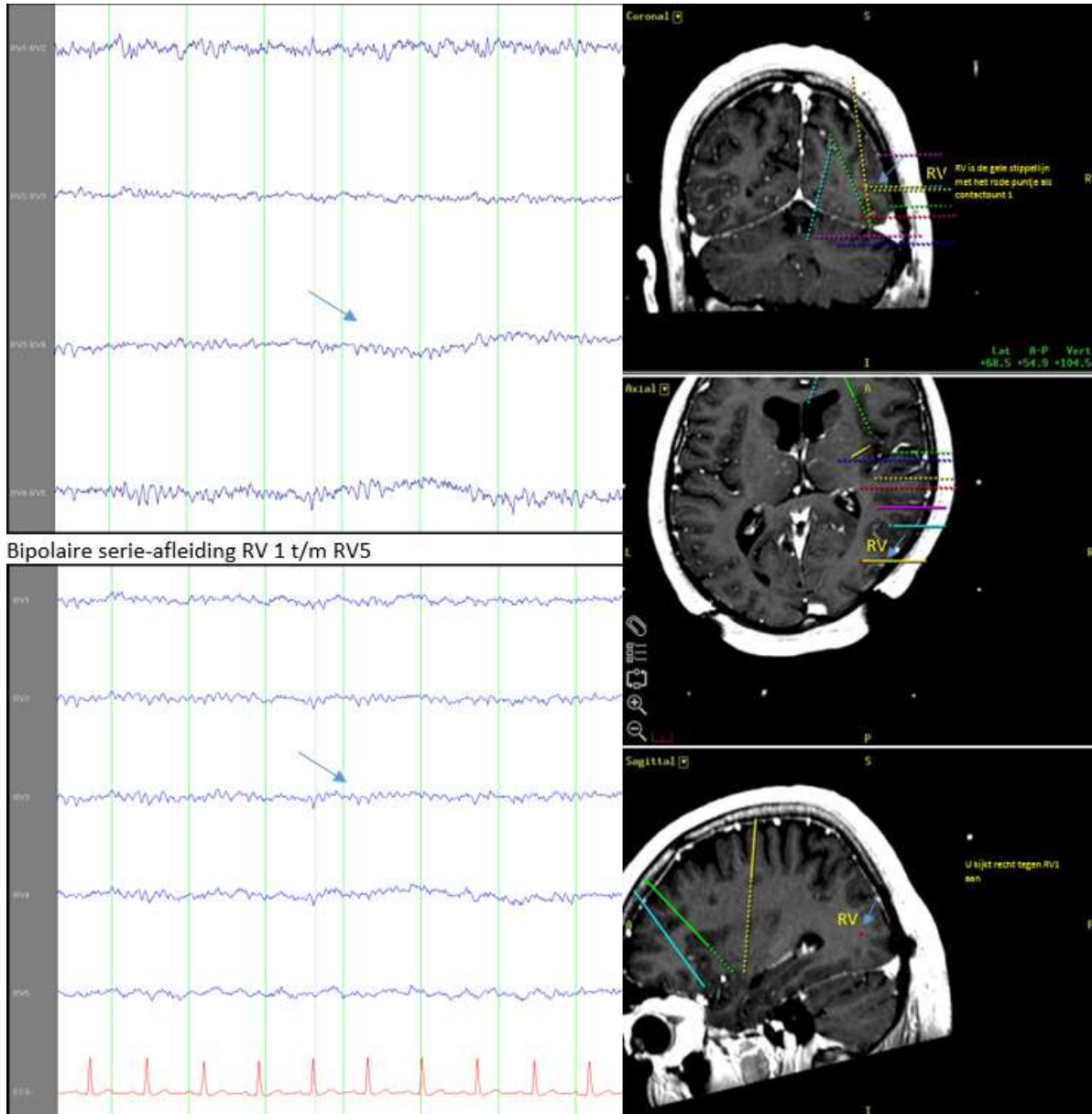
In waak wordt op elektrode RV3 onderstaande activiteit waargenomen. Frequentie 8-9 Hz, amplituden tot 160uV. Contactpunt RV3 is lateraal occipitaal geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding RV 1 t/m RV5

Vraag 22

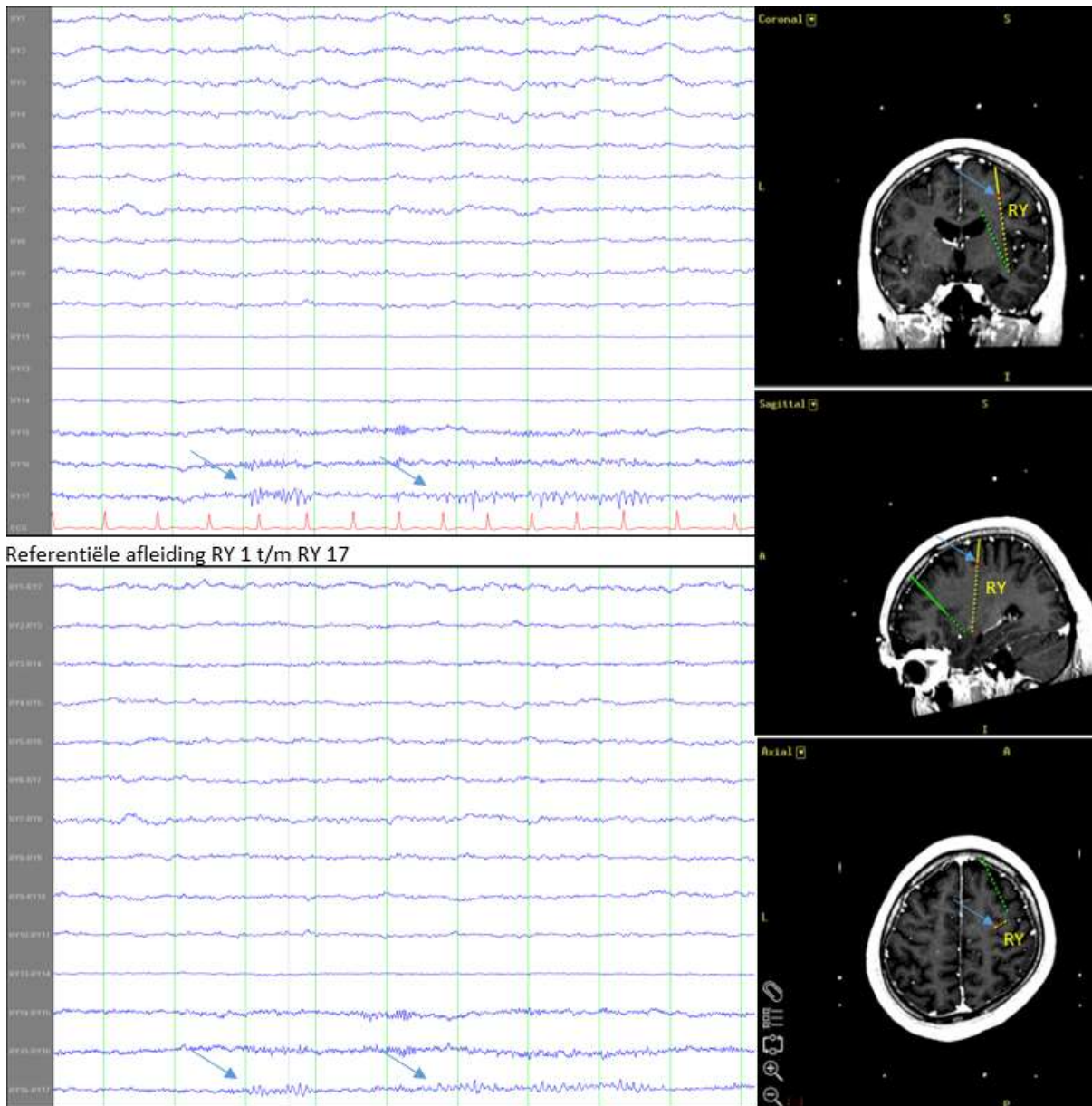
In slaap wordt op elektrode RY17 onderstaande activiteit waargenomen. Frequenties wisselend 9,5-12 Hz. Elektrode RY loopt via het posterieure deel van de premotorische cortex (F2) tot aan de posterieure insula.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding RY 1 t/m RY 17

Vraag 23

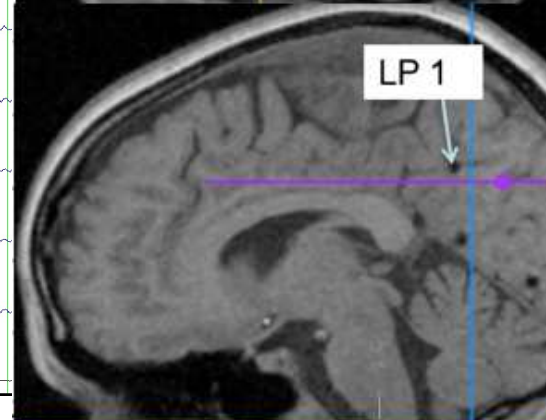
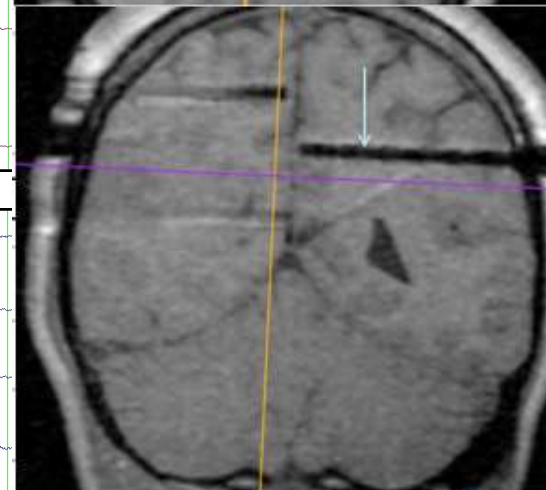
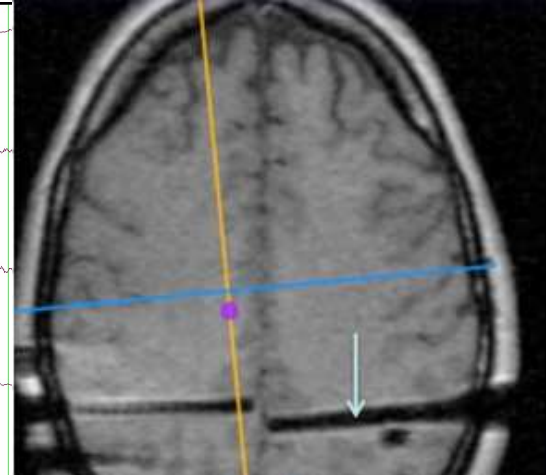
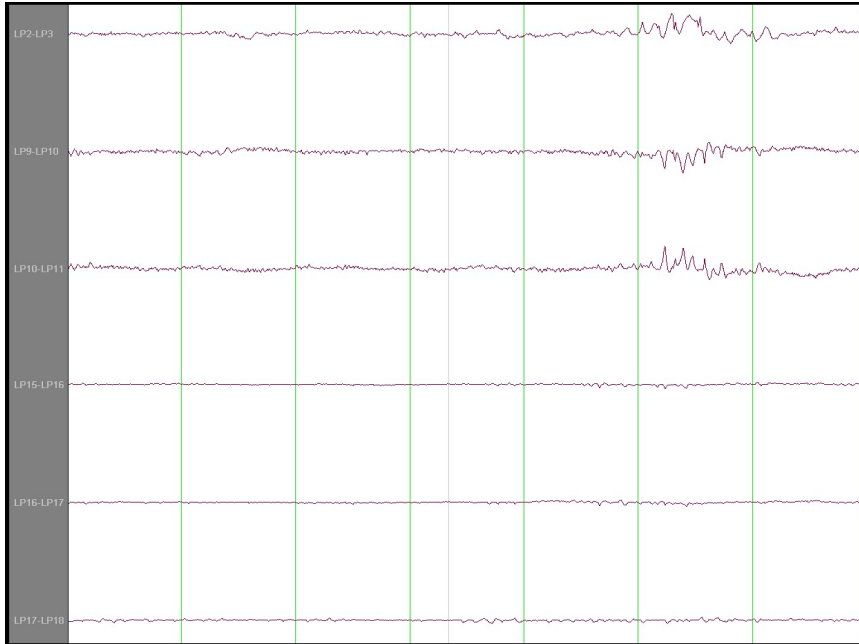
In waak wordt op contactpunt LP 10 onderstaande activiteit waargenomen. Korte reeksen 10-12 Hz. LP is via lateraal pariëtaal naar de precuneus geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

