

Neurodiagnostiikka I

Kliininen Neurofysiologia (KNF) neurologisessa diagnostiikassa

Leena Lauronen, prof, yl
Kliininen Neurofysiologia, ULS

Takkia ei tarvita!

KNF-ryhmäopetuspaikka:

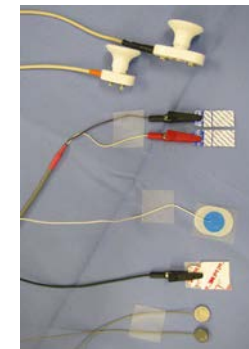
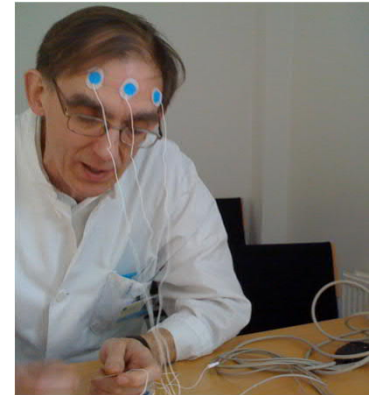
7.krs, KNF-os./hissiaula-
odotustila



D-ovi

Klininen Neurofysiologia -KNF

- Selvittää keskus- ja ääreishermoston sairauksia ja toimintaa
- Tutkii potilaita vauvasta vaariin, kiireestä kantapäähän
- Antaa valikoituja hoitoja
 - kohdennettu botuliinitoksiini
 - repetitiivinen transkraniaalinen TMS



työväj Erika Haaksiluoto

KNF-tutkimusten kirjo

Keskushermoston tutkimukset

- EEG (elektroenkefalografia)
- VEEG (video-EEG)
- SEEG (stereo-EEG)
- MEG (magnetoenkefalografia)
- TMS (transkraniaalinen magneettistimulaatio)

Ääreishermoston tutkimukset

- ENMG (elektroneuromyografia)
- QST (kvantitatiivinen tuntokynnysmittaus)

Unitutkimukset

- Yöpolygrafiat
- Kotona tai osastolla tehtävät unipolygrafiat

Herätevasteet

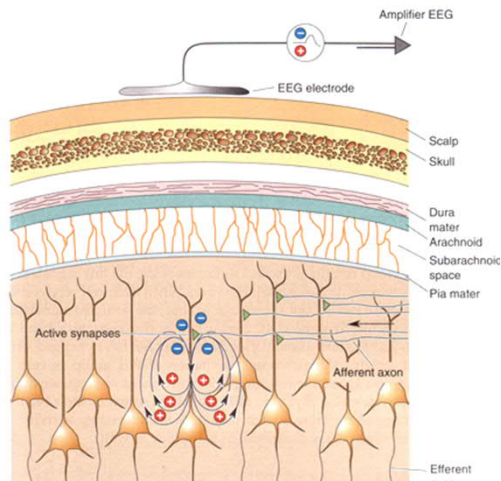
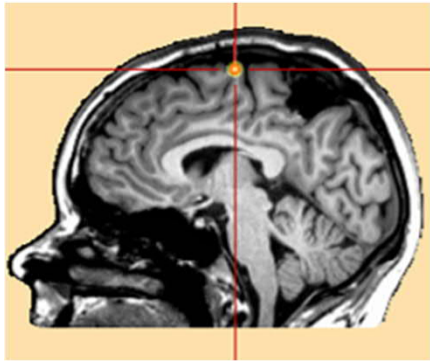
- SEP (tuntoherätevaste)
- VEP (näköherätevaste)
- BAEP (kuuloherätevaste)
- MEP (motorinen herätevaste)
- Kognitiiviset herätevasteet

Intraoperatiivinen monitorointi

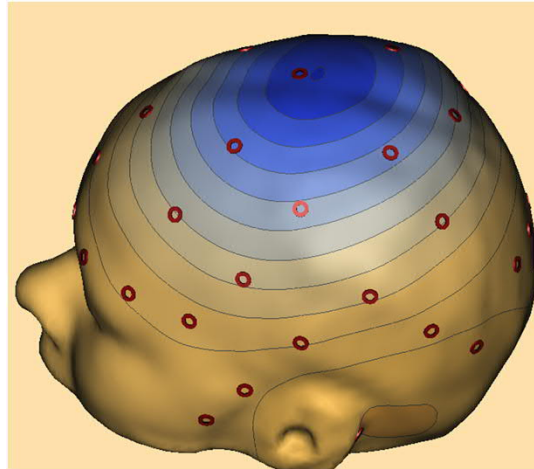
- Selkäytimen ja hermojuurten monitorointi
- Aivomonitorointi

Aivojen neurofysiologia: mitä mittaamme?

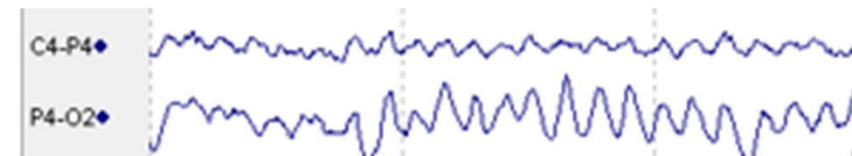
Aivokuoren aktiivisissa hermosoluissa kulkevat sähkövirrat...



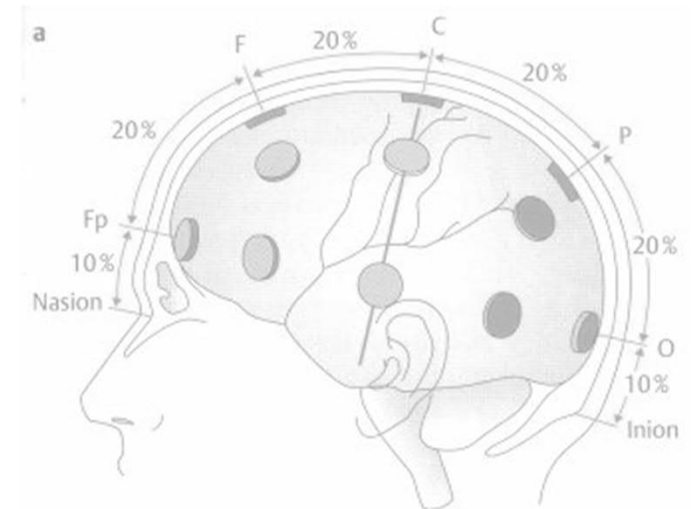
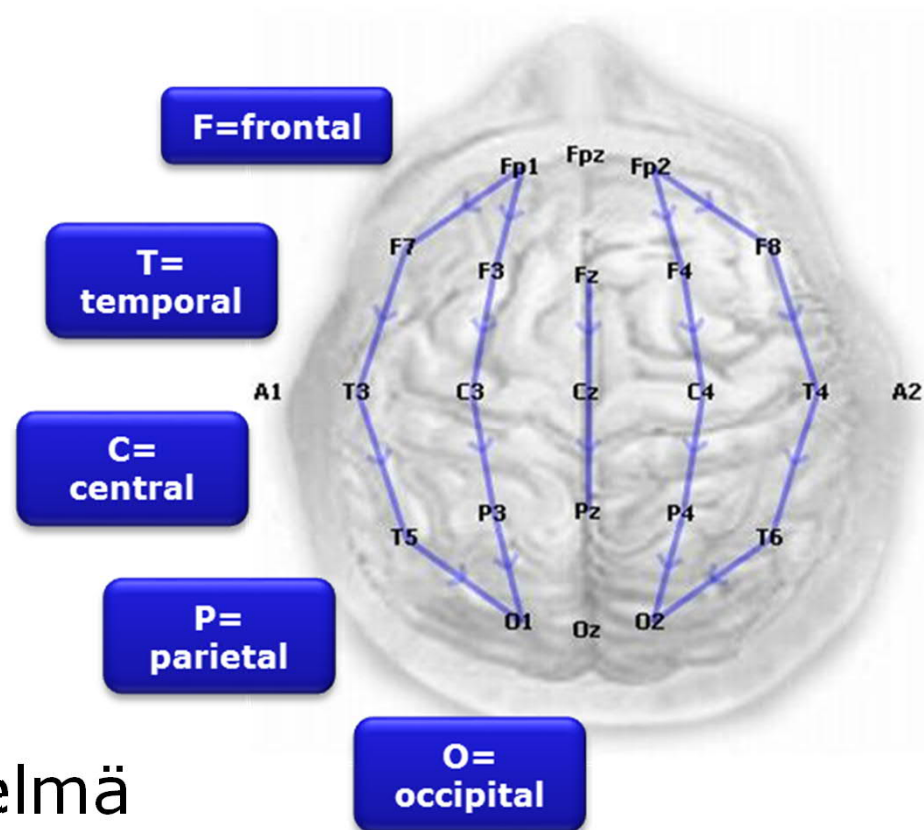
.. synnyttävät pään ulkopuolelta mitattavia sähkö- ja magneettikenttiä



EEG = potentiaali- ja jännite-erojen mittaaminen elektrodien avulla



EEG vs. aivojen alueet



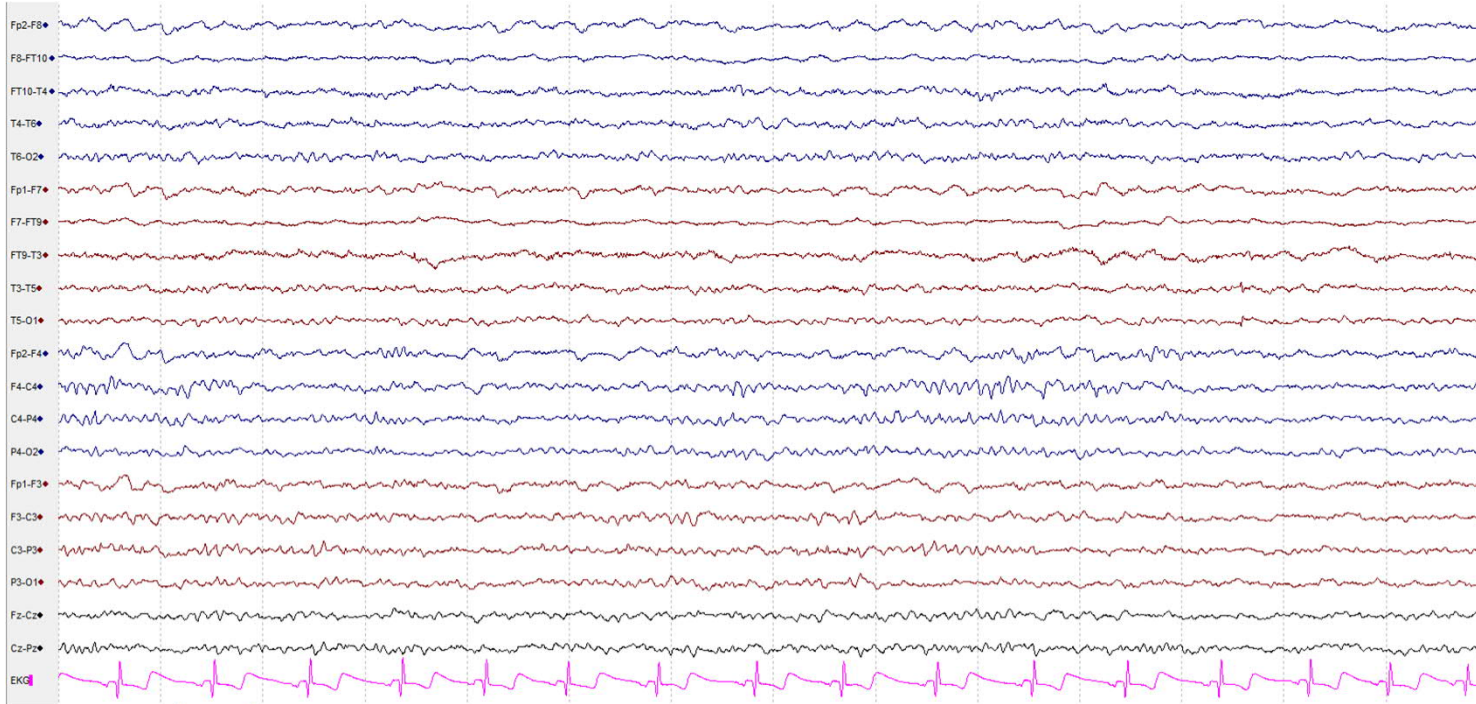
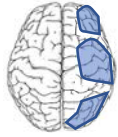
10-20-järjestelmä

Milloin EEG auttaa diagnostiikassa?