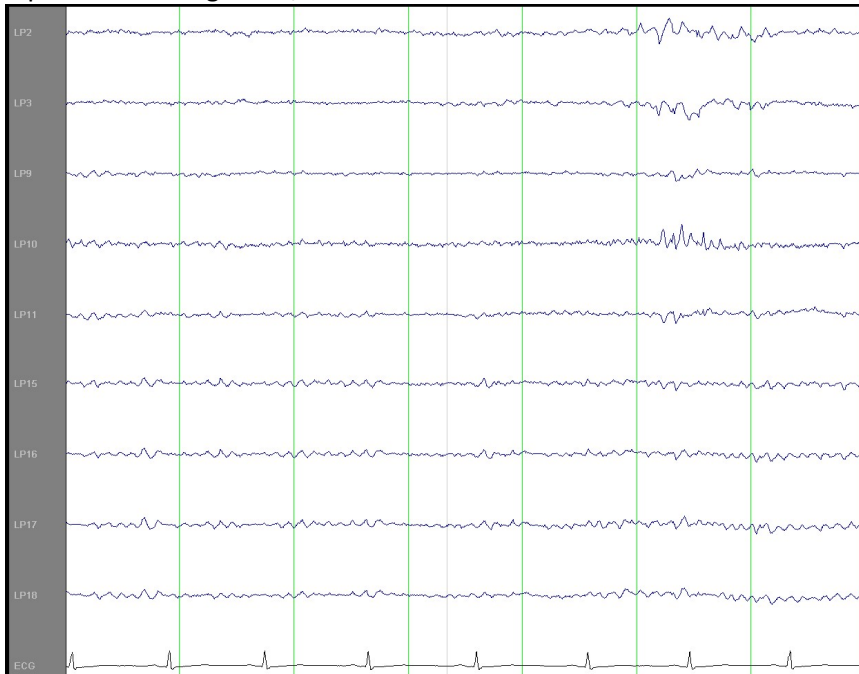
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire afleiding LP 2 t/m LP 18



Referentiële afleiding LP 2 t/m LP 18

Vraag 24

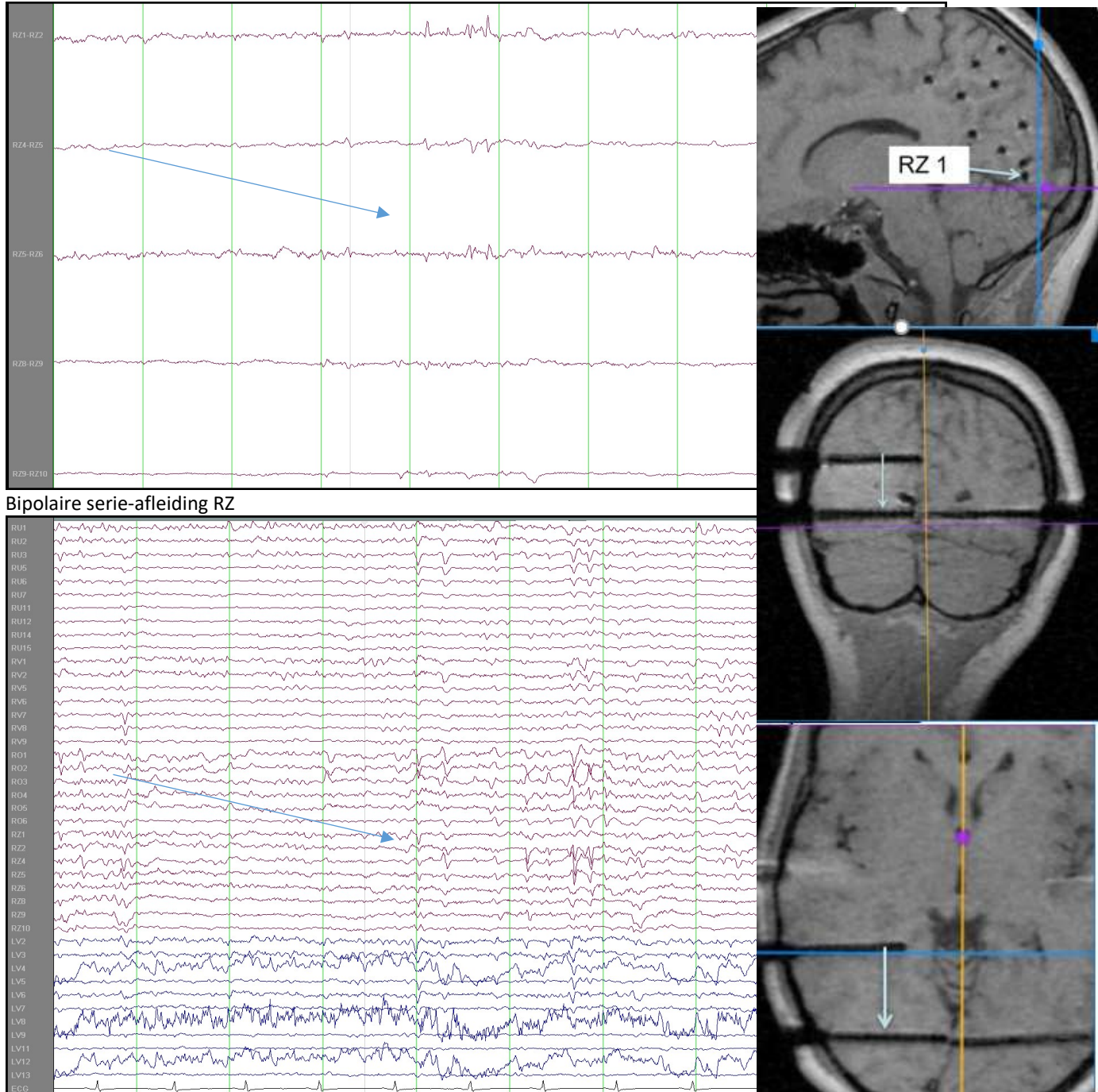
In slaap wordt op contactpunten RZ 1 t/m 9 met een maximum op RZ5, onderstaande activiteit waargenomen. Korte reeksen 13-15Hz activiteit. RZ is geïmplanteerd van Basaal lateraal temporo-occipitaal naar mesiaal occipitaal inferior

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële overzichtsafleiding

Vraag 25 en 26

In slaap wordt op contactpunten LP2 –LP3 onderstaande activiteit waargenomen. In reeksen optredend met frequenties van 4-6 Hz. Onafhankelijk daarvan is er op contactpunt LP9 7-8Hz activiteit te zien.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

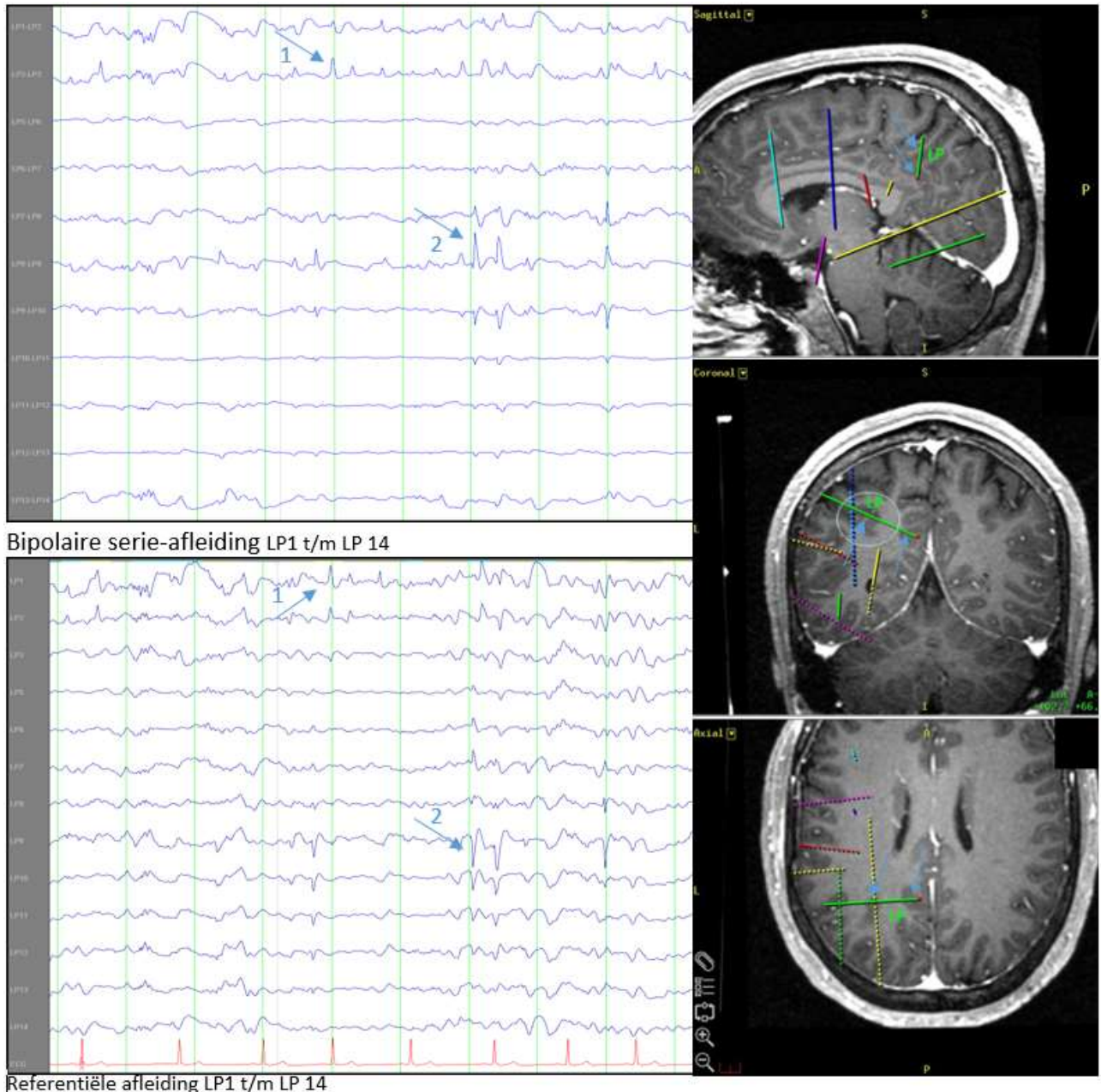
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Vraag 27

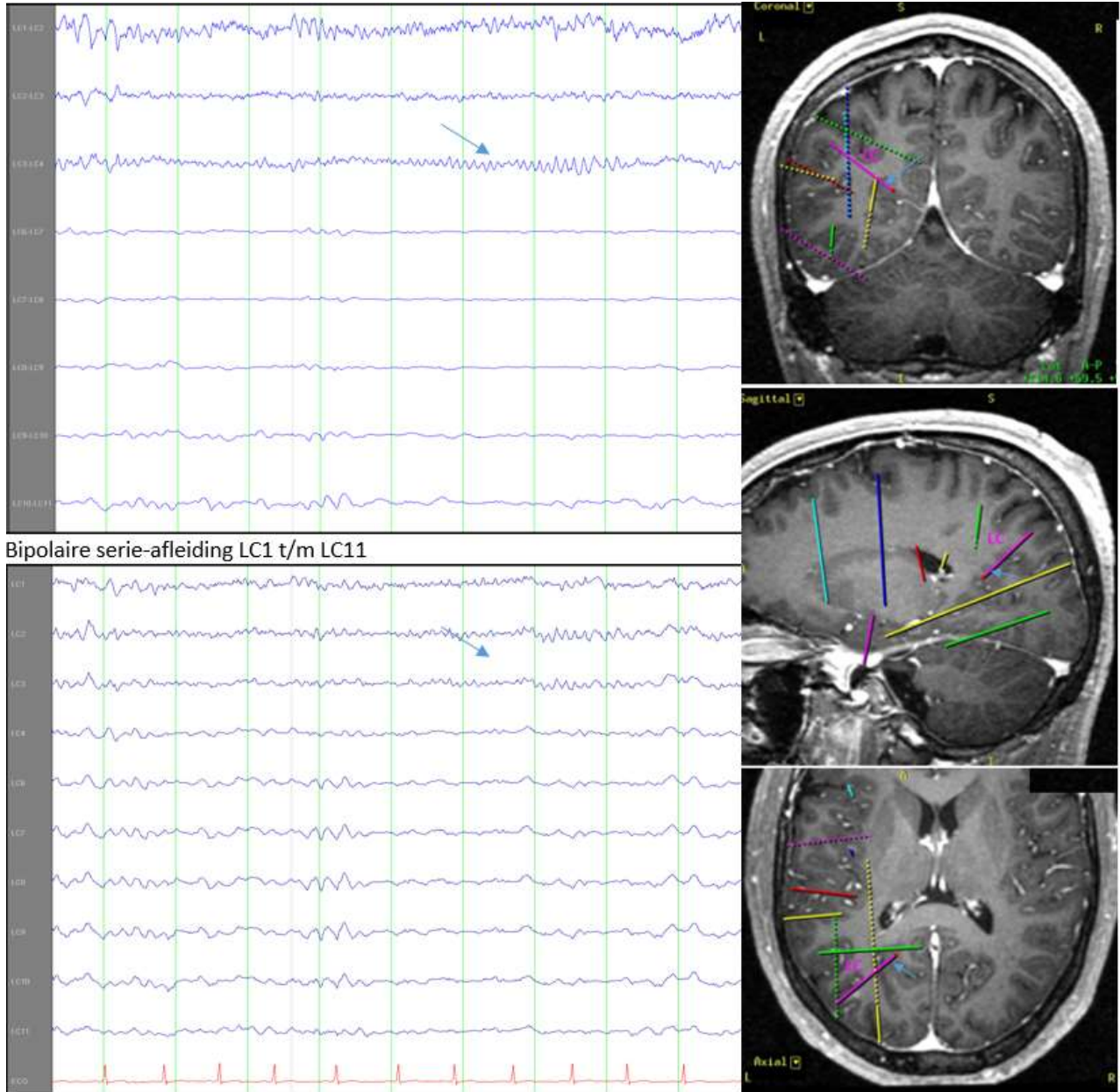
In waak wordt op contactpunt LC 1 t/m LC3 onderstaande activiteit waargenomen. Elektrode LC is door de lobus pariëtalis inferior tot de precuneus geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding LC1 t/m LC11