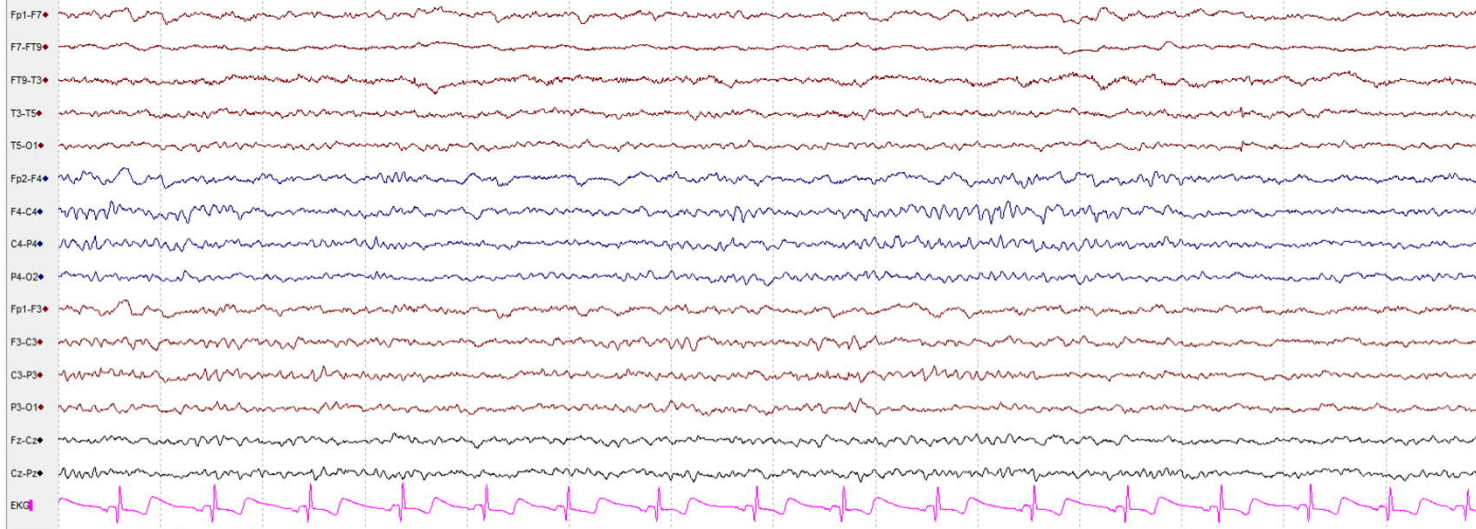
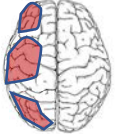
- Kohtausoireet = onko epilepsia?
 - motoriset kohtaukset
 - tajunnantasoon vaikuttavat kohtaukset (poissaolo tai tajunnanhämärtyminen)
- Tajunnanhäiriö ja enkefalopatiat
 - akuuttitilanteet (metabolinen, infektioosi jne)
 - krooniset enkefalopatiat (kehitykselliset, degeneratiiviset)
 - aste
- Tehohoidopotilaiden seuranta

Normaali EEG valvessa

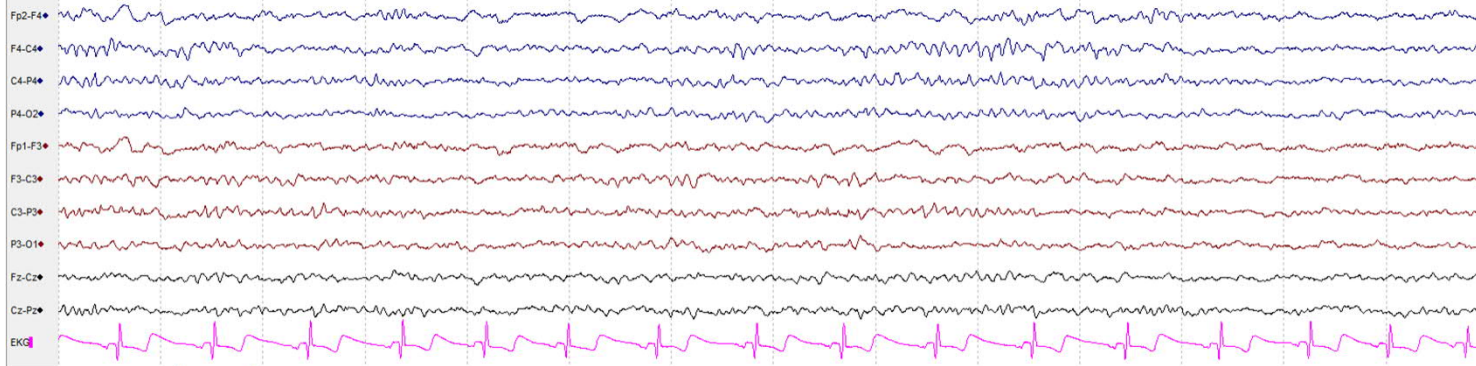
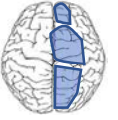
Oikea



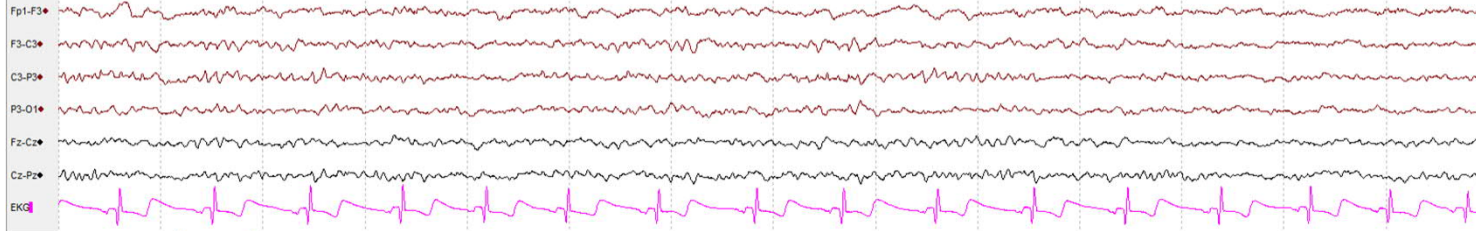
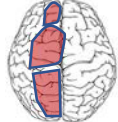
Vasen



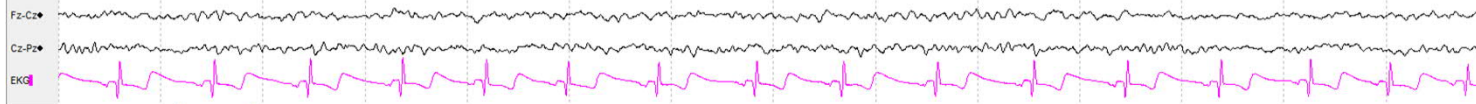
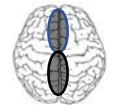
Oikea



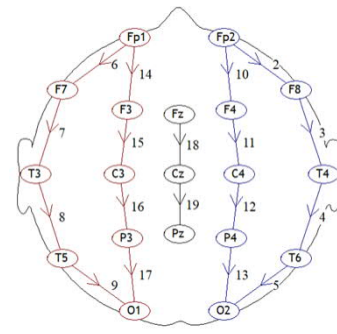
Vasen



Keskiviiva

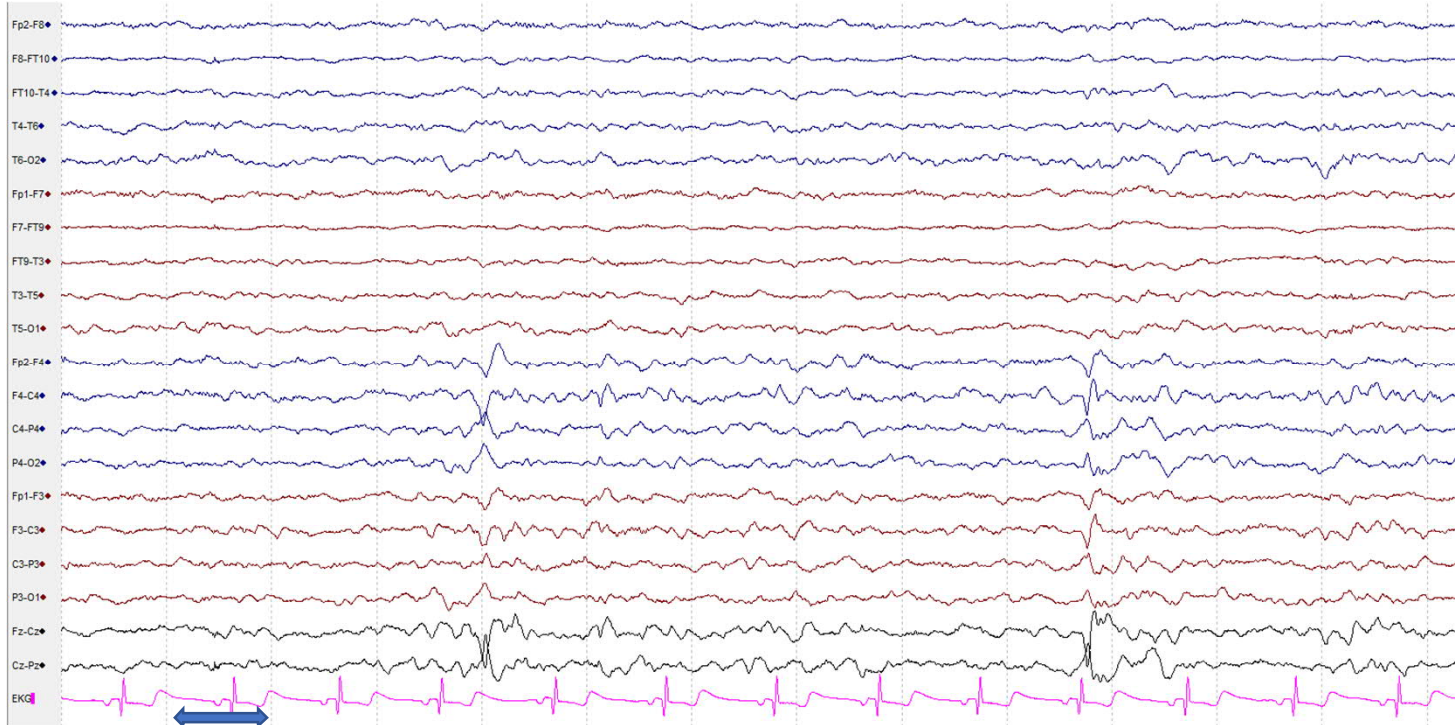


1s

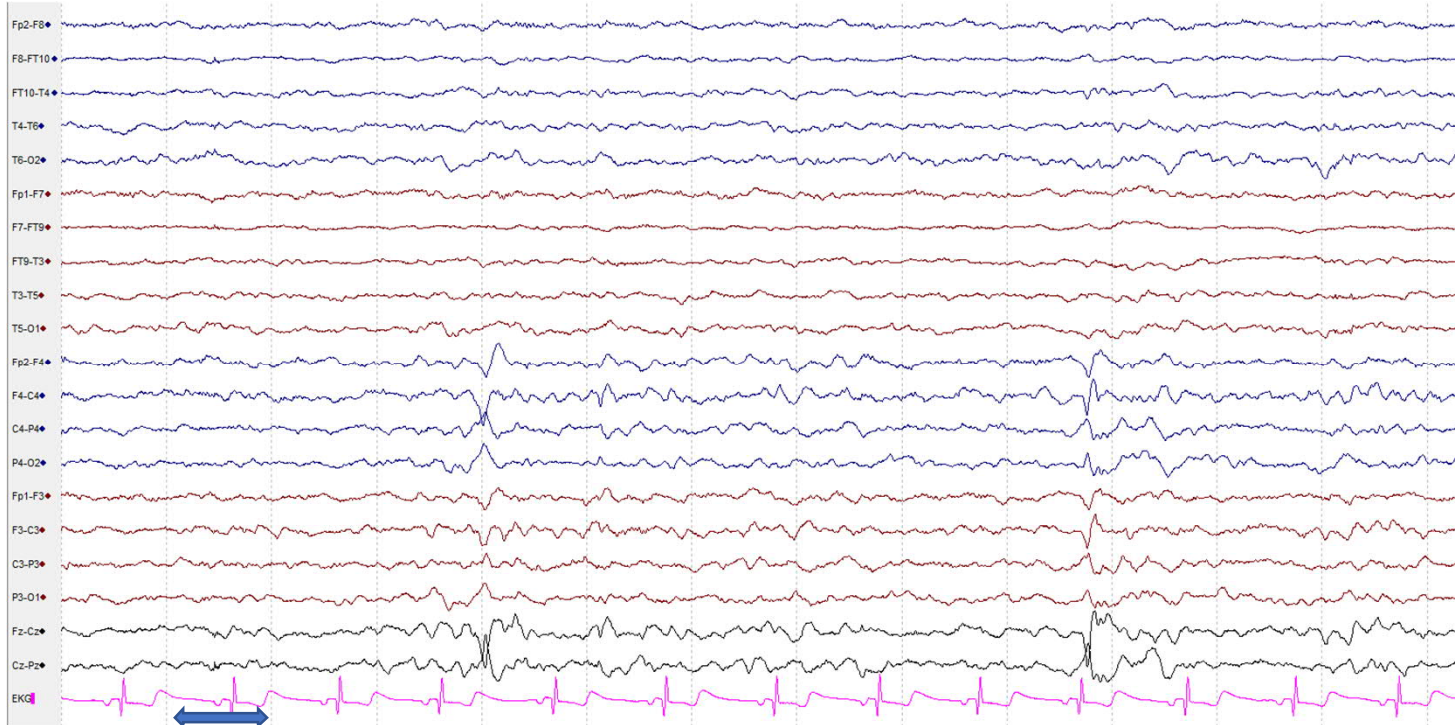
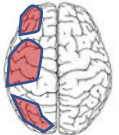