Vraag 28

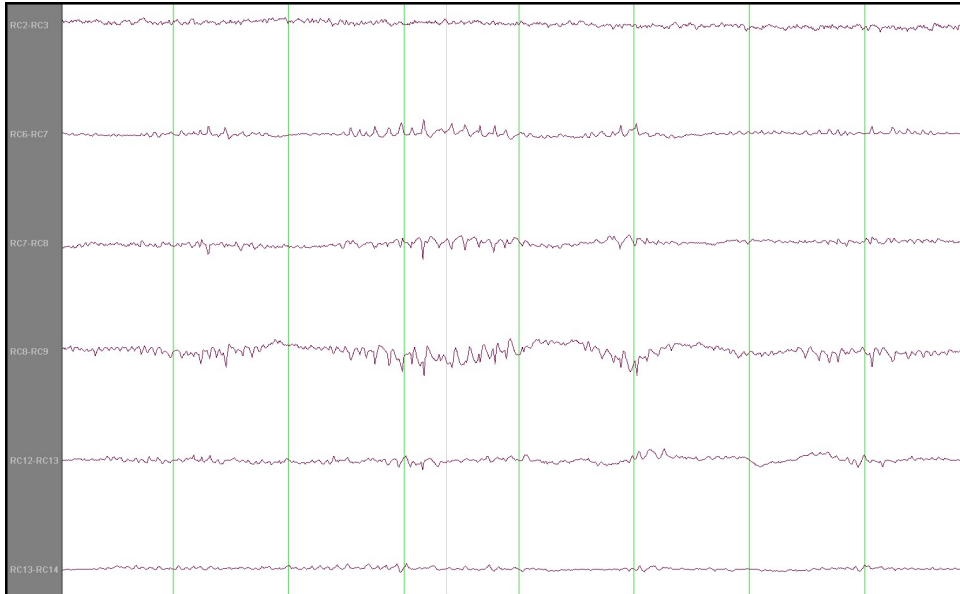
In waak wordt op contactpunten RC6 t/m 13 met een maximum op RC 7 onderstaande activiteit waargenomen. Korte en langere reeksen 8-9Hz activiteit.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

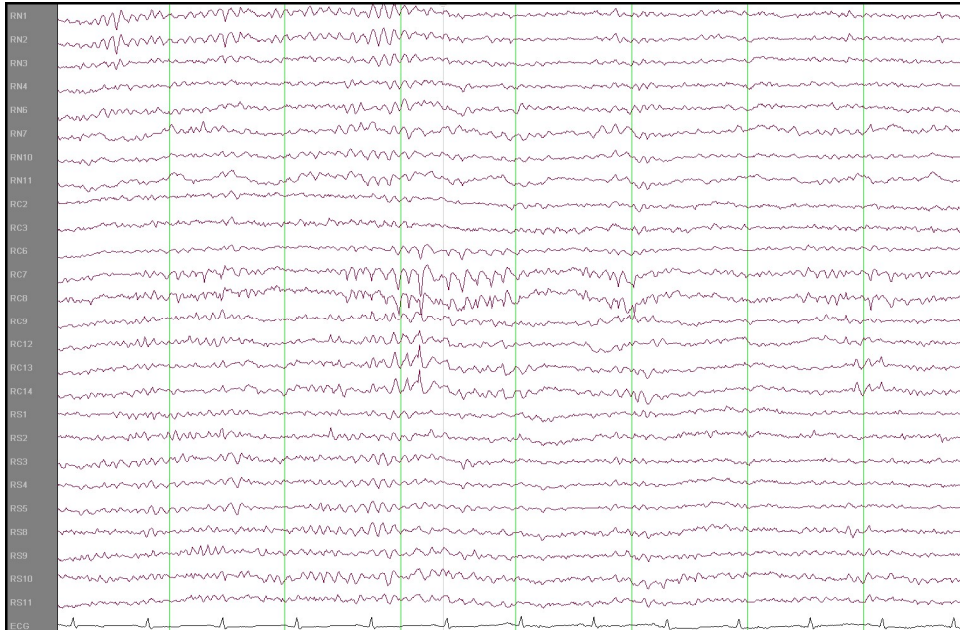
Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

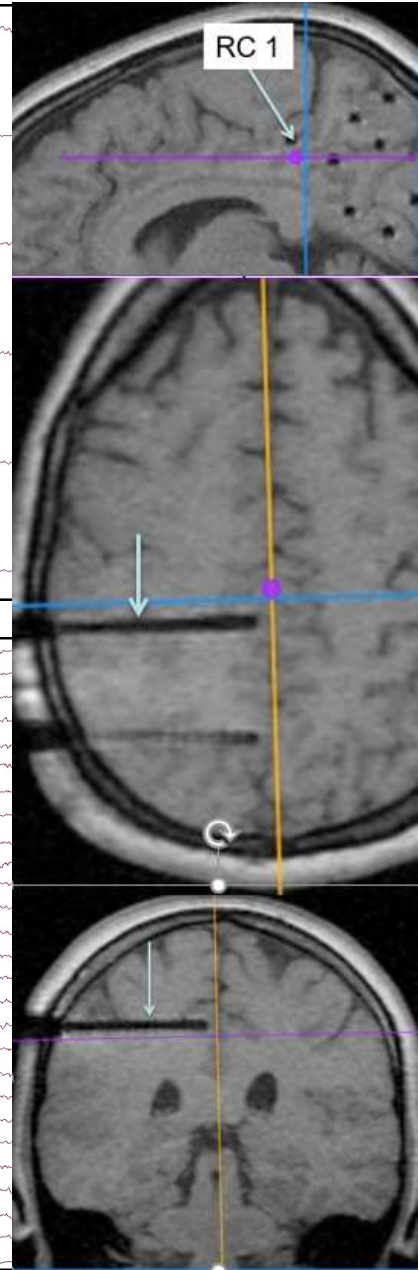
Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding RC2 t/m RC14



Referentiële overzichtsafleiding



Vraag 29

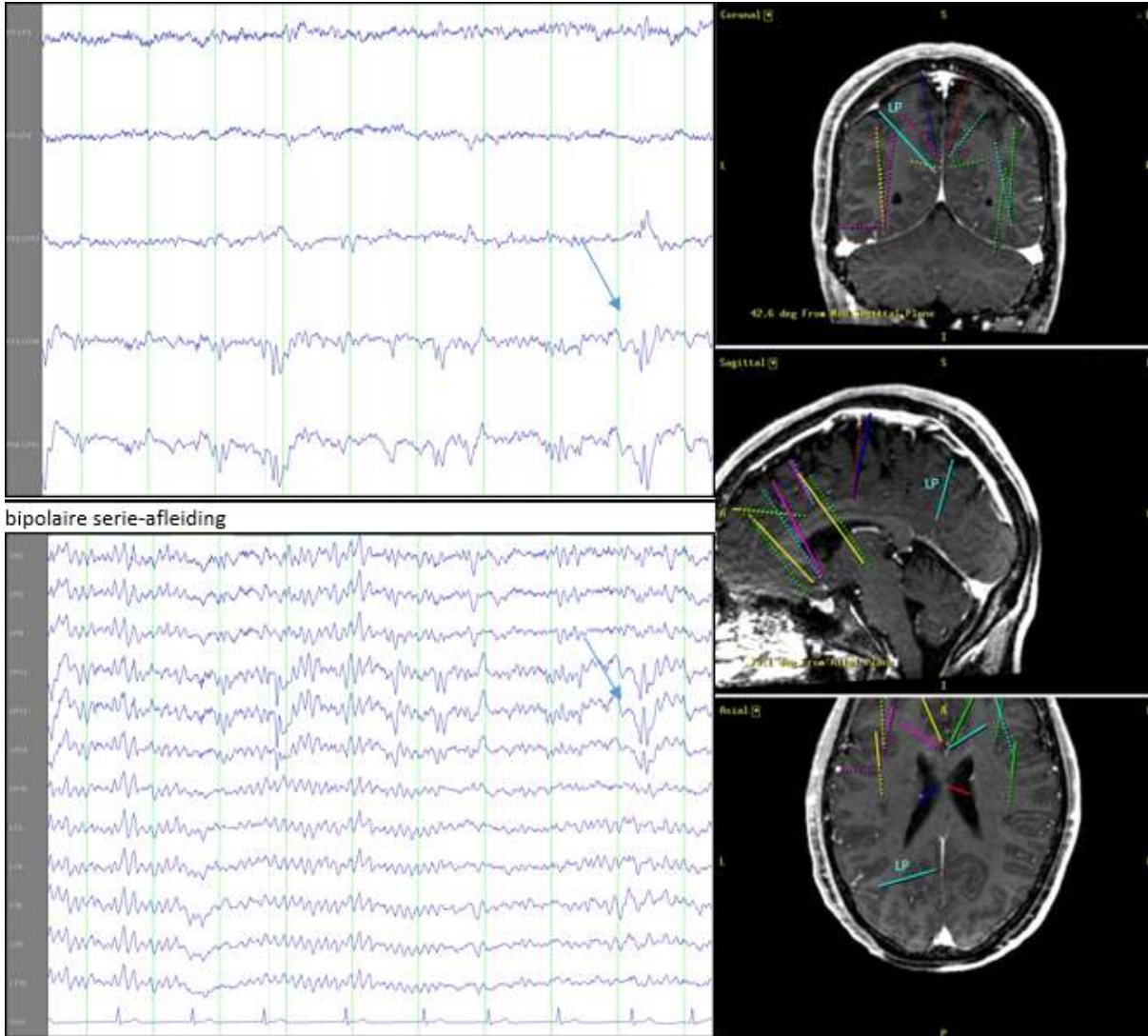
In waak wordt op contactpunten LP 14-15 met een maximum op LP 14 onderstaande activiteit waargenomen. LP bevindt zich links in de lobus pariëtalis superior en loopt tot de precuneus.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding, pijn bij LP 13

Vraag 30

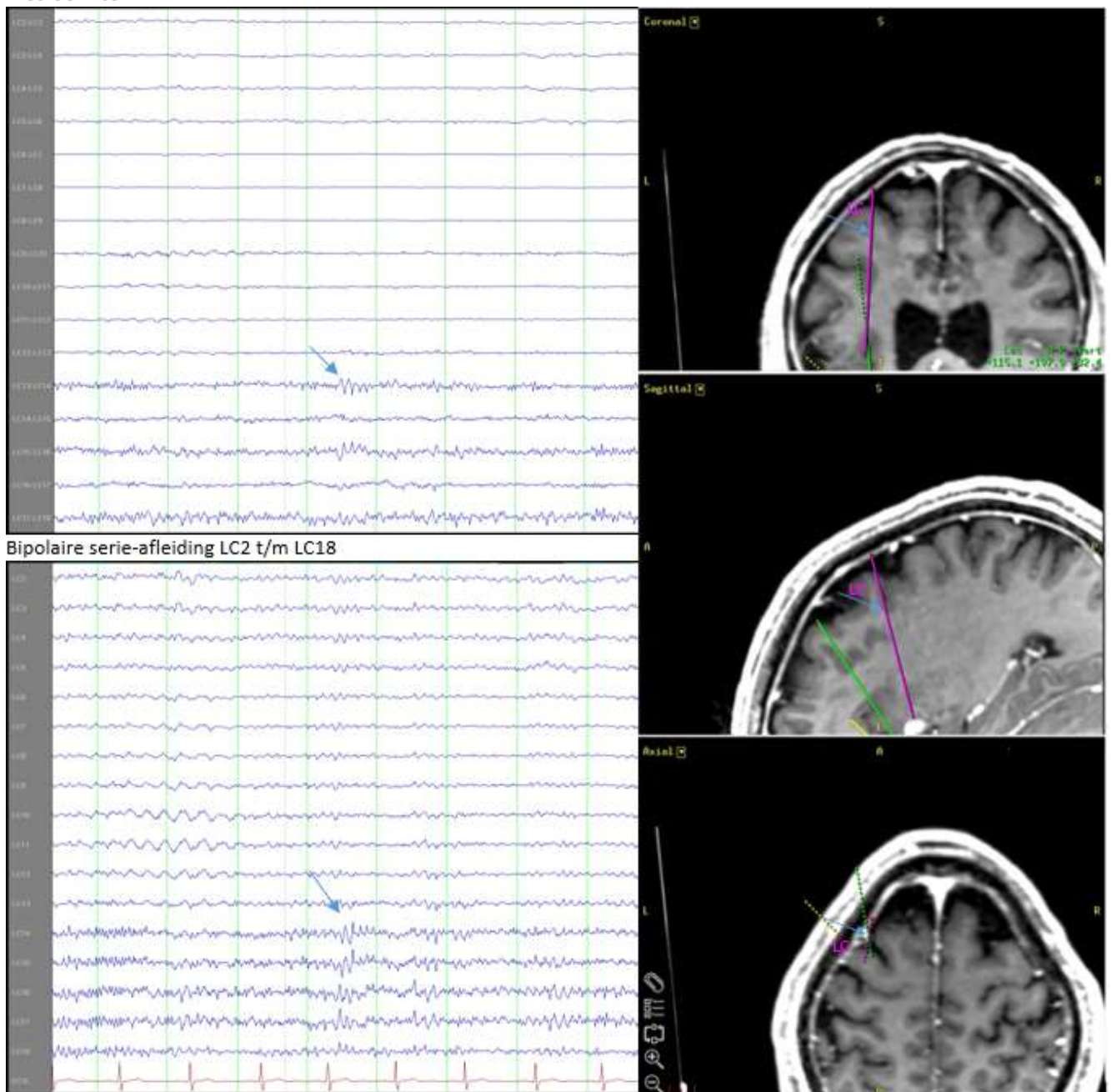
In waak wordt op elektroden LC13 t/m LC14 wordt onderstaande activiteit waargenomen. LC bevindt zich in F1 en F2 via de middelste bank van de anterieure insula tot aan de bovenrand van een laesie.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Vraag 31+32