Normaali EEG unessa

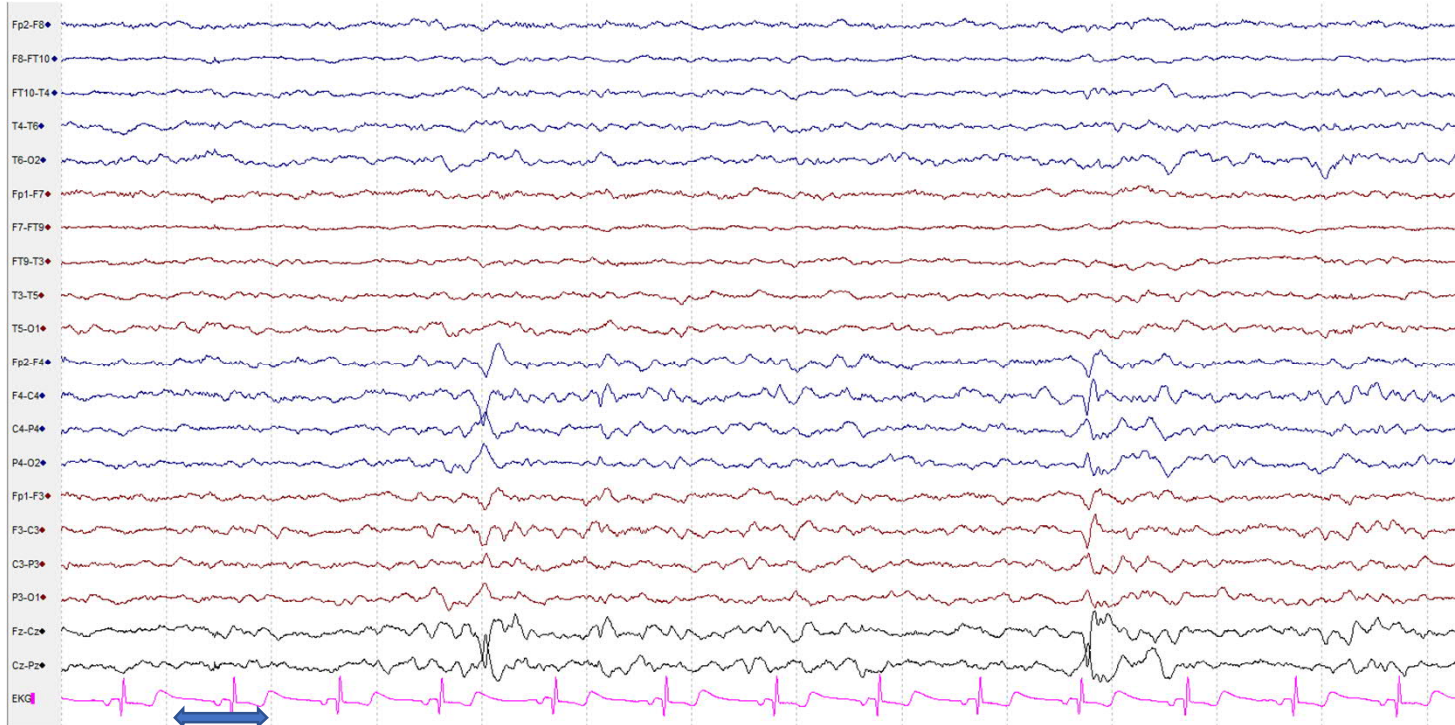
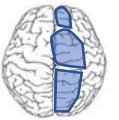
Oikea



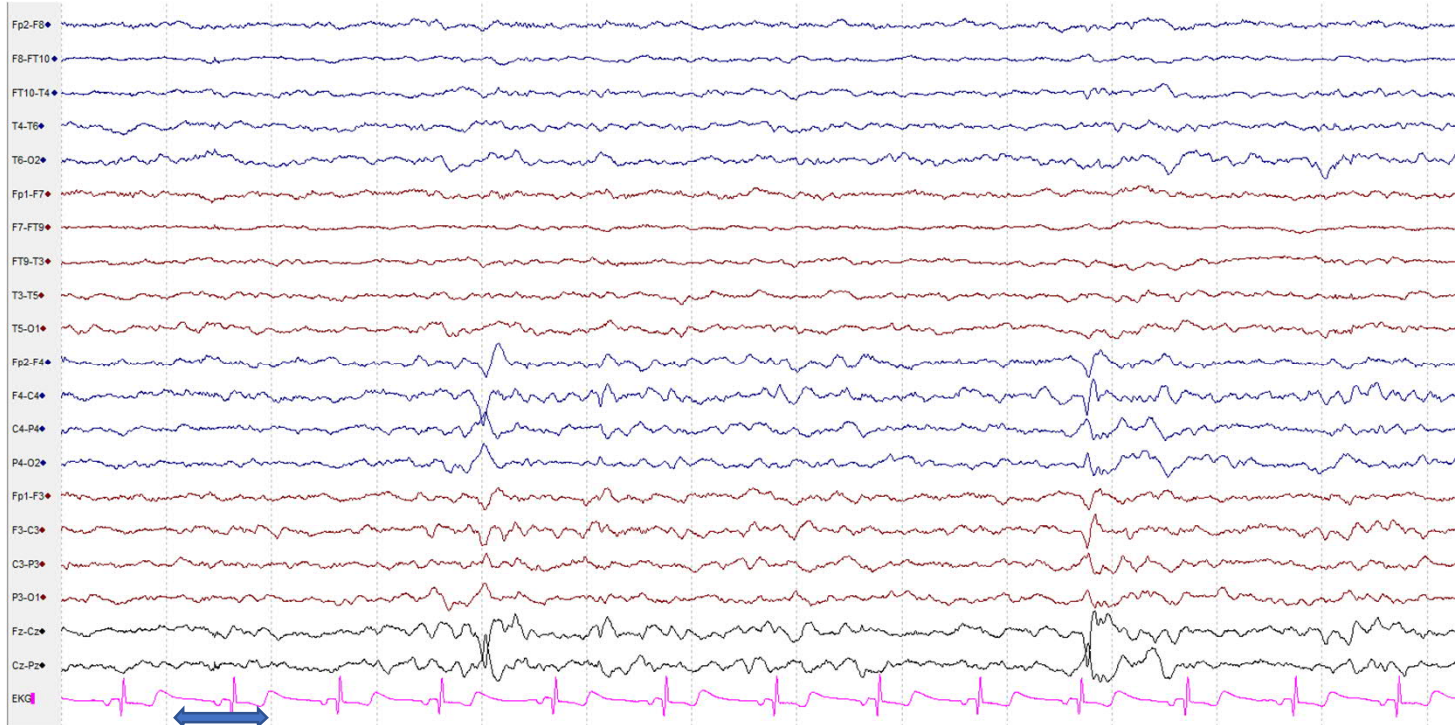
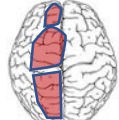
Vasen



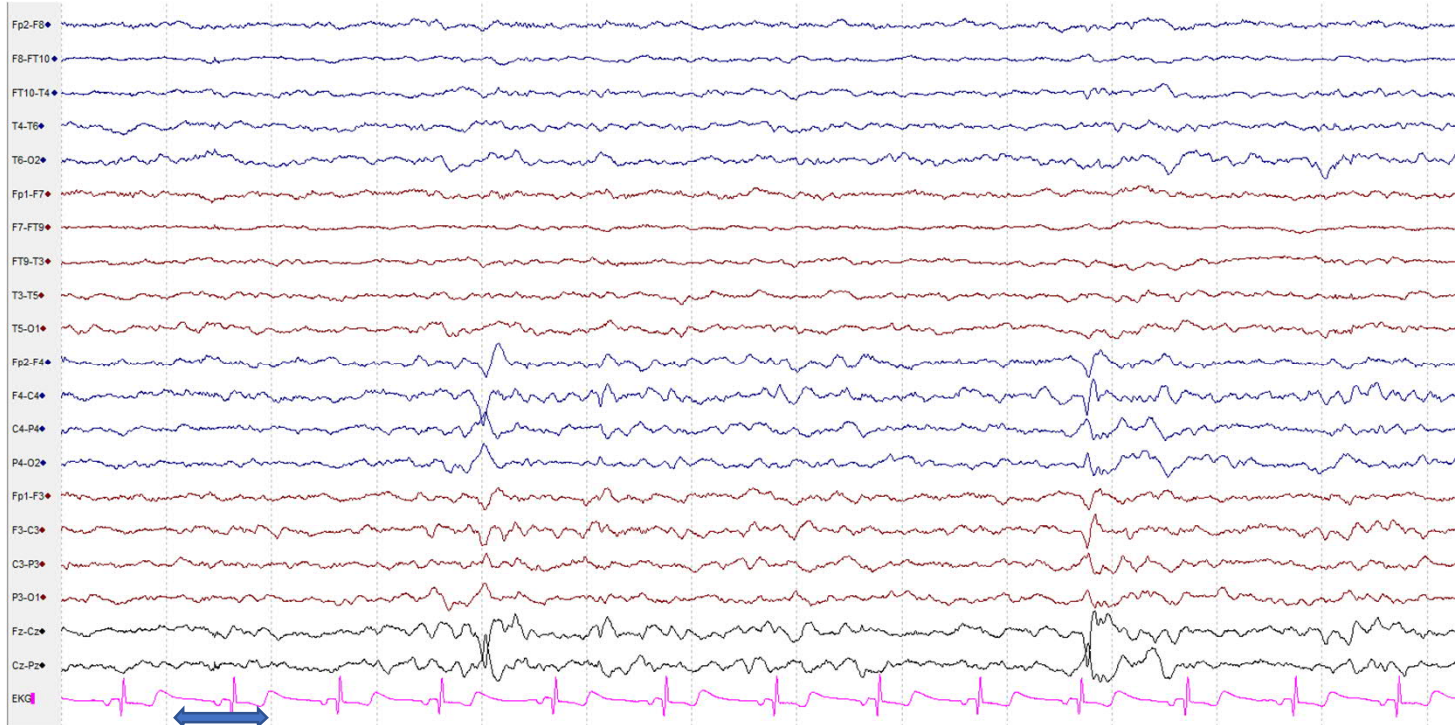
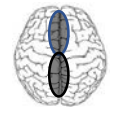
Oikea