In waak wordt op contactpunten 1. LH1 t/m LH6 en 2. LH12 t/m LH 18 onderstaande activiteit gezien. Frequentie 4-5Hz, amplituden tot 200 uV. LH bevindt zich in de linker gyrus parahippocampalis vanuit posterieur

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

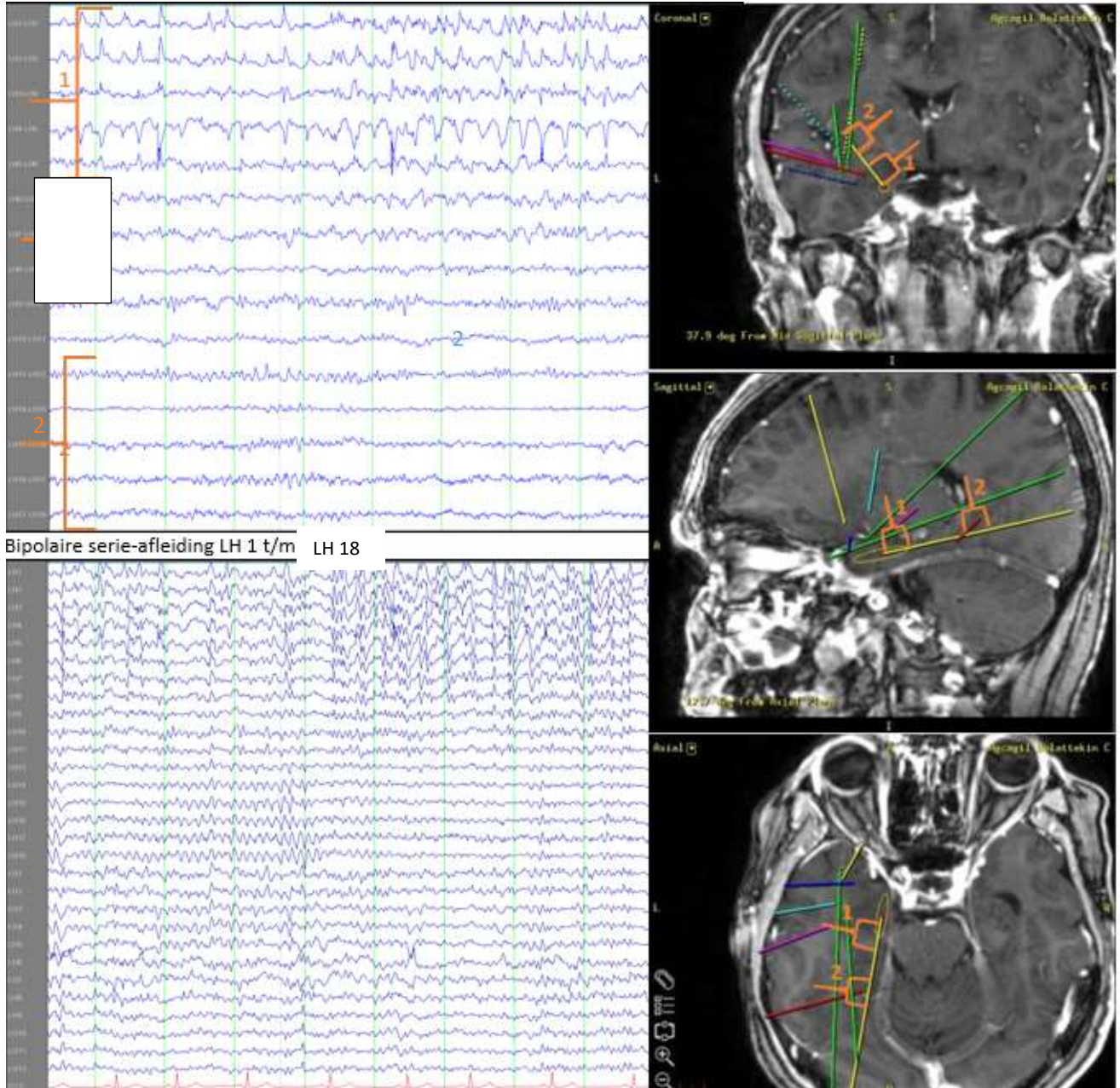
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Referentiële afleiding LH1 t/m LH 18

Vraag 33

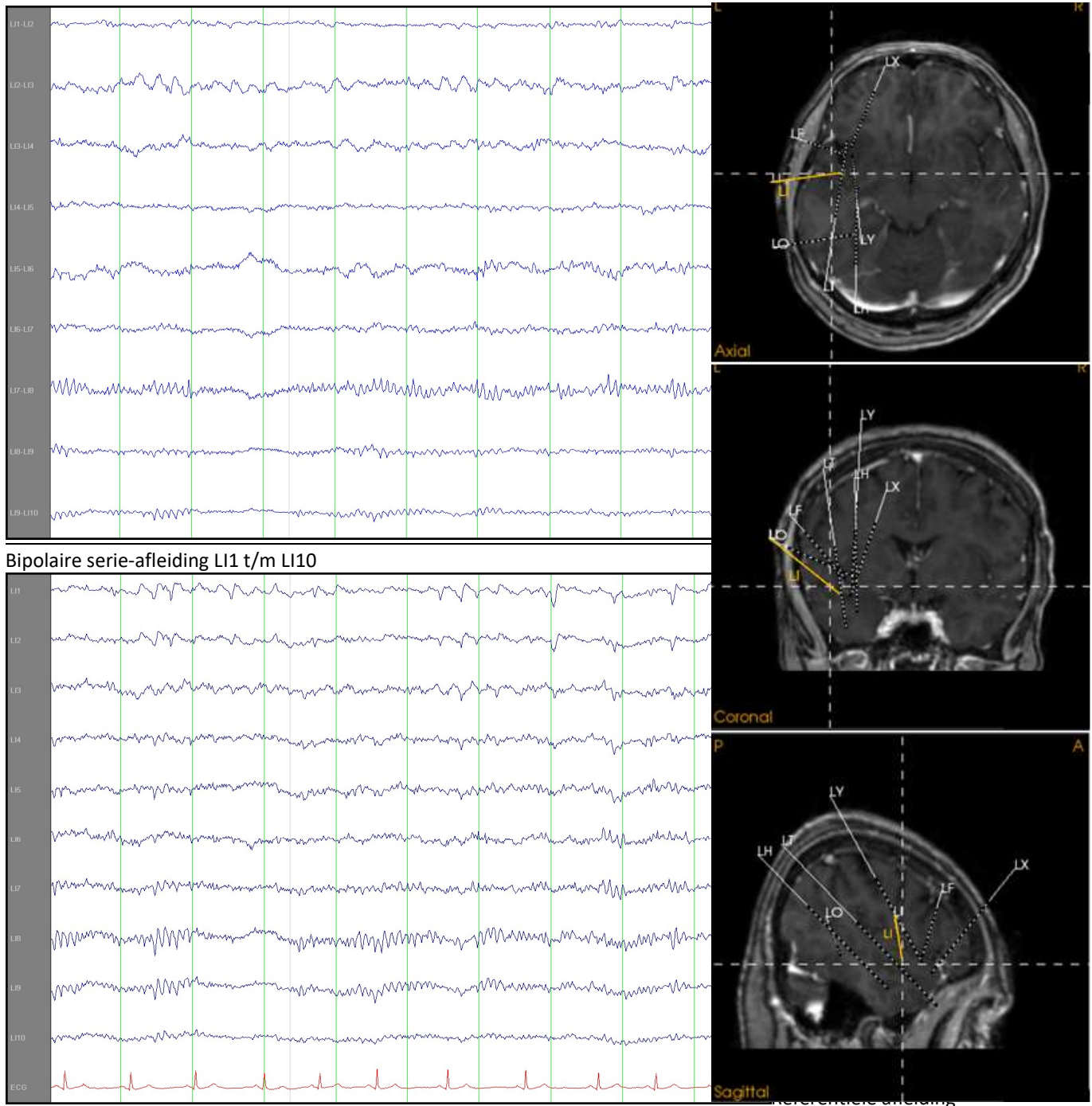
In slaap wordt op elektrode LI onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen ca. 4Hz op contactpunten LI 1 t/m 4 met een max op LI 3. Elektrode LI bevindt zich in in T1 vanuit lateraal op de grens van temporaal/insula

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding LI1 t/m LI10

Vraag 34

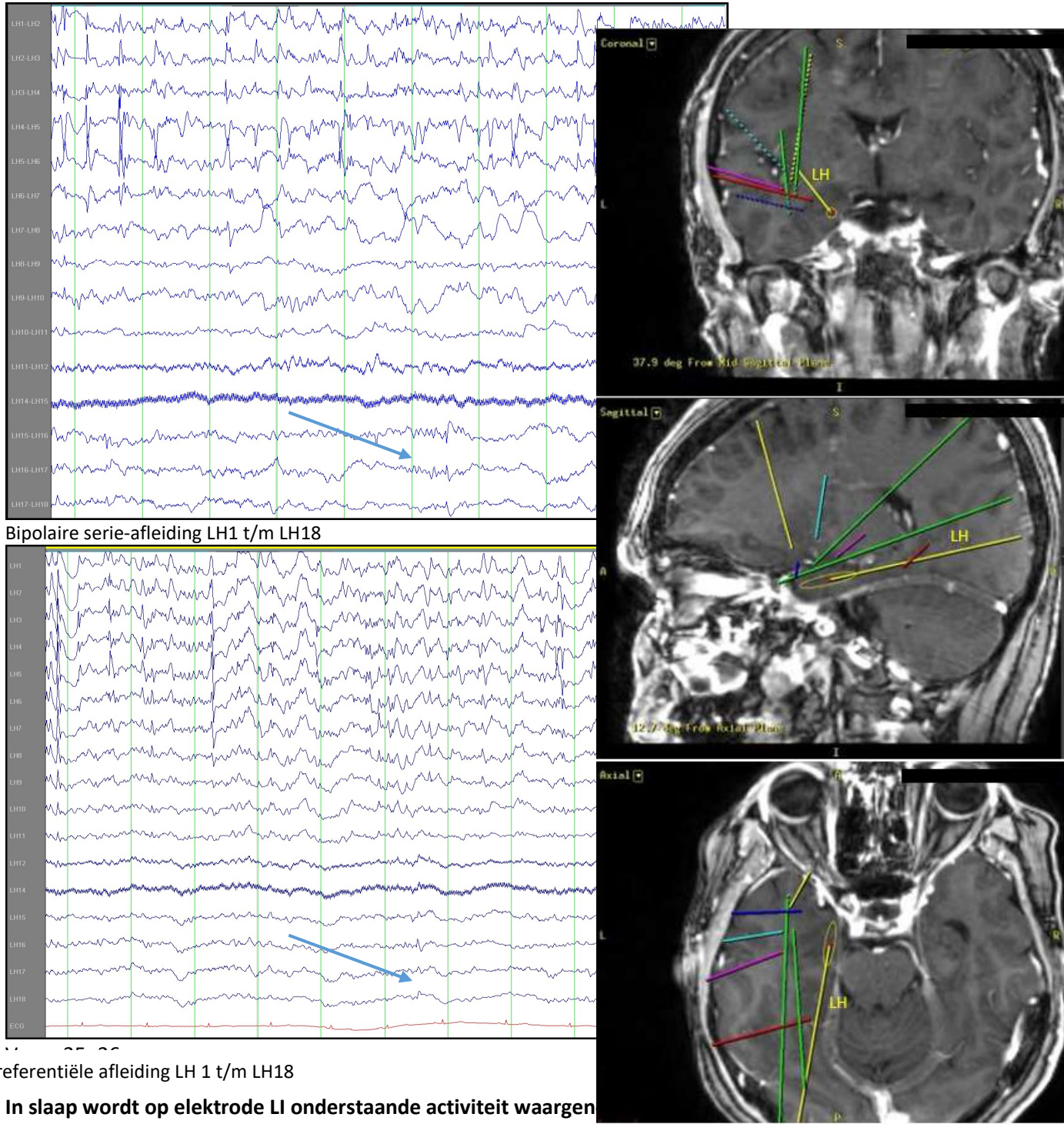
In slaap wordt op elektrode LH (max LH16) onderstaande activiteit waargenomen. Korte reeksen en geïsoleerde 15Hz golven. LH bevindt zich in de linker gyrus parahippocampalis vanuit posterieur