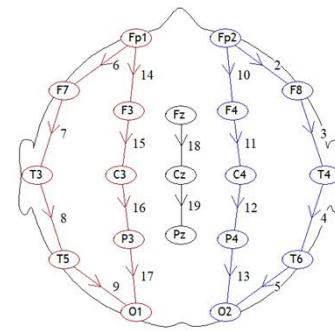
Vasen



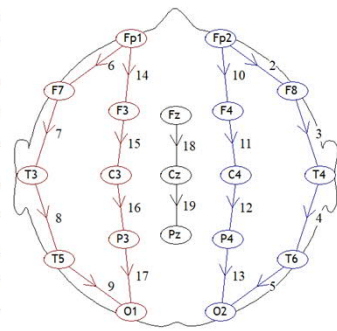
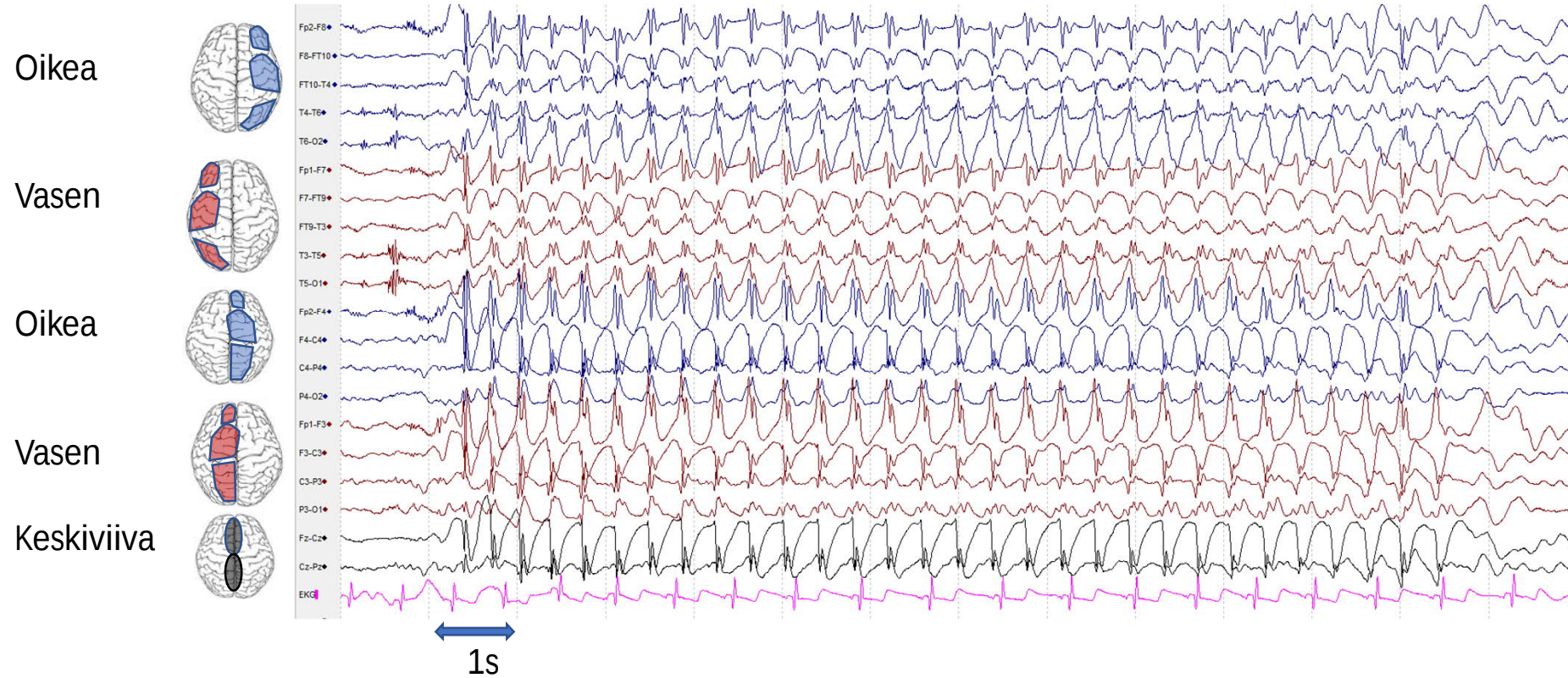
Keskiviiva



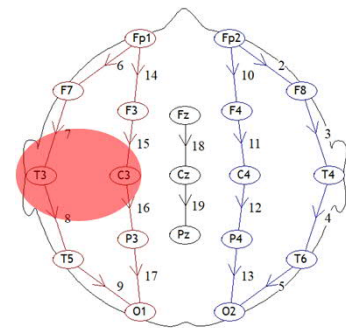
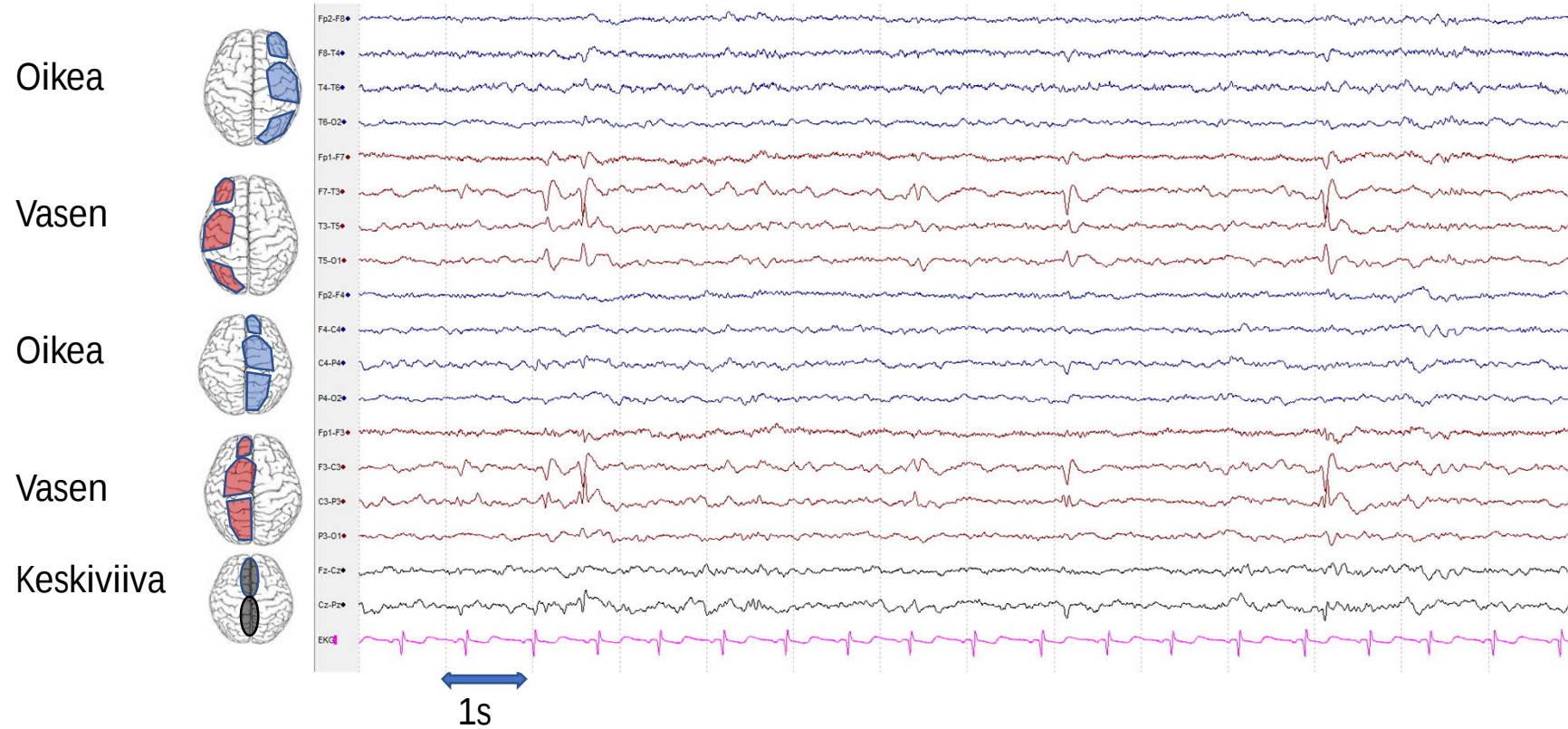
1s



Poikkeava EEG: epilepsiaukohtaus



Poikkeava EEG: kohtausten välinen löydös



EEG häiriötyypit

- Yleishäiriöt
 - tajunnanhäiriöissä
 - metaboliset, toksiset syyt
 - osassa kehityshäiriöitä
 - osassa epilepsiasyndroomia
- Paikallishäiriöt
 - aivojen hankittu vaurio (infarkti, vuoto)
 - tuumorit
 - aivojen kehityshäiriö
- Piikit ja purkaukset
 - liittyvät usein epilepsiaan
 - mutta kaikilla epileptikoilla ei ole muutoksia kaikissa tutkimuksissa!

Nuori, aiemmin terve potilas muuttunut sekavaksi –harhaillut ruokalassa tarjottimen kanssa.
Vastailee yksitavuisesti, hitaasti.
Motorisia oireita tai puutosoireita ei ole.

Kuvantamisessa ja laboratoriotutkimuksissa ei näy selittävää.

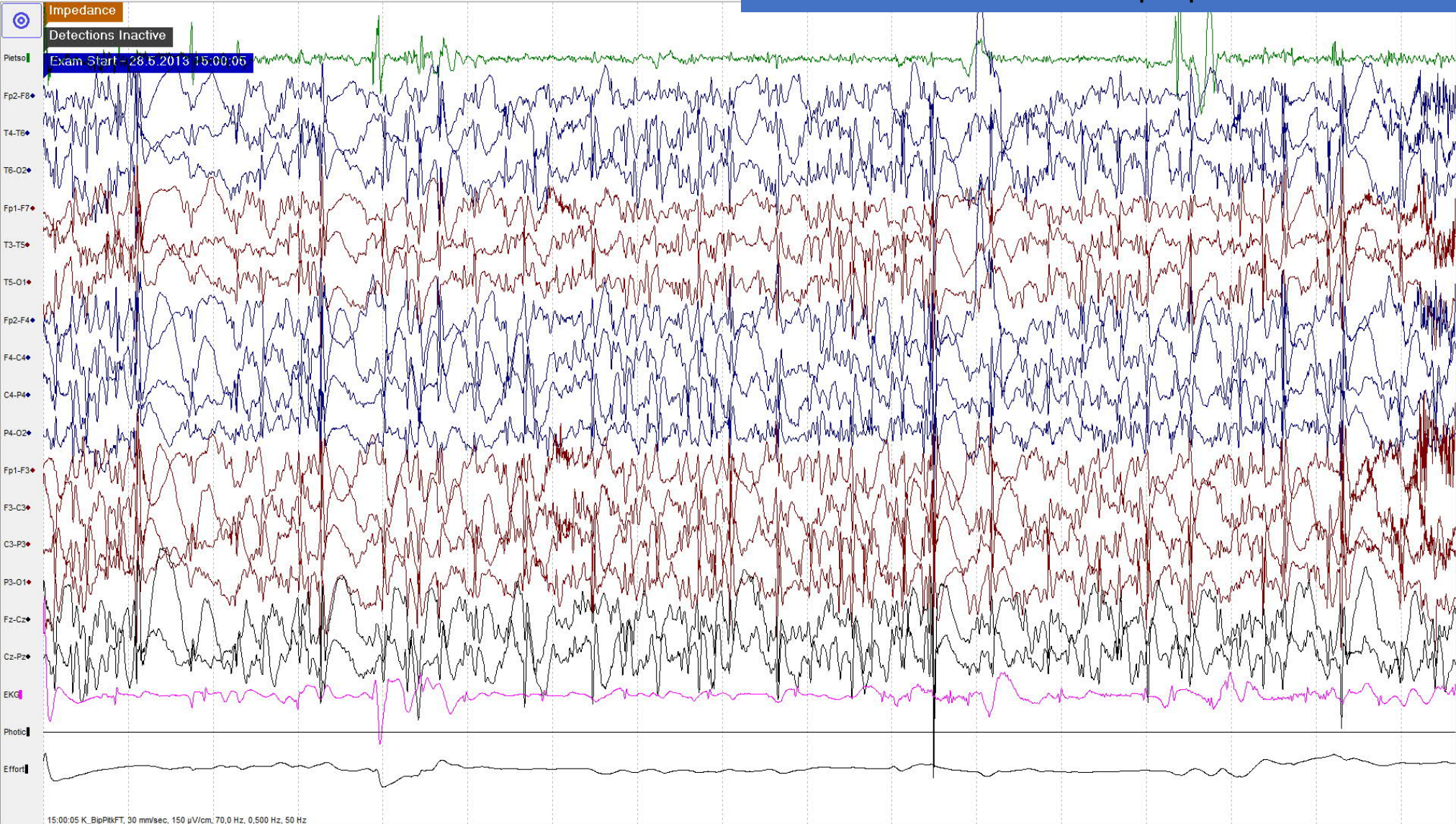
Pohdinta:

Mitä mahdollisia syitä poikkeavalle olemukselle voisi olla?