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



referentiële afleiding LH 1 t/m LH18

In slaap wordt op elektrode LI onderstaande activiteit waargenomen. 500ms golven. LI is lateraal via T1 naar de grens van de temporale insula geïmplanteerd.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

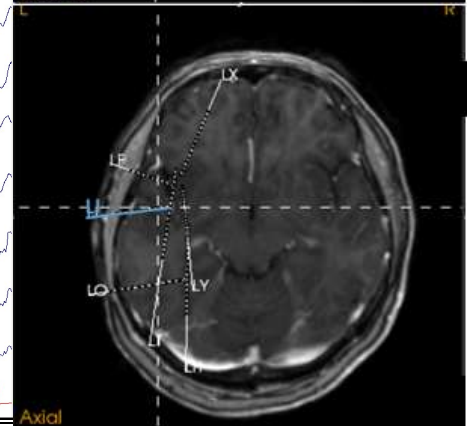
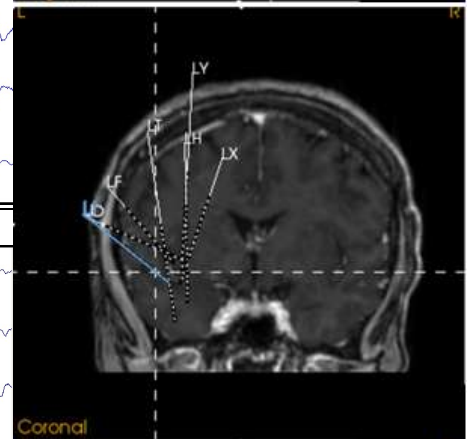
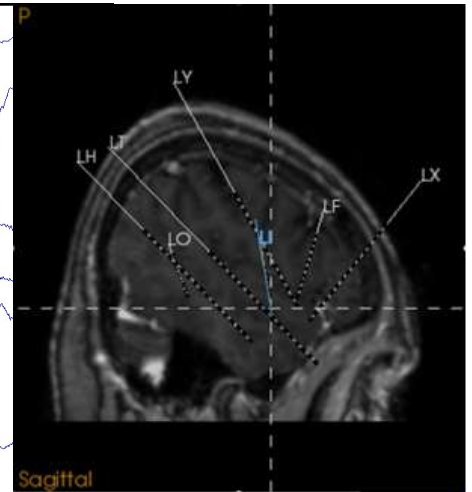
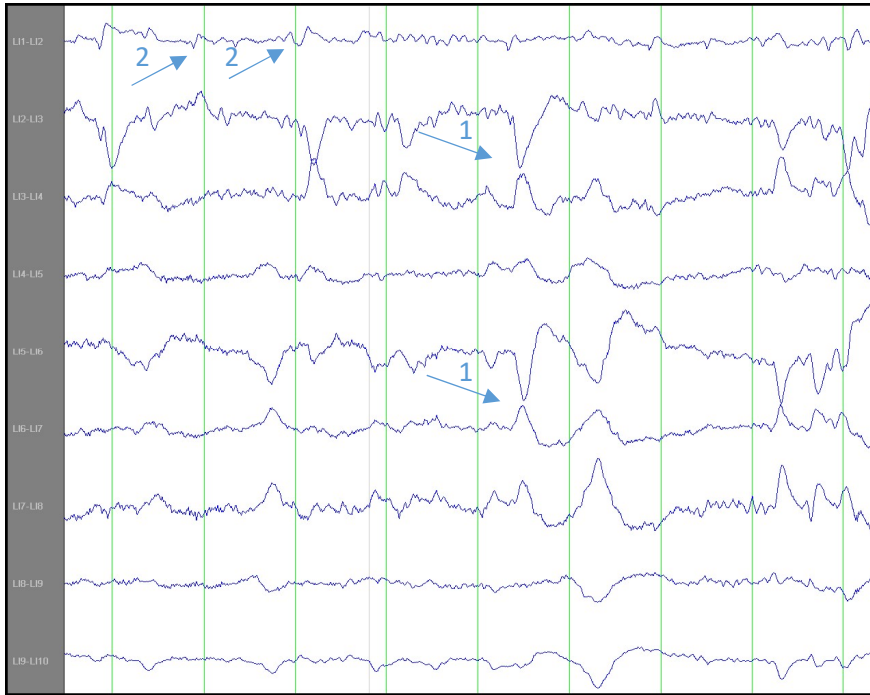
Kies een item.

Kies een item.

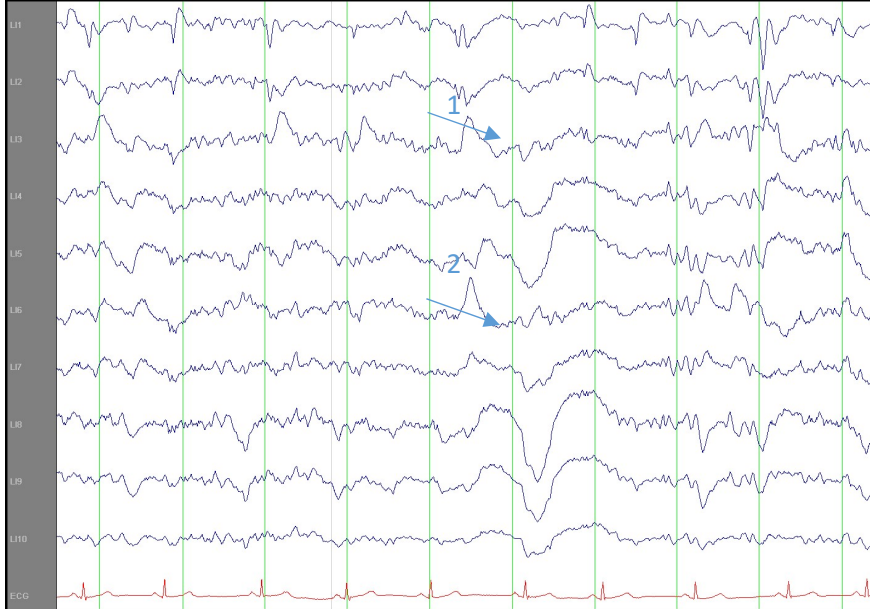
Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding L1 t/m L10



Vraag 37+38

In waak wordt 1. op contactpunt RX10 2. Op contactpunt RX13 onderstaande activiteit gezien. RX bevindt zich in de linker gyrus parahippocampalis vanuit posterieur

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

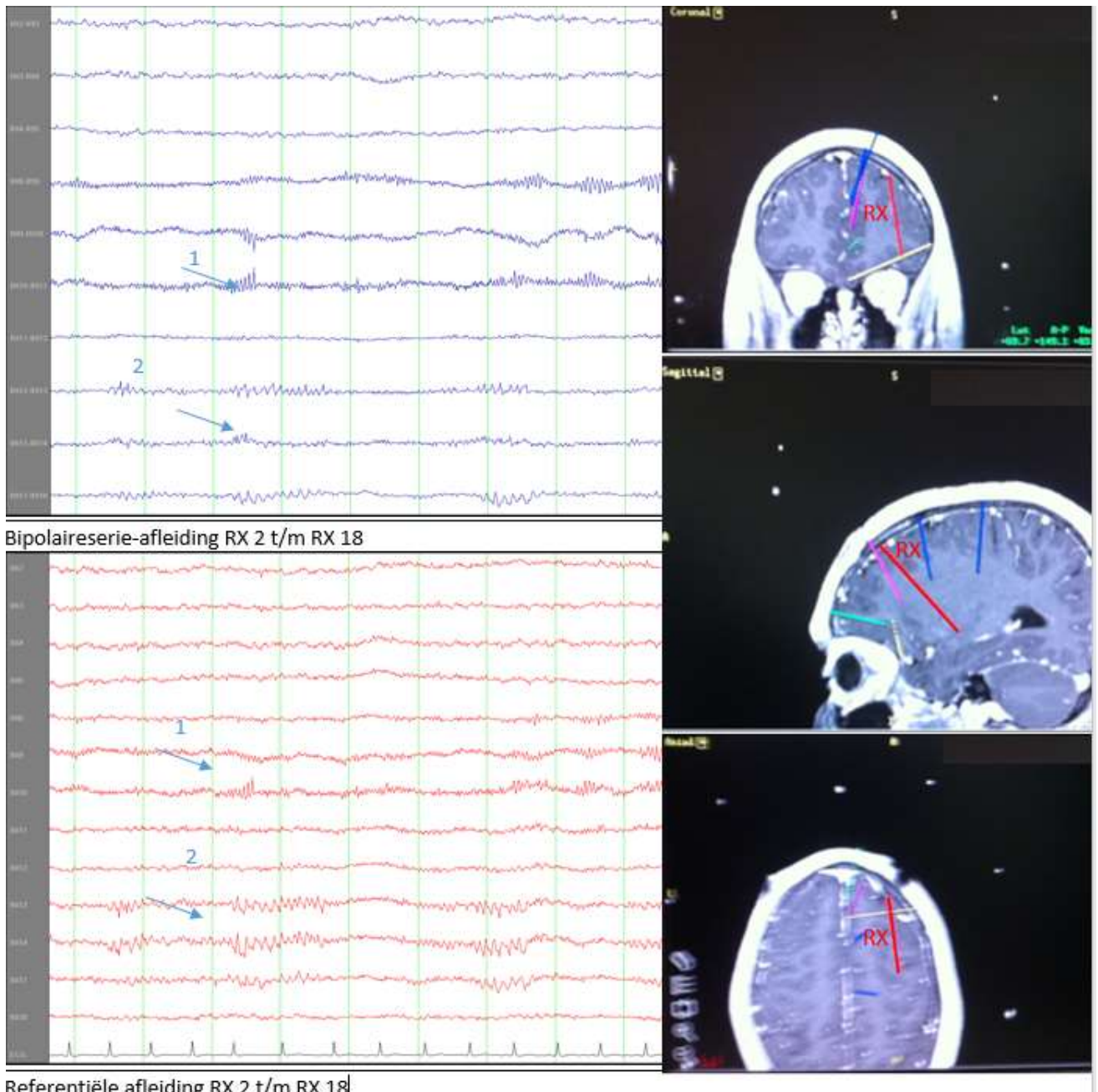
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Referentiële afleiding RX 2 t/m RX 18

Vraag 39

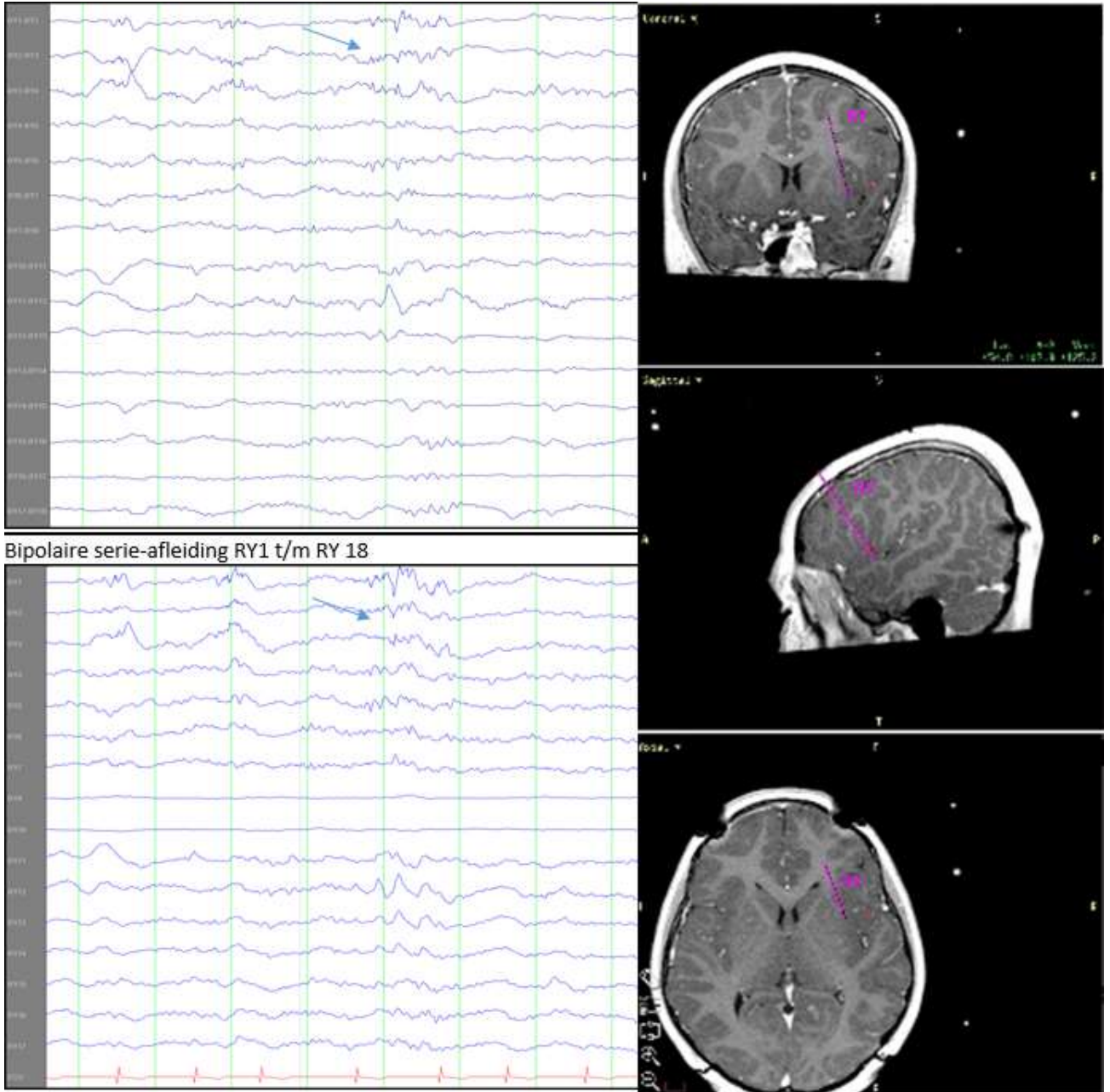
In slaap wordt op elektrode RY onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen en geïsoleerde golven van 8-10Hz , vermengd met golven van 5-6Hz. RY is geïmplanteerd via F1/F2 naar onder midden insula.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Vraag 40