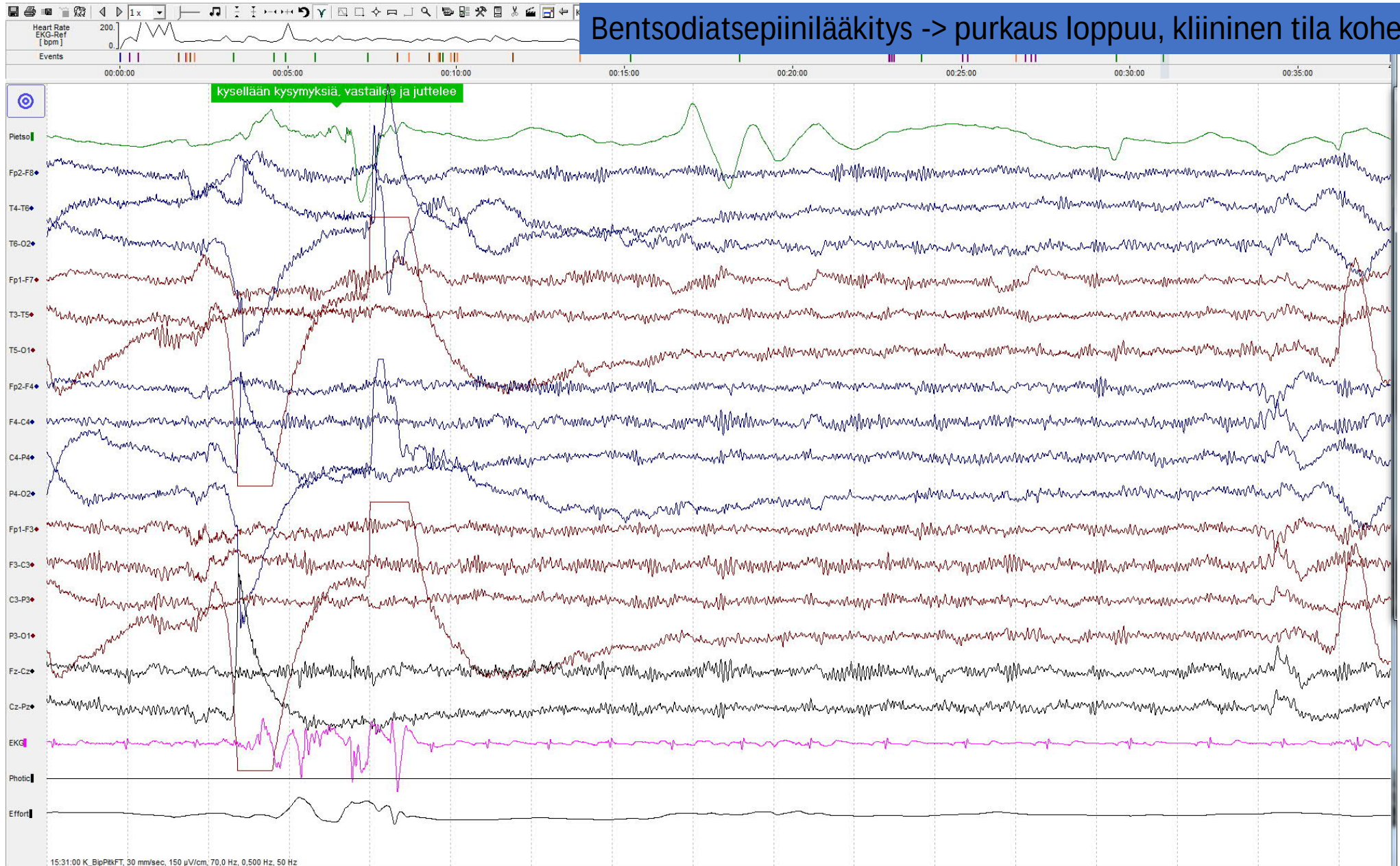
Miten asiaa voisi tutkia?



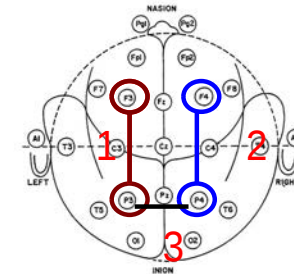
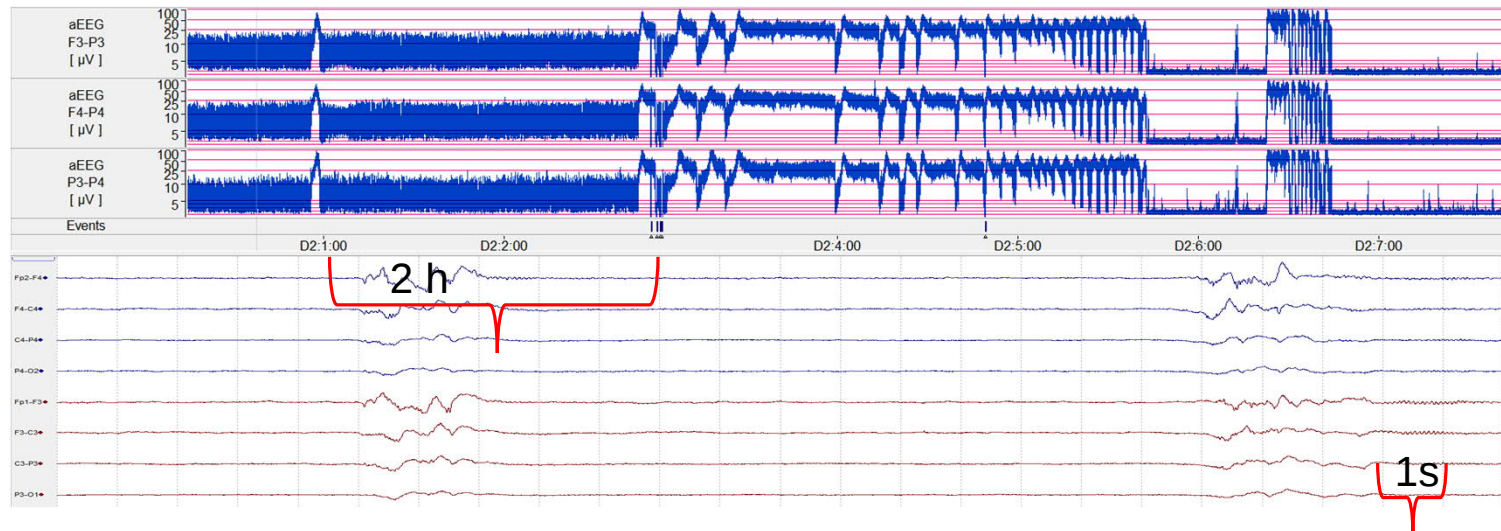
Ensimmäisestä EEG-sivusta alkaen jatkuva purkaus
= nonkonvulsiivinen status epilepticus



Bentsodiatsepiinilääkitys -> purkaus loppuu, kliininen tila kohenee



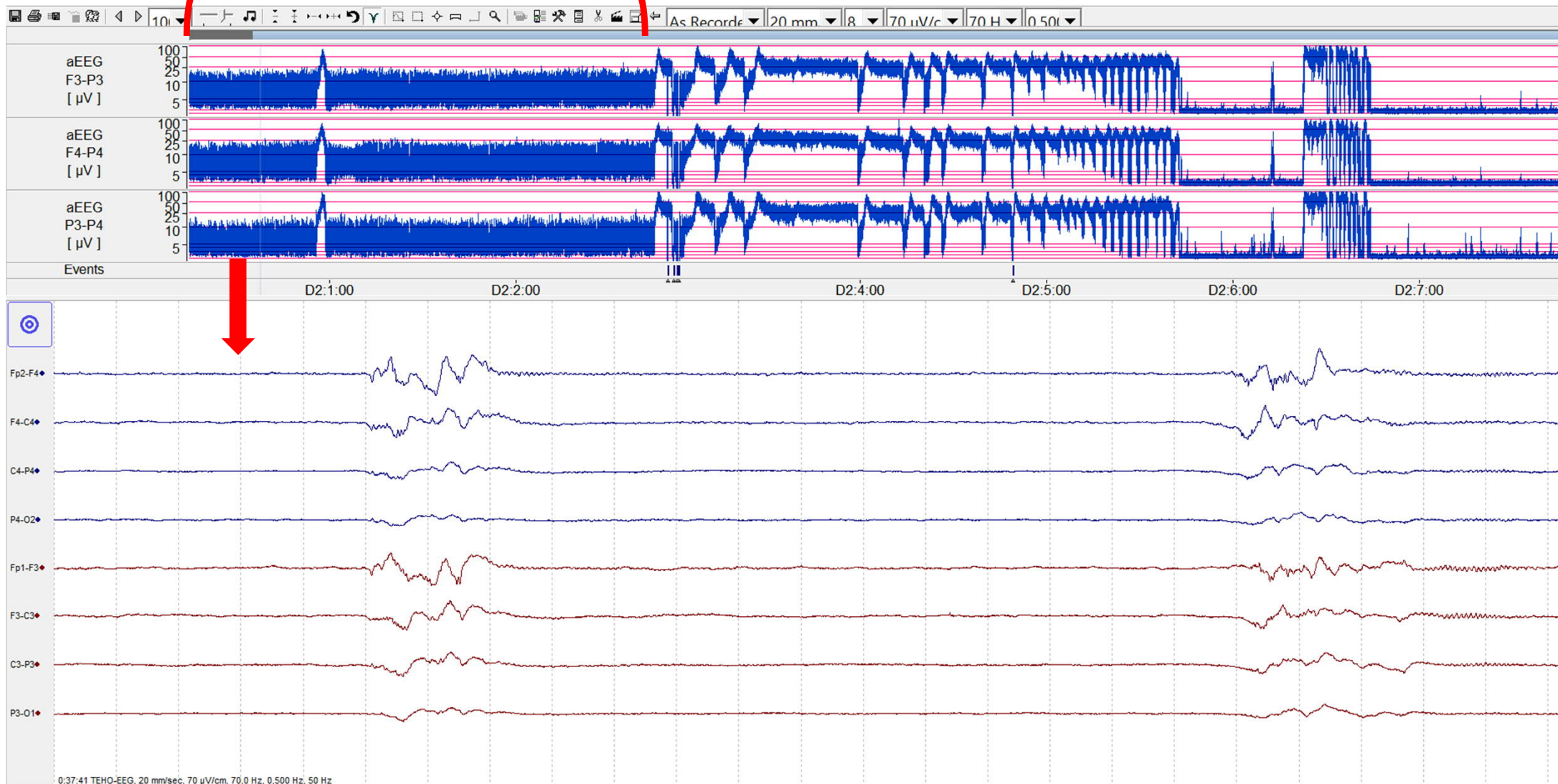
Pitkäaikainen EEG-monitorointi ja aEEG teho-osastoseurantaan