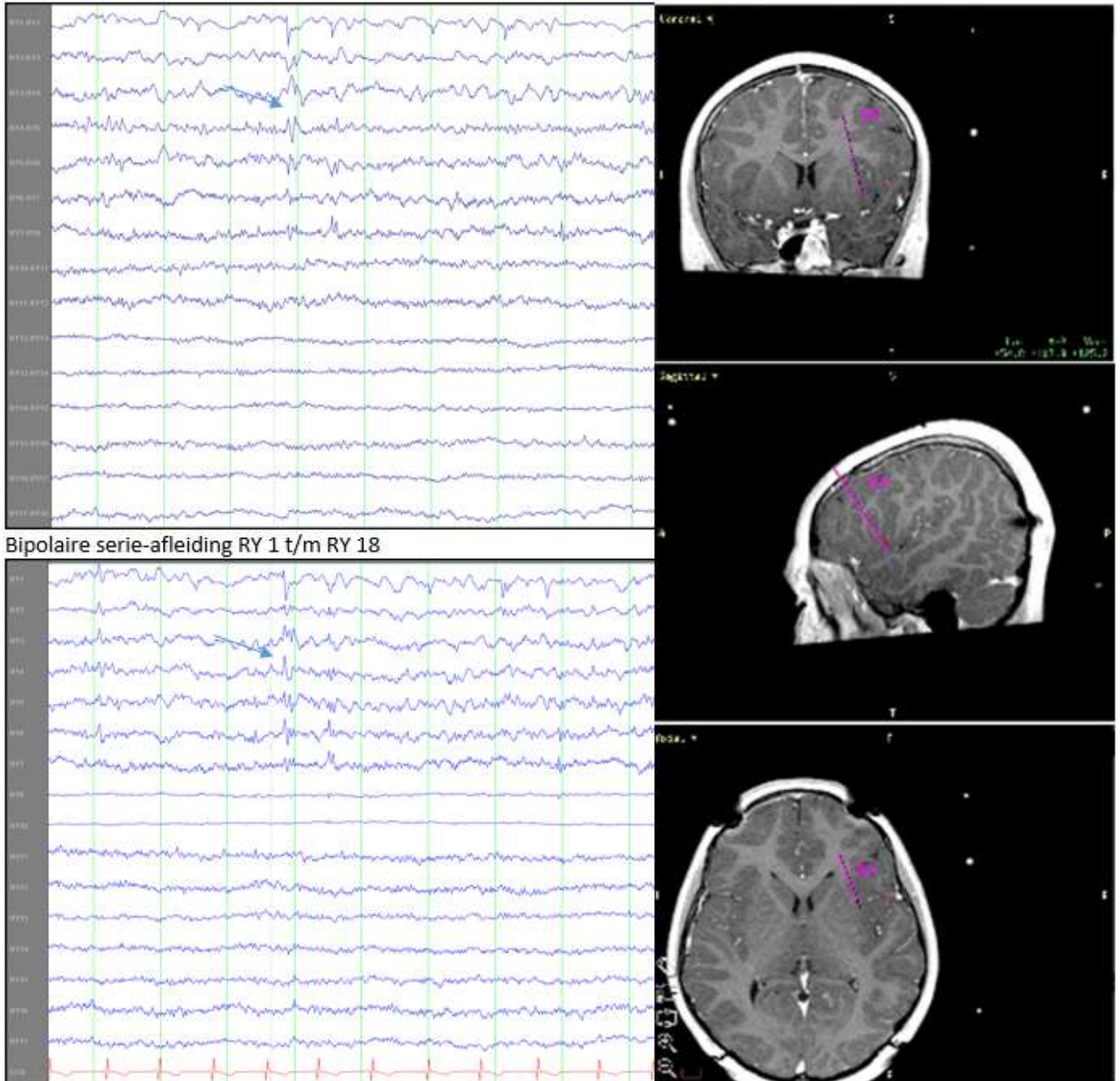
In waak wordt op elektroden RY wordt onderstaande activiteit waargenomen. Geïsoleerde golven van 12-14Hz. RY is geïmplanteerd via F1/F2 naar onder midden insula.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding RY 1 t/m RY 17

Vraag 41

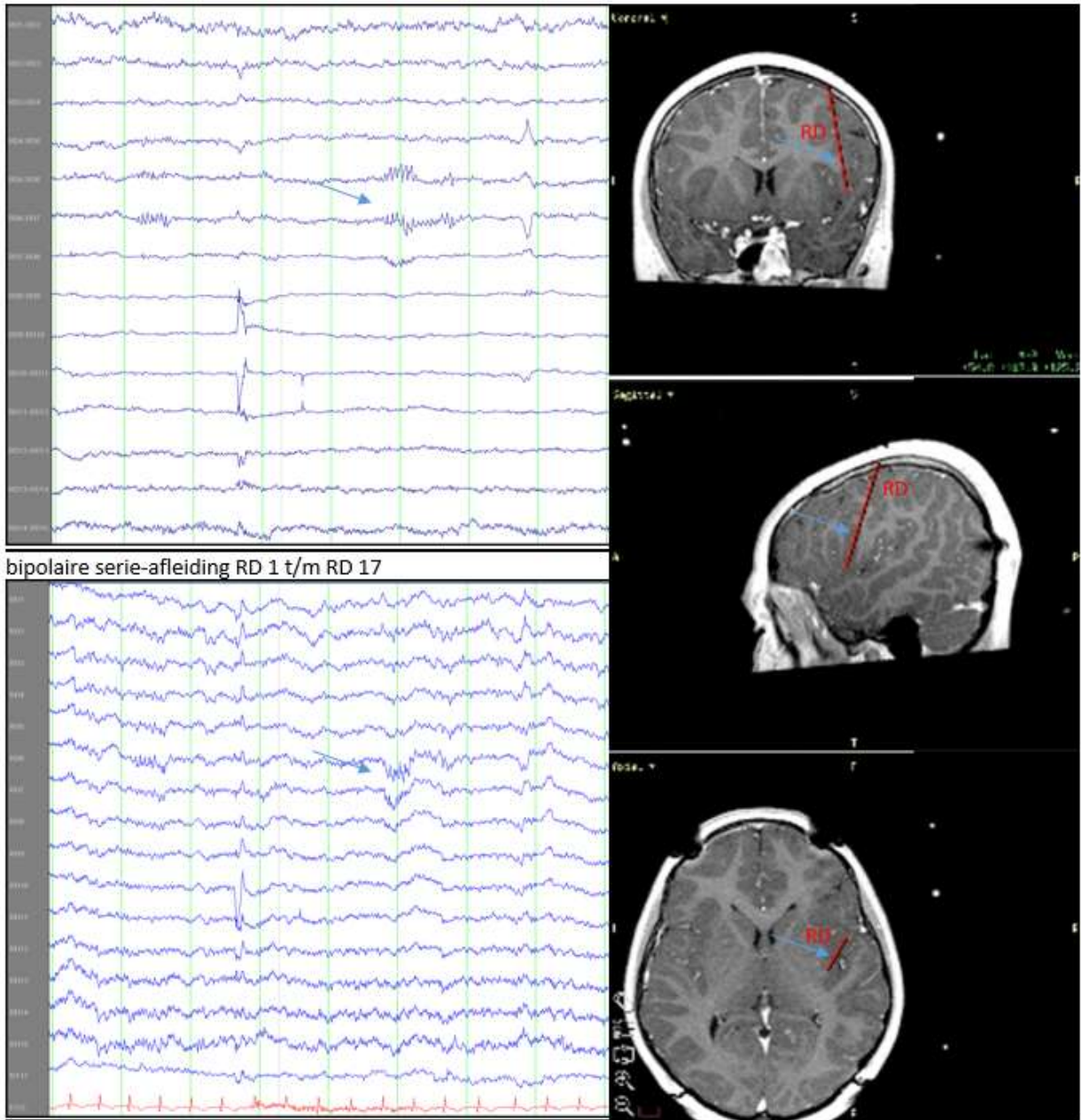
In waak wordt maximaal op contactpunt RD6 onderstaande activiteit waargenomen. Elektrode RD is geïmplanteerd via F2/F3 naar "onder een dysplasie" in het midden operculum.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Vraag 42

In slaap wordt maximaal op contactpunt RX3 onderstaande activiteit waargenomen. Geïsoleerde golven van 8-10Hz. RX is geïmplantéerd via F2 naar achter insula tot onderrand

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Bipolaire serie-afleiding RX 1 t/m RX 14

Referentiële afleiding RX 1 t/m RX 14

Vraag 43

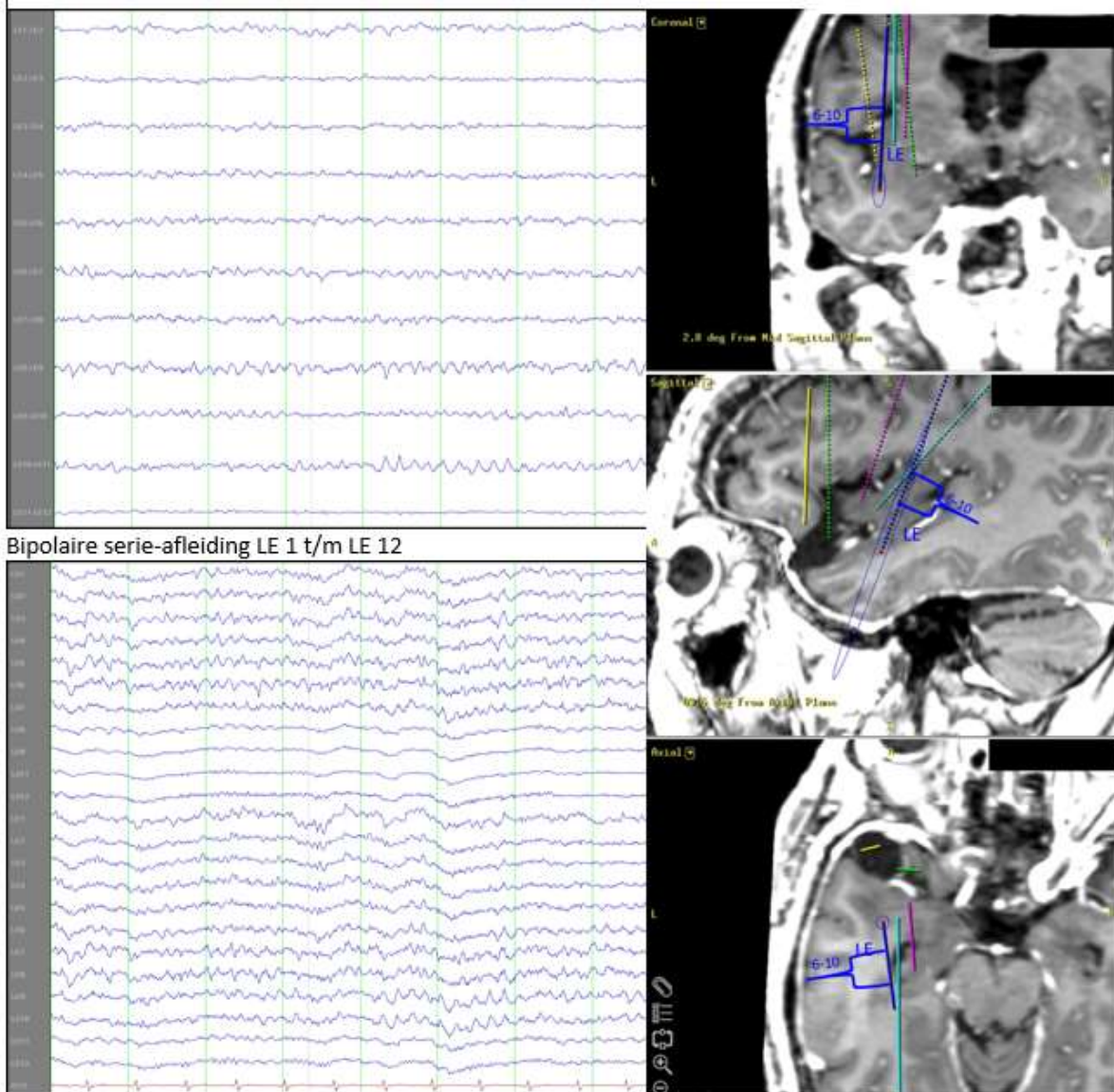
In slaap wordt met wisselend maximum op contactpunt LE 6 t/m 10 onderstaande activiteit waargenomen. Reeksen golven van 5-7Hz. LE is geïmplantéerd F1/F2 via achterste bank anterieure en posterieure insula naar T1.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



Referentiële afleiding LD 1 t/m LD 12 en LE 1 t/m LE 12

Vraag 44+45

In slaap wordt onderstaande activiteit waargenomen, maximaal op elektrode RP. Tevens zichtbaar op RH en RS. Korte reeksen 12-14Hz (2). Regelmatig gevolgd door een deltagolf (1). RP heeft 18 contactpunten en is geïmplantéerd via post-pariëtaal naar pré-cuneus.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen

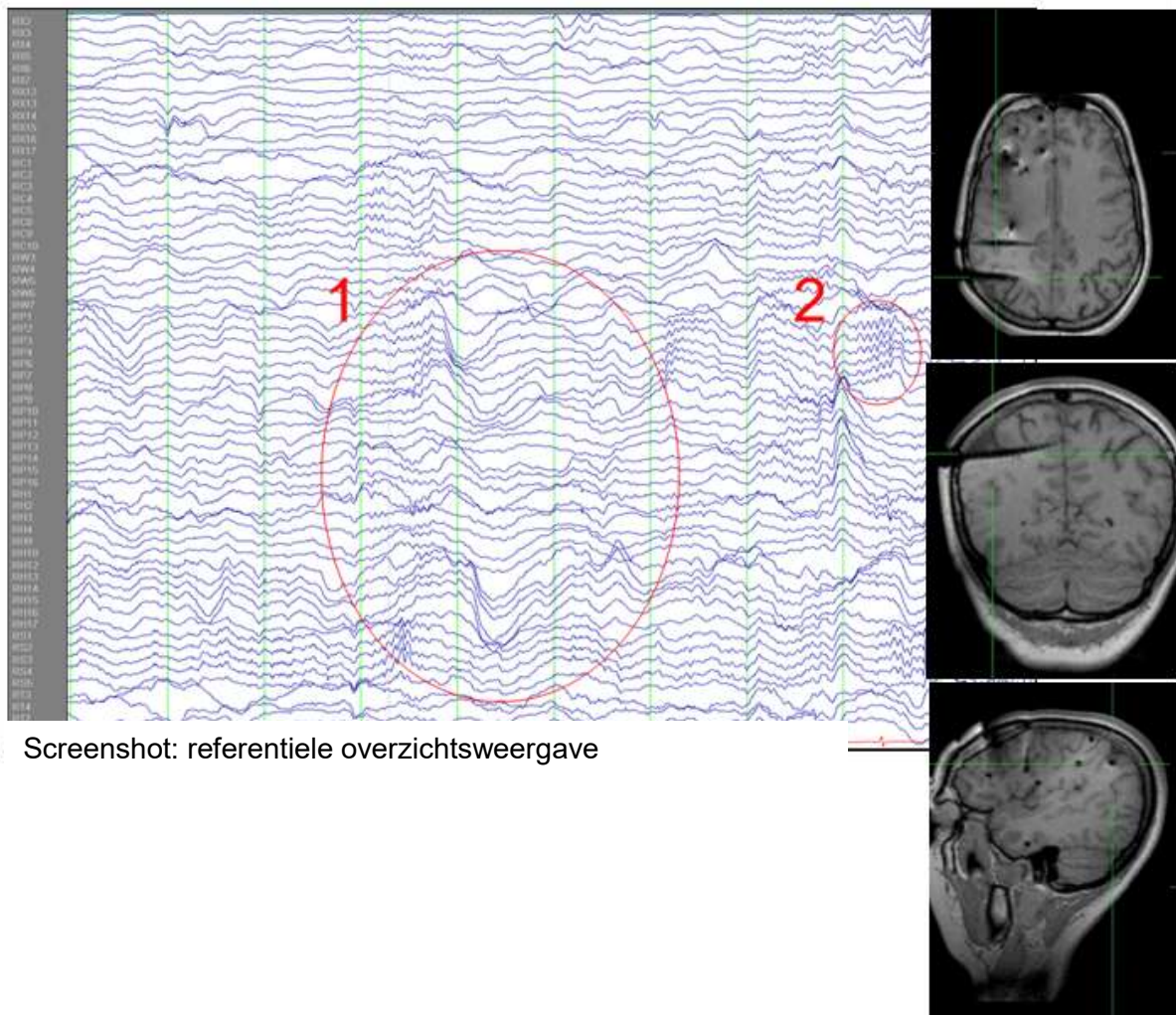
Kies een item.

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.

Kies een item.



Screenshot: referentiele overzichtsweg

Vraag 46

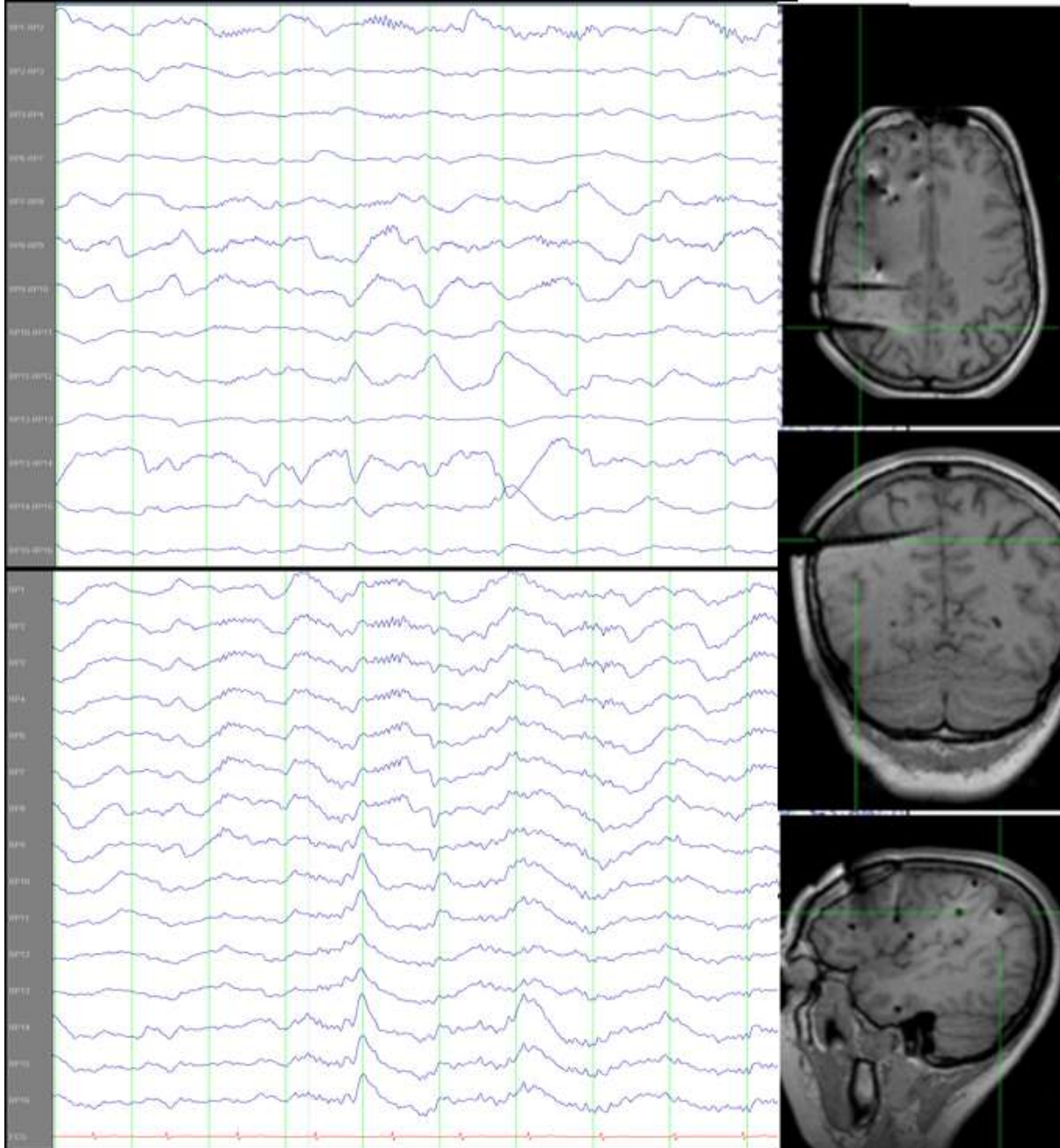
In slaap wordt onderstaande activiteit waargenomen. Geïsoleerde golven van 1,5 tot 2,5 Hz. Maximaal op contactpunt RP 13-14. RP heeft 18 contactpunten en is geïmplanteerd via post-pariëtaal naar pré-cuneus.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



bovenste screenshot: bipolair RP 1 t/m RP 16

onderste screenshot: referentieel RP 1 t/m RP 16

Vraag 47

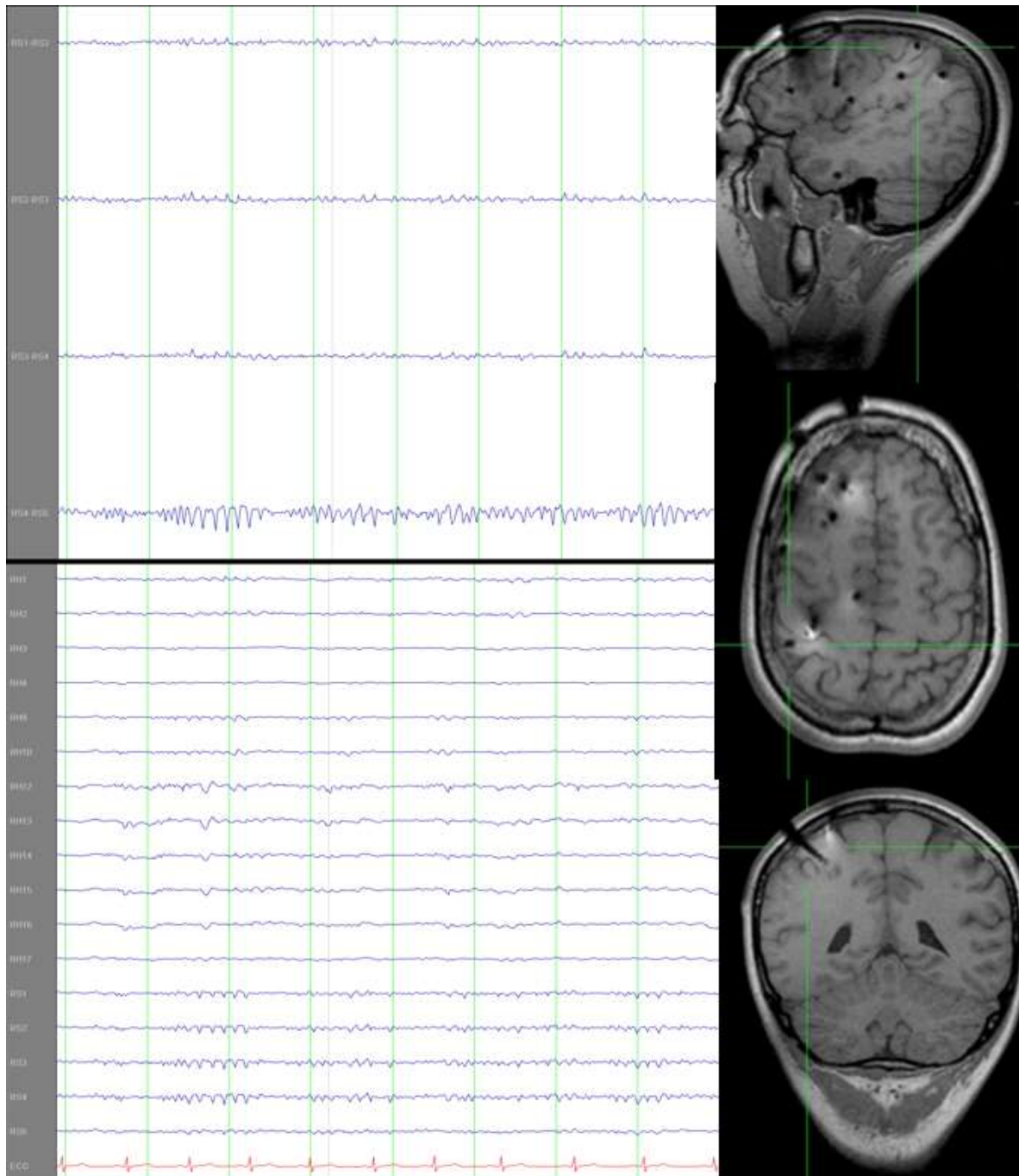
Tijdens waak wordt onderstaande activiteit waargenomen op contactpunten RS 1 t/m 5 (max 4).
Lange reeksen ca. 10Hz. RS is gelegen in het primair sensibel handgebied.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