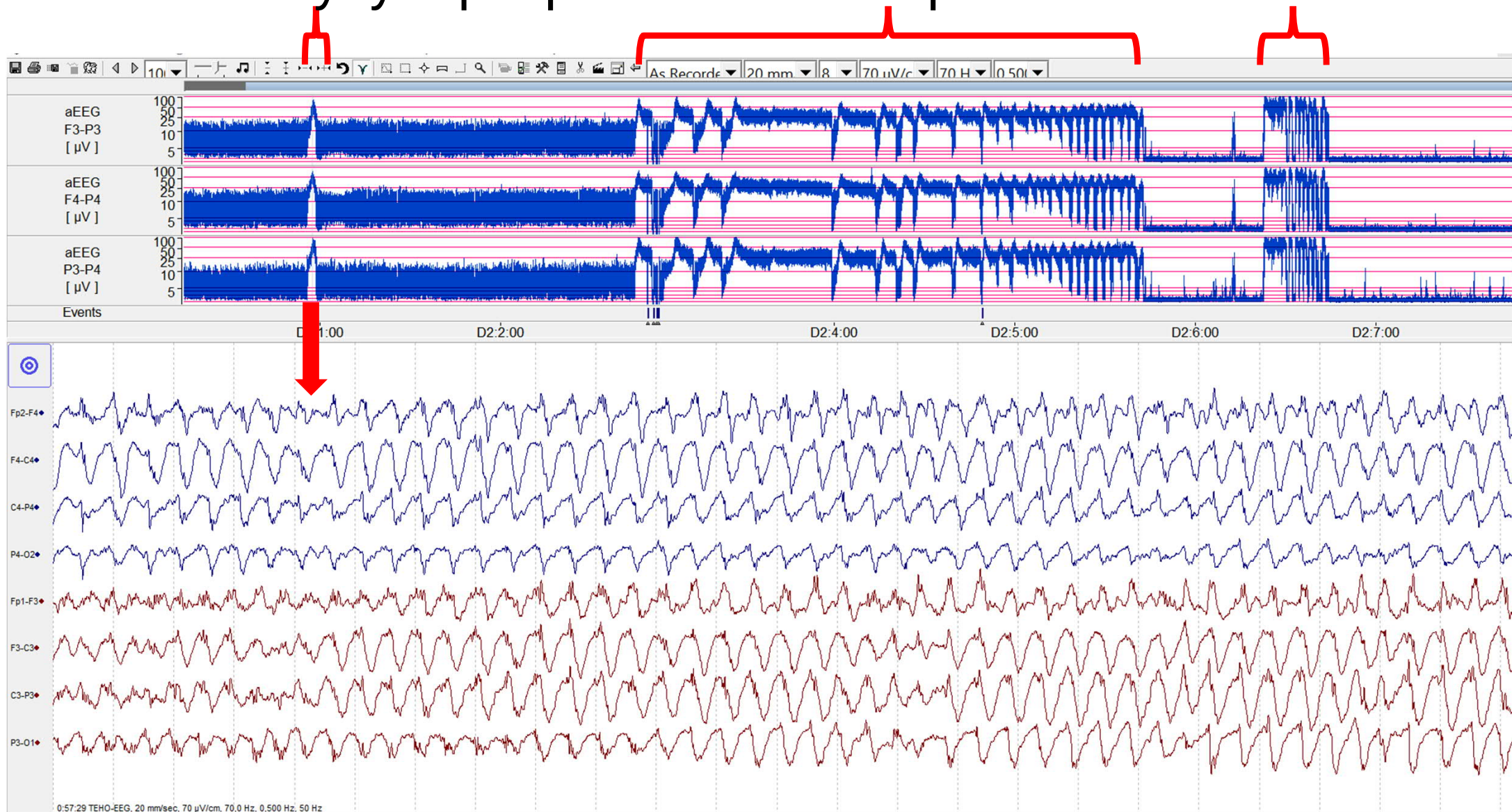
- Tieteellisen tutkimuksen kautta kehitetty kliniseen käyttöön
- 4 mittauskanavan riittävyys purkausten analysointiin
- Tuntoherätevasteiden samanaikainen tutkimus (EEG-SEP) tuo ennusteellista lisäarvoa
- Kehitteillä analysointialgoritmit ja tekoälysovellukset

(Stevenson, Lauronen, Vanhatalo 2018; Malone, 2009; Nevalainen, Lauronen, Vanhatalo 2017, 2018, 2019, 2020, 2022)

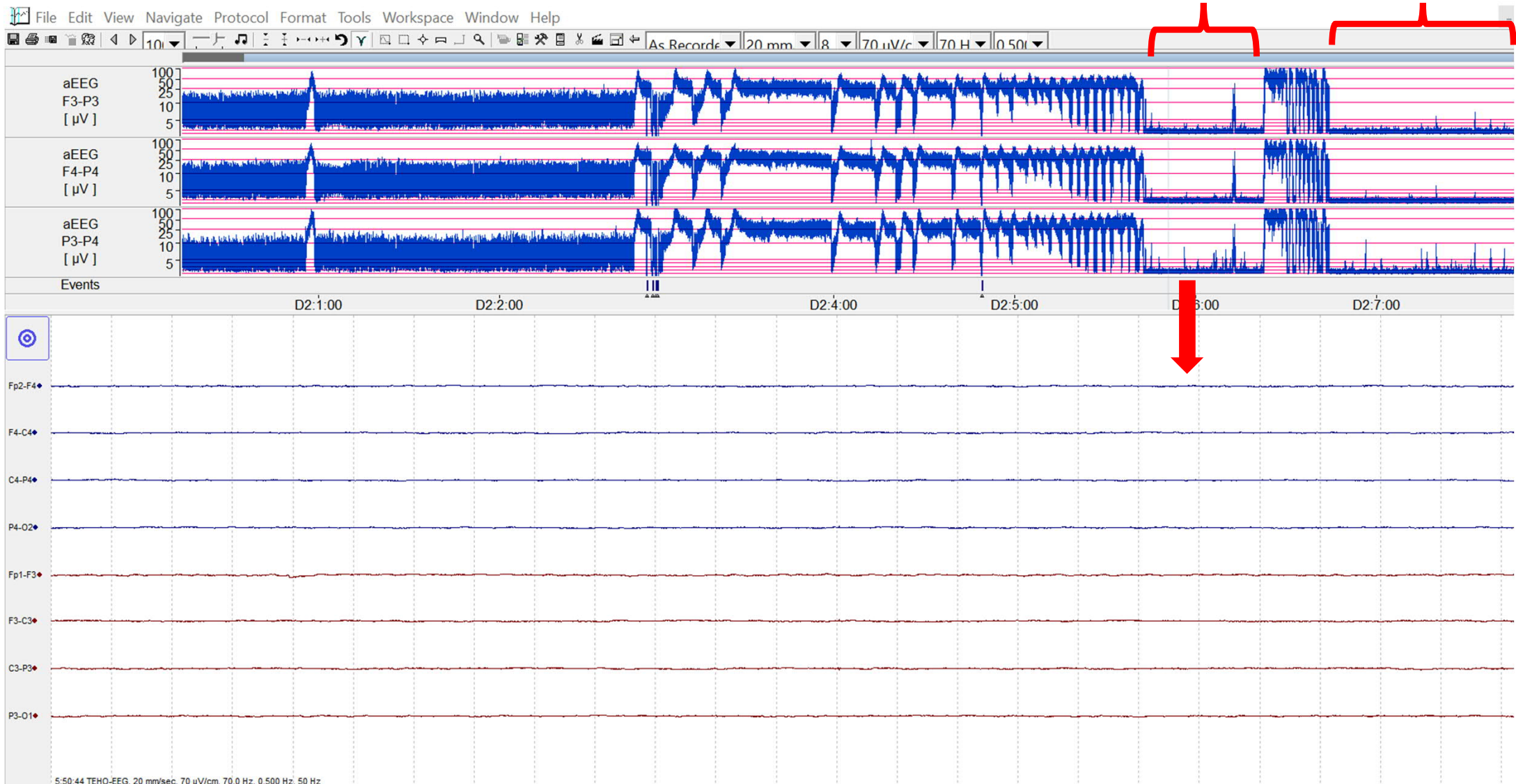
Pitkittynyt epileptinen kohtaus: purske-vaimentuma



Pitkittynyt epileptinen kohtaus: purkauksia

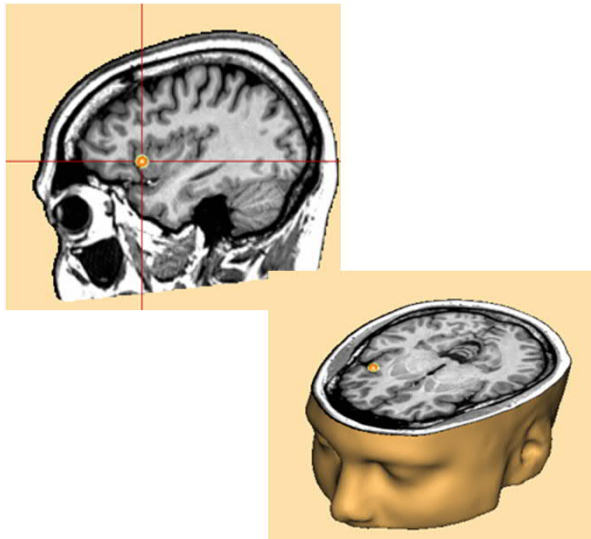


Pitkittynyt epileptinen kohtaus: inaktiivinen EEG

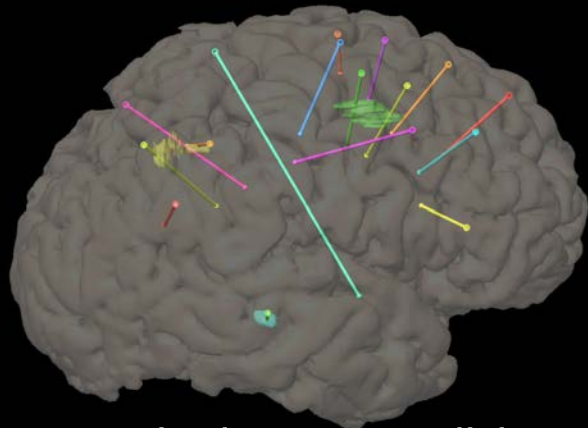


Aivotoiminnan tarkka paikannus hoitoresistenteissä tilanteissa: preoperatiiviset tutkimukset ennen kirurgiaa

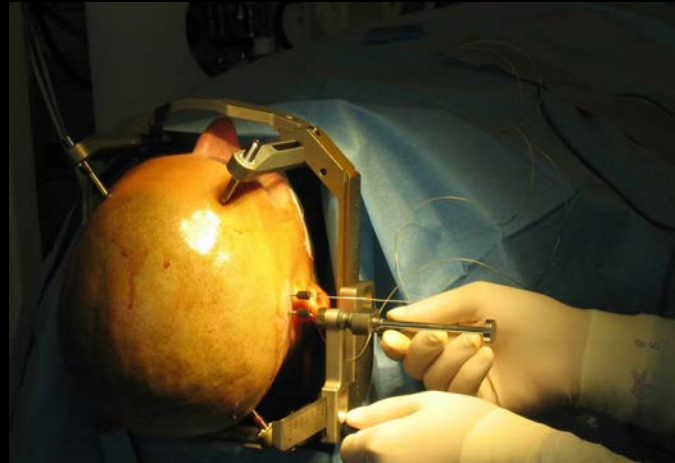
- Epilepsia-alueen paikannus
 - Magnetoencefalografia (MEG)
 - Kallonsisäiset EEG-tutkimukset
- Toiminnallisten alueiden paikannus
 - MEG
 - nTMS
 - motorinen
 - kieli



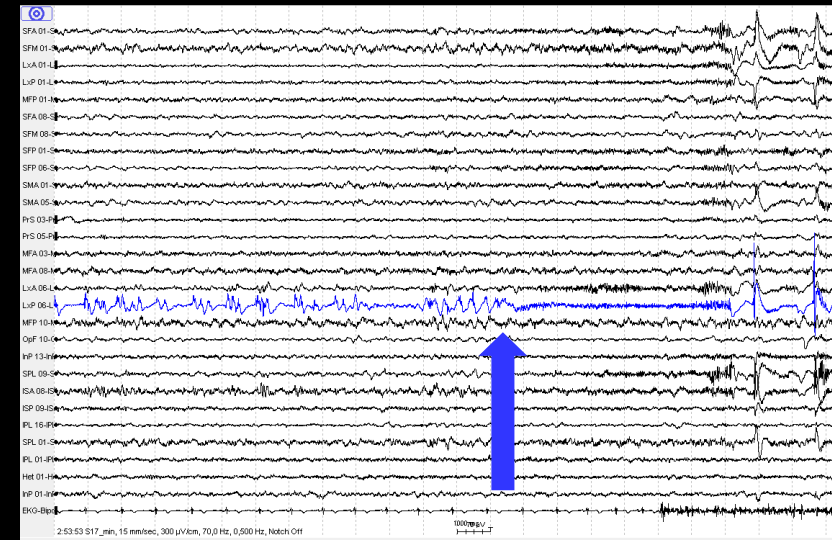
Epilepsiapesäkkeen paikannus kallonsisäisesti