bovenste screenshot: bipolair RS 1 t/m 5

onderste screenshot: unipolair RH en RS 1 t/m RS 5

Vraag 48

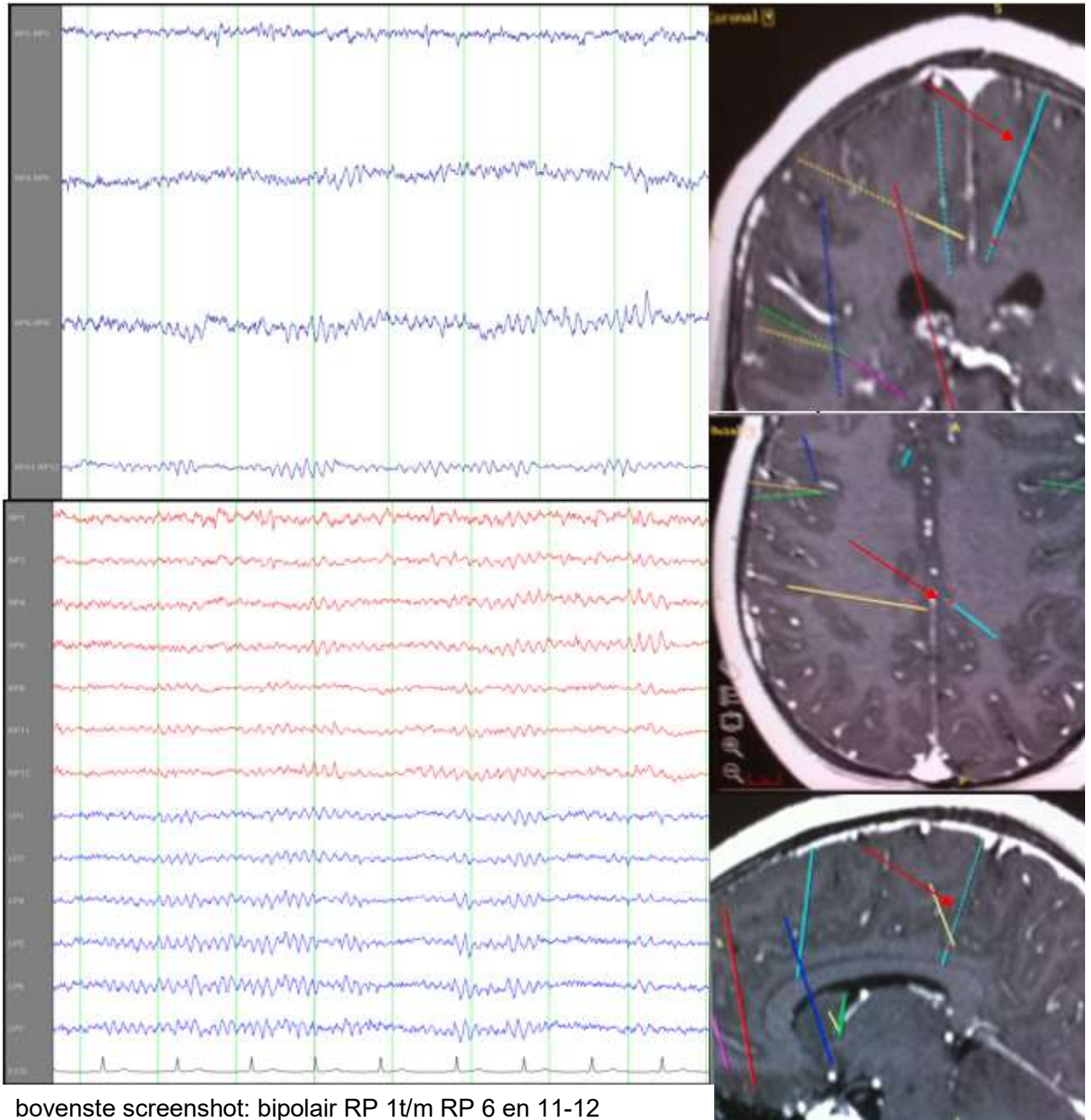
Tijdens waak wordt onderstaande activiteit waargenomen op contactpunten RP 5 t/m RP 12 (lichtblauw). 8-9Hz activiteit, optredend in reeksen. RP is geïmplanteerd via mesiaal pariëtaal tot posterieure cingulum

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



bovenste screenshot: bipolair RP 1 t/m RP 6 en 11-12
onderste screenshot: referentiaal RP 1 t/m RP 6 en 11-12 en LP 1 t/m 7

Vraag 49

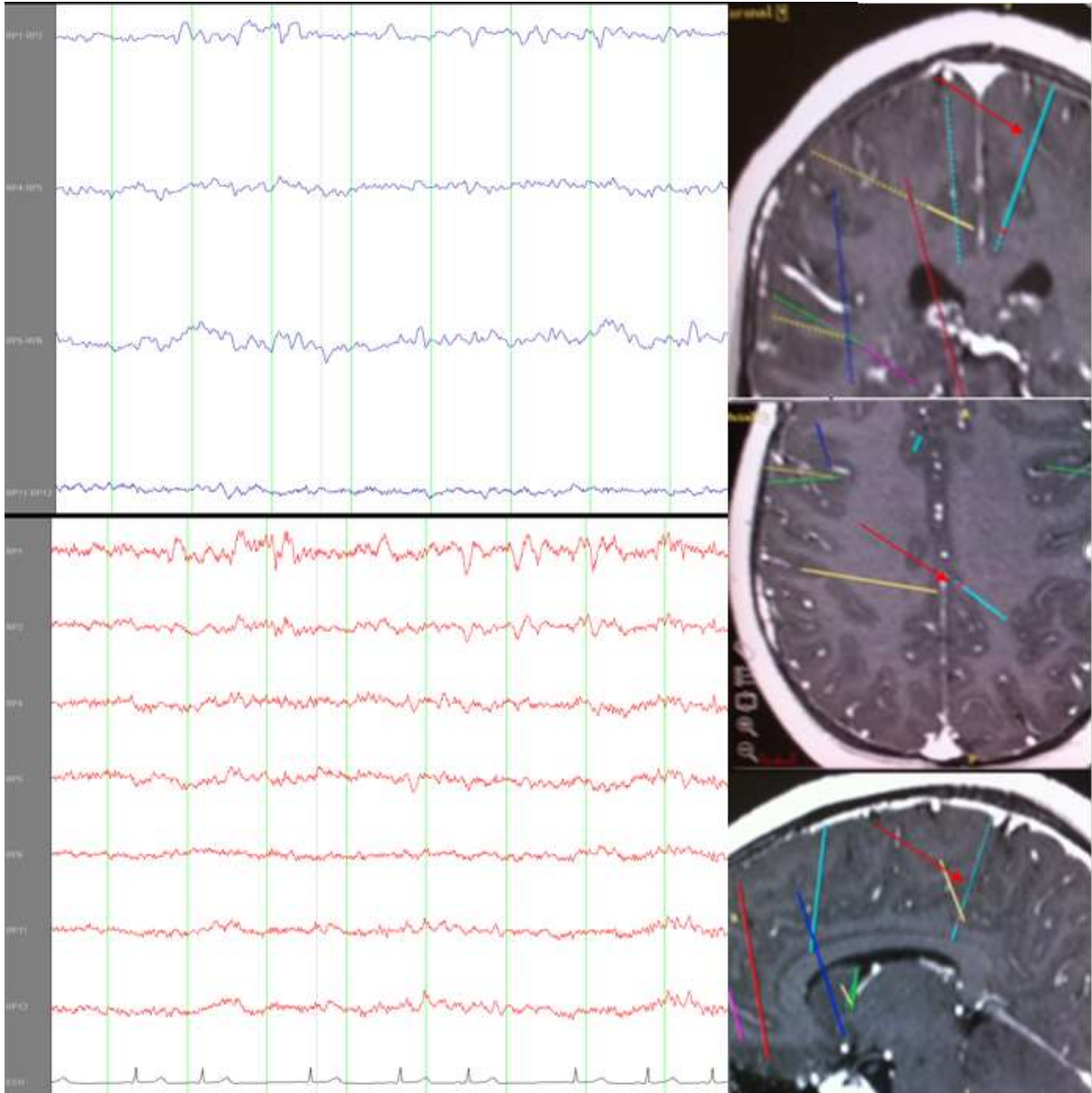
Tijdens slaap worden onderstaande golven gezien op RP 1-2. Korte reeksen en geïsoleerde golven van 4-5Hz. RP is geïmplanteerd via mesiaal pariëtaal tot posterieure cingulum

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



bovenste screenshot: bipolair RP 1t/m6 en RP 11-12

onderste screenshot: referentieel RP 1 t/m 6 en RP 11+12

Vraag 50

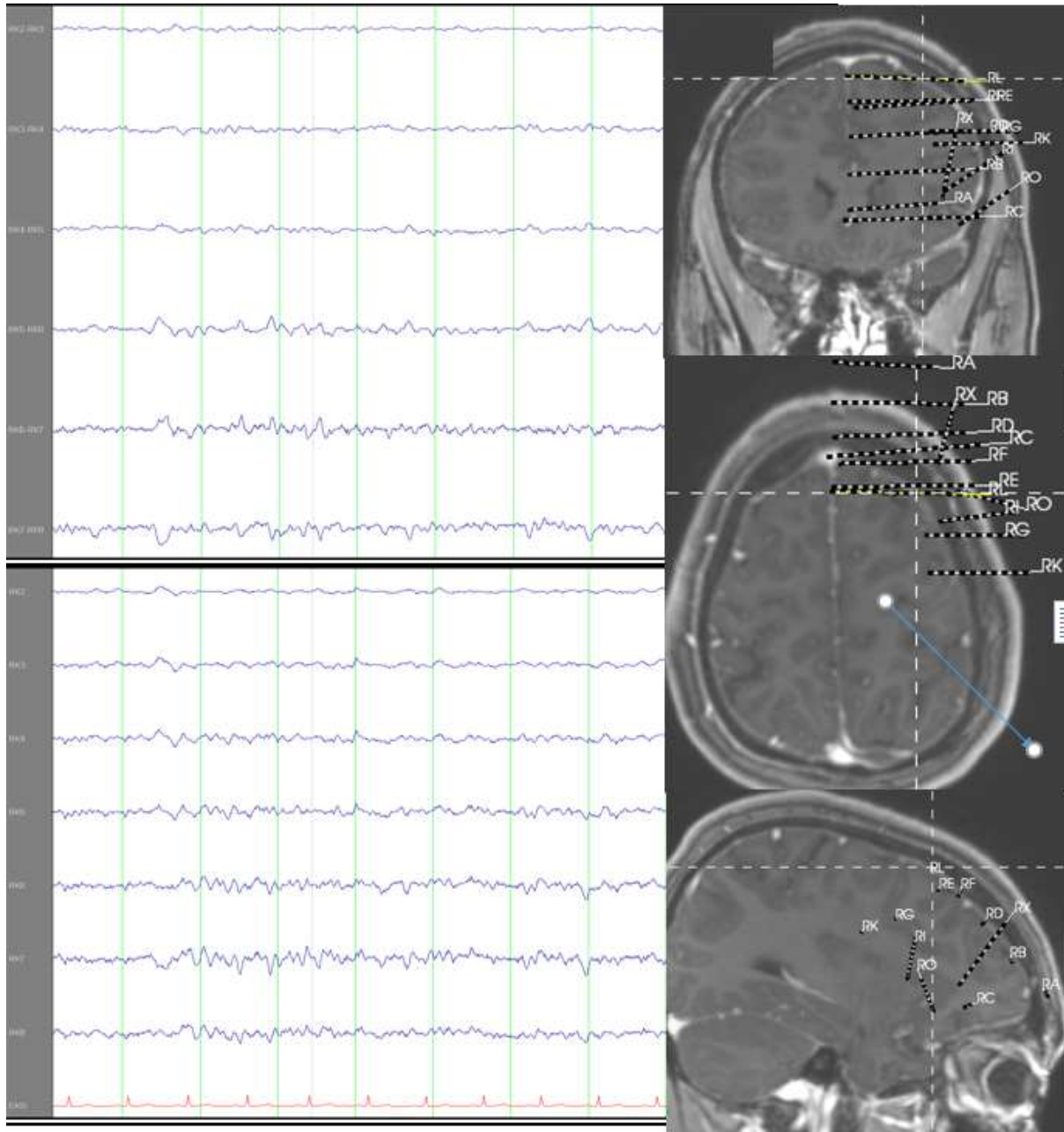
Tijdens slaap worden onderstaande golven gezien op RK 5 t/m 7 met een maximum op RK 7. Reeksen golven van 4-6Hz.

Zou u deze activiteit als fysiologisch of pathologisch beschouwen?

Kies een item.

Welke activiteit denkt u hier te zien?

Kies een item.



bovenste screenshot: bipolair RK2 t/m RK 8

onderste screenshot: referentieel RK 2 t/m RK 8