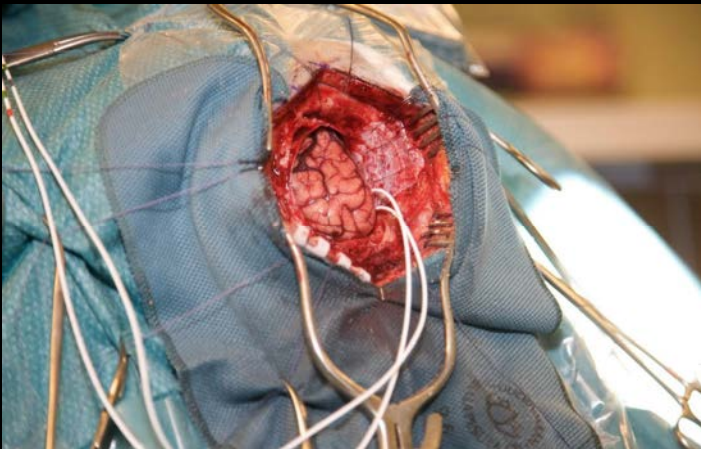
1. Suunnittelu preoperatiivisten tutkimusten perusteella



2. Neurokirurginen implantaatio



3. SEEG-rekisteröinti -> leikkaussuunnitelma



4. Leikkaus ja mahdollinen EEG tai IOM

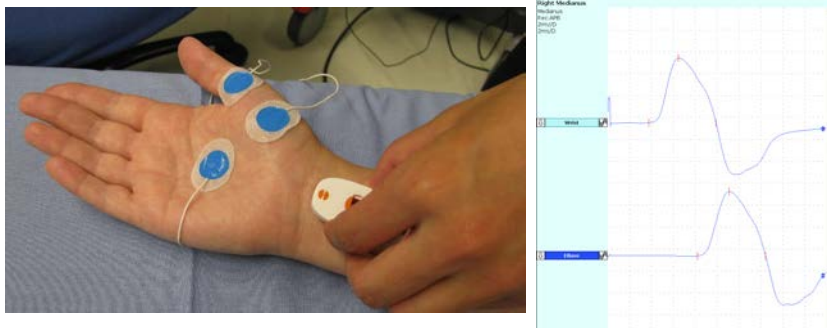
Tutkimustyö kehitykseen

- SEEG: insula-epilepsia (Peltola 2020)
- Analysointimenetelmät
 - HFOt (Nevalainen 2020)
 - DFA (Auno 2021)
 - SAM-epi (Wilenius 2020)

ElektroNeuroMyoGrafia=ENMG=Hermoratatutkimus

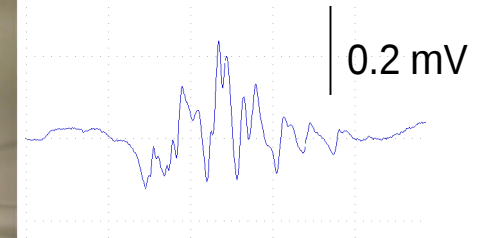
ElektroNeuroGrafia (ENG)

- Motoristen ja sensoristen hermojen johtonopeusmittaukset
- Pääosin tarraelektrodit ja sähköstimulaatio



ElektroMyoGrafia (EMG)

- Lihasten sähköisen aktiivisuuden tutkimus
- Neulatutkimus



Neuromuskulaarinen oire

Puutuminen

Heikkous

Lihäsväsyvyys

Tunnottomuus

Kömpelyys

Lihaskrampit

Säteilevä kipu

Ihotunnon muutos

Lihäarkuus

Neuropatia

Neuromuskulaarinen
transmissiohäiriö

Lihätauti

Polyneuropatia
Mononeuropatia
Radikulopatia
Pleksopatia
Neuronopatia

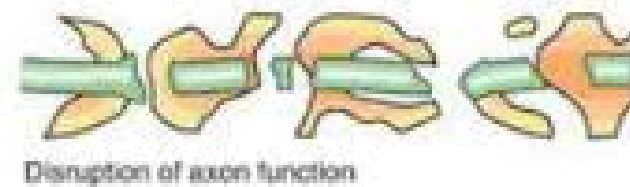
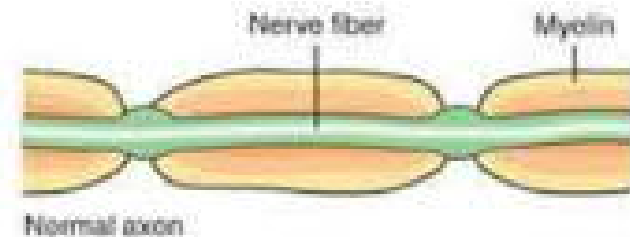
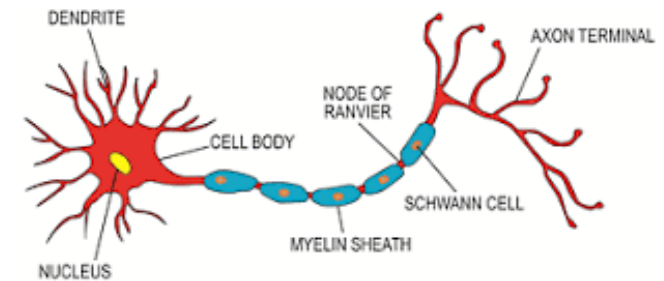
Presynaptinen
Synaptinen
Postsynaptinen

Yleistynyt/kohdentunut
Proksimaalinen/distaalinen
Yläraaja/alaraaja



Neuropatia ENMG:ssa

- Sensorinen vs motorinen (-painotteinen?)
- Aksonaalinen vs demyelinoiva
- Akuutti vs krooninen



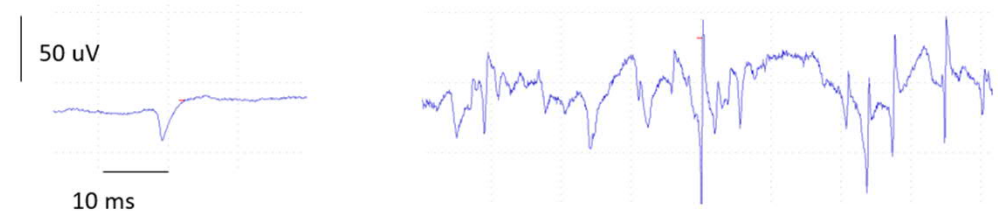
Hermovauriot ja pinnetilat –eri vauriotyypit

	Vauriotyyppi	Vaurion aiheuttaja	Paraneminen?
Neurapraksia	Johtumiskatkos Demyelinaatio	Pinnetila Painevaurio	Paranee nopeasti (vrk- viikkoja) entiselleen
Aksonotmeesi	Aksonivaurio (hermon tukirakenteita ehjänä)	Vahva-asteinen pinnetila Juurivaurio Osittainen hermovaurio	Osittainen vaurio paranee, mutta hitaasti Mitä suurempi osa hermoa vaurioitunut sitä heikompi paraneminen
Neurotmeesi	Hermo kokonaan poikki	Leikkautumisvamma	Ei mahdollisuutta spontaaniin paranemiseen

Aksonaalinen vaurio EMG:ssa: ajoitus

- Aivan tuore vaurio
 - ei fibrillaatioita (koska Wallerian degeneraatio ei ole ehtinyt tapahtua)
 - yksikkökato

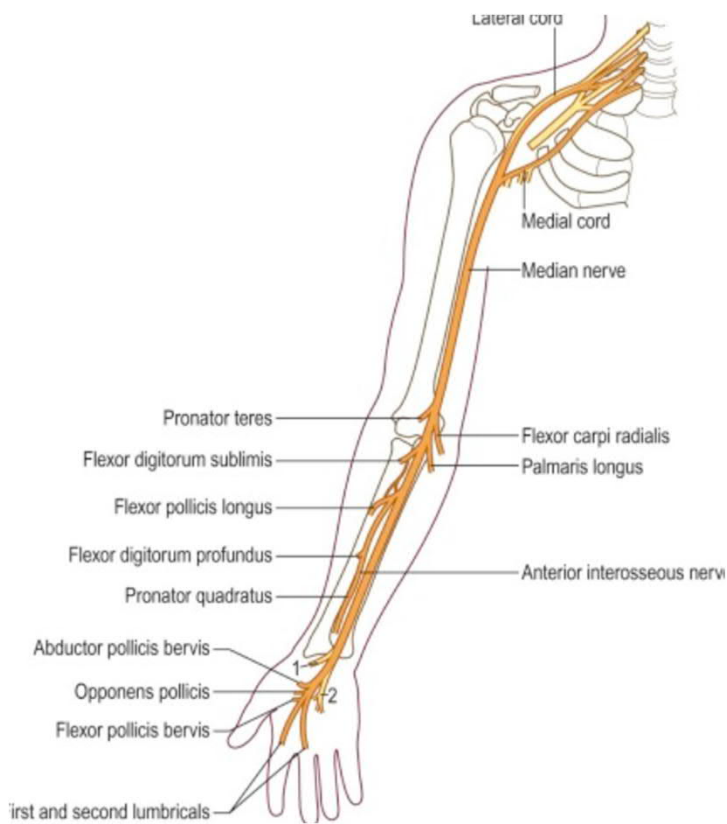
- Tuore vaurio 3vk (3 vrk)-12 kk
 - fibrillaatioita
 - yksikkökato
 - ajan kuluessa korjaantumismuutoksia



- Vanha vaurio
 - korjaantumismuutoksia
 - polyfaasisia motorisia yksiköitä
 - korkea-amplitudisia motorisia yksiköitä = jättyyksiköt
 - yksikkökadon aste riippuu alkuperäisen vaurion asteesta



Rannekanavaoireyhtymä



Medianushermon pinne
rannekanavassa

- tunnottomuus, puutuminen
- heikkous
- yöllä herää ravistelemaan kättä

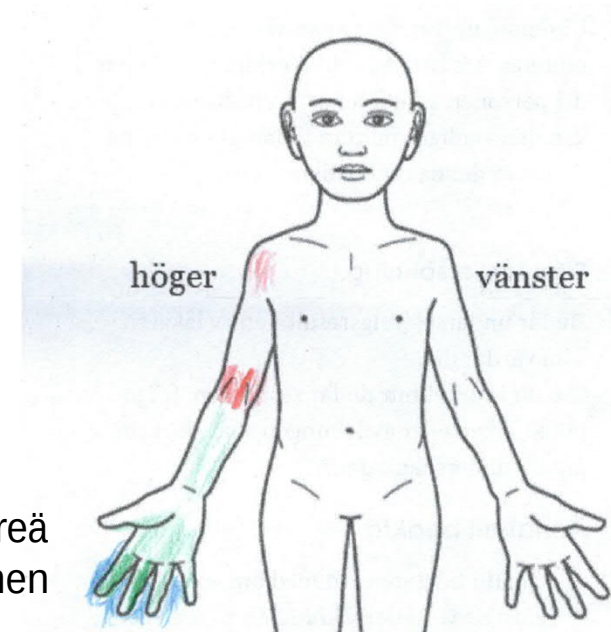


ENMG-potilasesimerkki: tasodiagnostiikkaa

- 73v mies
- Öisin ja päivisin puutumista oik. kädessä II-III sormissa, välillä kaikissa sormissa. Välillä kipua oik. kyynärvarressa lateraalisesti. Ei muita vammoja.
- Biceps +/+, brachioradialis -/-, puristusvoima, sormien liikkeet, yläraajojen lihasvoimat normaalit
- Kuvaa oik. käden sormia turraksi. Ihotunnossa ei saada puolieroa
- Kysymyksenasettelu (KNF): Löytyykö merkkiä hermonpinteestä?
- Diskus-tasolla vai perifeerisemmin C7:n alueella?

OIREKARTTA

Punainen = kipu
Puutuneisuus = vihreä
Tuntopuutos = sininen

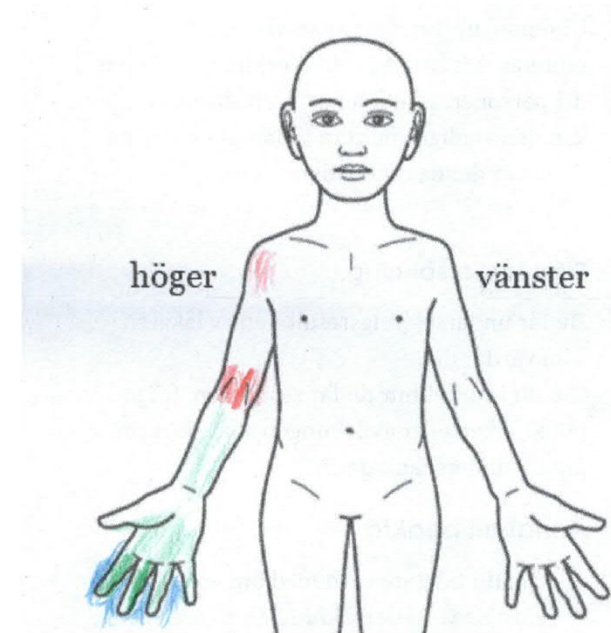


ENMG-potilasesimerkki: tasodiagnostiikkaa

- 73v mies
- Öisin ja päivisin puutumista oik. kädessä II-III sormissa, välillä kaikissa sormissa. Välillä kipua oik. kynnärvarressa lateraalisesti. Ei muita vammoja.
- Biceps +/+, brachioradialis -/-, puristusvoima, sormien liikkeet, yläraajojen lihasvoimat normaalit
- Kuvaa oik. käden sormia turraksi. Ihotunnossa ei saada puolieroa
- Kysymyksenasettelu (KNF): Löytyykö merkkiä hermonpinteestä?
- Diskus-tasolla vai perifeerisemmin C7:n alueella?

ENMG-vastaus

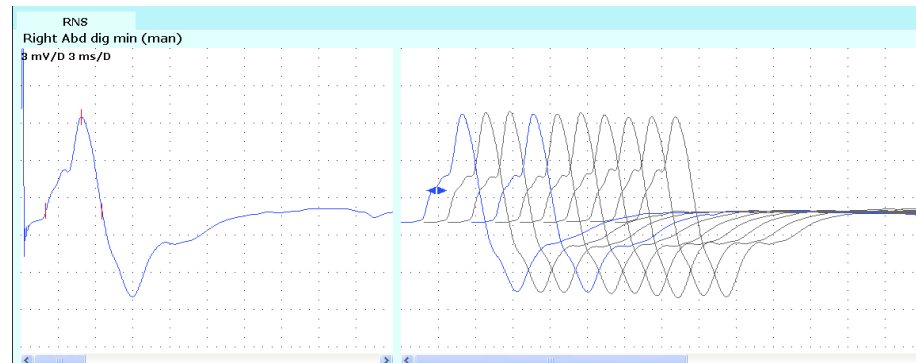
Löydös sopii rannekanavaoireyhtymään oikealla: n. medianuksen pinnetila rannekanavassa vahva-asteinen
-Ei juurivaurioon viittaavia löydöksiä



Neuromuskulaarijunktion tutkiminen: Toistostimulaatio

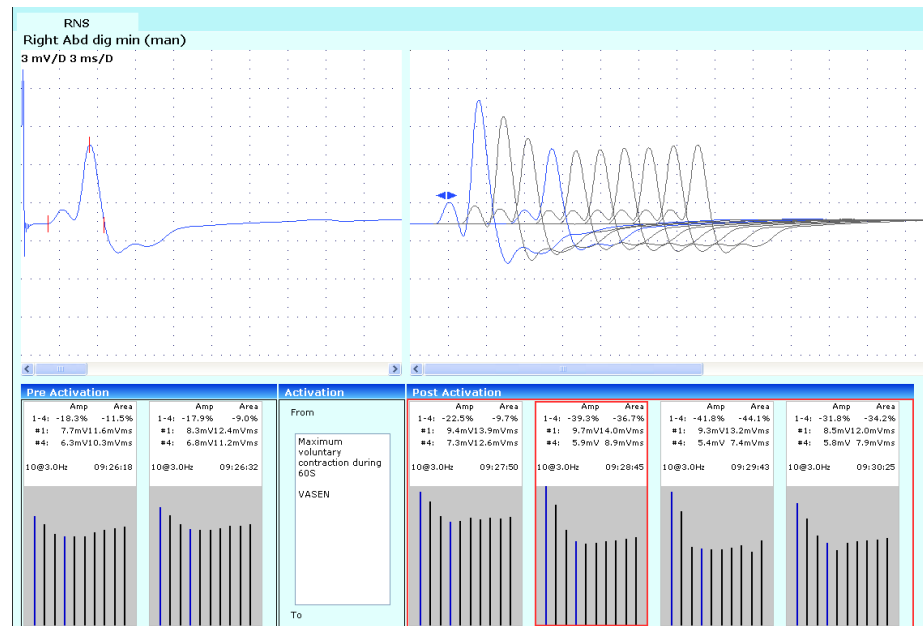
NORMAALI

- vaste toistuu samanlaisena



POIKKEAVA: Myasthenia gravis

- vasteen amplitudi laskee
- Oireet poikkijuovaisen lihaksen poikkeavasta väsyvyydestä
- Vika hermolihasliitoksen postsynaptisella kalvolla lihassolun päätelevyn (endplate) asetyylikoliinireseptorien toiminnassa
- Poikkeava jitteröinti motorisessa yksikköpotentiaalissa EMG:ssa



ENMG – MILLOIN TILAAAN?



Kun olen keksinyt fokusoidun kysymyksenasettelun ☺

- suositeltavaa konsultoida etukäteen KNF-lääkärinä mikäli ei ole varma kysymyksenasettelusta
- puutteellisin tiedoin tehty tutkimus voi jäädä normaaliksi + estää oikean tutkimuksen
- ENMG-tutkimus suunnitellaan potilaskohtaisesti

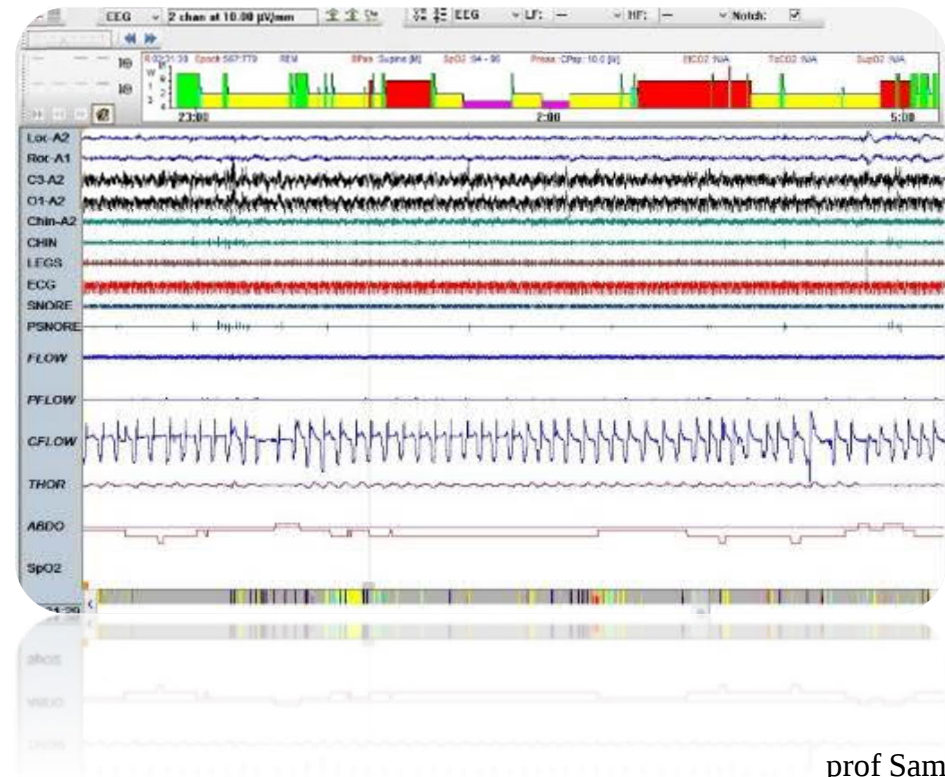
Nyrkkisääntö: 1 kk hermovauriosta kun myografia-muutokset ilmaantuneet

Päivystykselliset tilat: jo 1 vkossa neurografiassa muutoksia

Uni- ja vireystutkimukset: väsymyksen tutkiminen

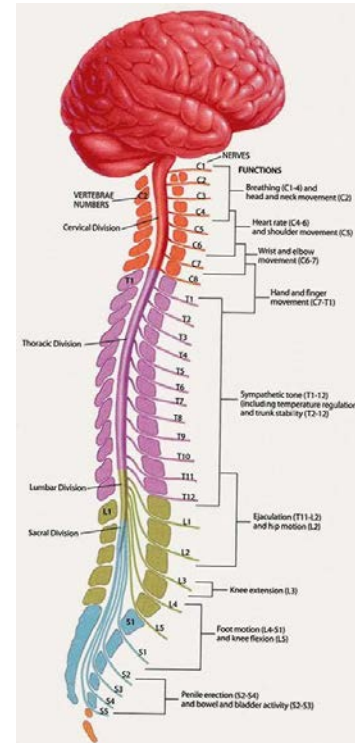
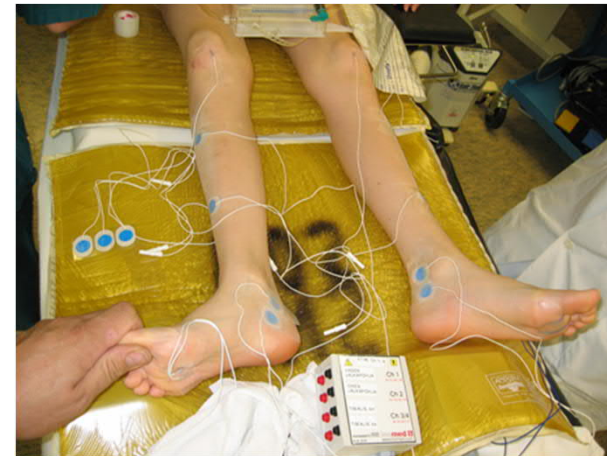
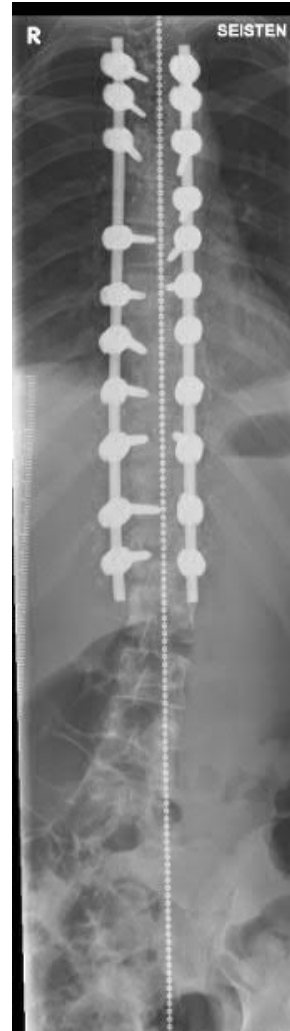


Uniapnea?
Levottomat jalat sdr?
Narkolepsia?
Hypersomnia?
Ajokelpoinen?



prof Sampsa Vanhatalo

Selkäleikkausten aikainen intraoperatiivinen monitorointi



KNF- tiedettä kehitykseen

- Kehittyvä keskushermosto
- Varhaisten vaurioiden vaikutus aivojen kehitykseen
- Rappeuttavien aivosairauksien diagnostiikka ja niiden aiheuttamat muutokset
- Tekoälyn ja laskennallisten keinojen käyttö neurofysiologisessa tutkimuksessa ja diagnostiikassa
- Ääreishermoston vauriot ja niiden diagnostiikka
- Unen häiriöt ja niiden vaikutukset

Yhteenveto

- KNF-tutkimuksilla voi selvittää keskus- ja ääreishermoston toimintaa
- Tutkimuksilla pystytään vastaamaan spesifisiin kysymyksiin
 - ajatus takana lähetettä tehdessä → aina voi konsultoida tarvittaessa
- EEG on tärkein tutkimus kohtausoireiden epileptisyyttä selvittäessä
- ENMG:lla selvitetään ääreishermoston ongelmia
- KNF on kehittyvä ala: tutkimus- ja analysointimenetelmien jatkuva kehitys tuo uusia mahdollisuuksia diagnostiikkaan ja seurantaan