

Neurodiagnostiikka I

Kliininen Neurofysiologia (KNF) neurologisessa diagnostiikassa

Leena Lauronen, prof, yl
Kliininen Neurofysiologia, ULS

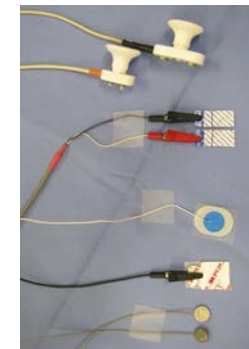
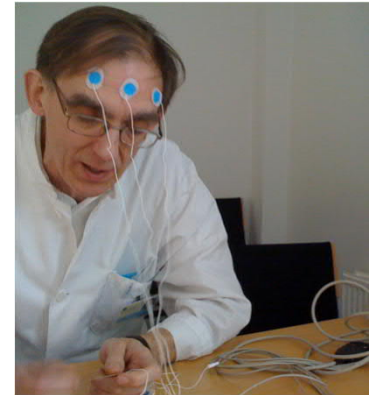
KNF-ryhmäopetuspaikka:

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



Klininen Neurofysiologia -KNF

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



työntekijä Erika Haaksiluoto



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

Kliiniset KNF-tutkimukset

- Keskus- ja ääreishermoston tutkimukset
 - EEG (elektroenkefalografia)
 - ENMG (elektroneuromyografia)
 - Herätevastetutkimukset (SEP, VEP, BAEP, MEP)
 - TMS (transkraniaalinen magneettistimulaatio)
 - navigoitu ja repetitiivinen
 - MEG (magnetoenkefalografia)
 - VEEG (video-EEG)
 - SEEG (stereo-EEG)
- Unitutkimukset
 - Kotona tai osastolla tehtävät unipolygrafiat
 - Yöpolygrafiat
- Intraoperatiivinen monitorointi
 - Selkäytimen ja hermojuurten monitorointi
 - Skolioosileikkaukset
 - Tuumorileikkaukset
 - Aivomonitorointi
 - Primaaristen aivokuorialueiden paikannus
 - Epileptistä toimintaa aiheuttavan aivokuoren paikannus ja rajaus
 - Aivohermojen monitorointi

EEG = aivokuoren sähkötoiminnan mittaus

- *Kohtausoireet (epilepsia?)

- *Tajunnantila?

- *Tehohoidon seuranta

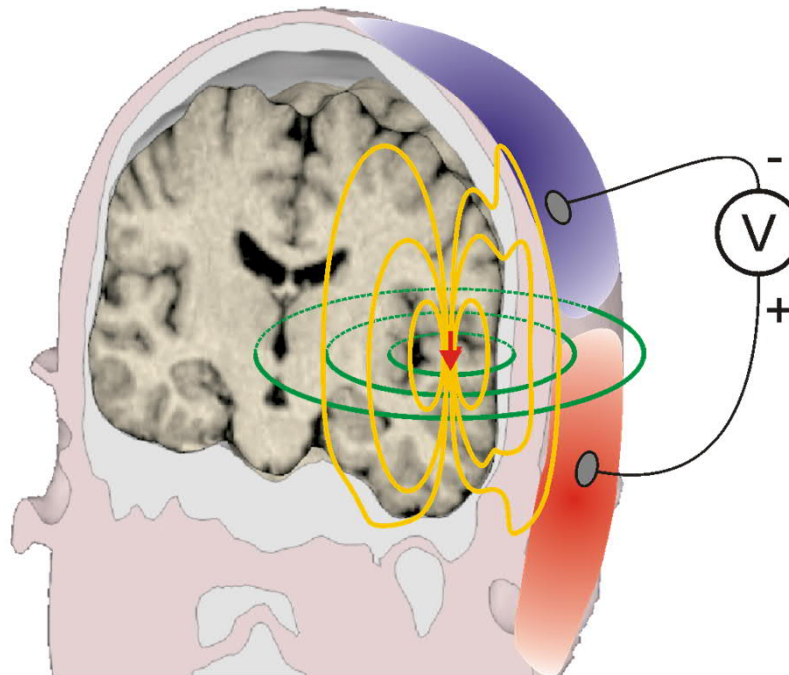
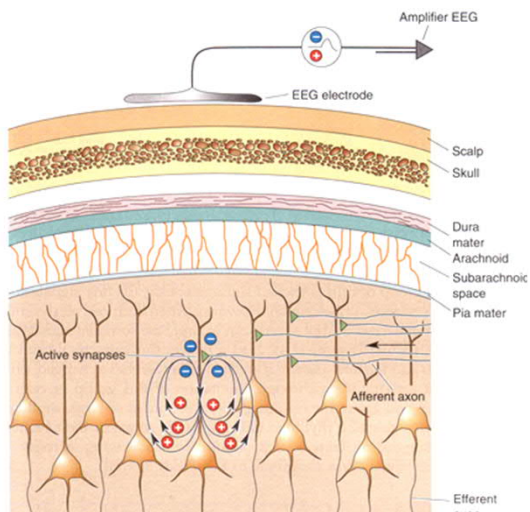
- *Enkefalopatiat

 - metaboliset, infektio, degeneraatio, aivovamma,
intoksikaatio*

- *Neurologiset kehityshäiriöt

Elektroenkefalografia (EEG) = aivosähkökäyrä

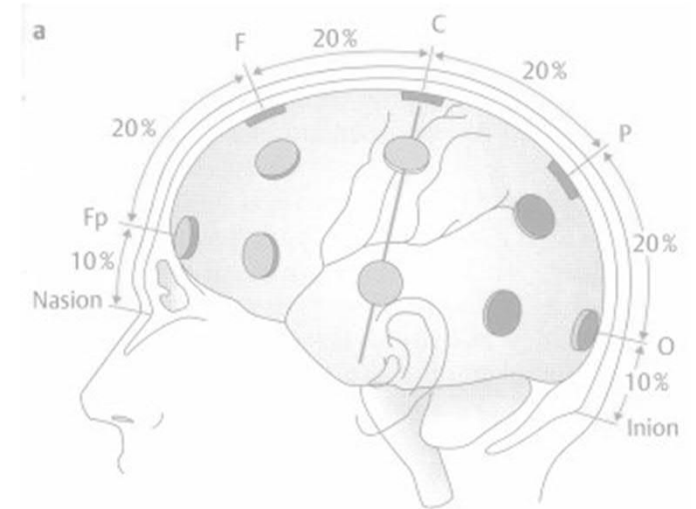
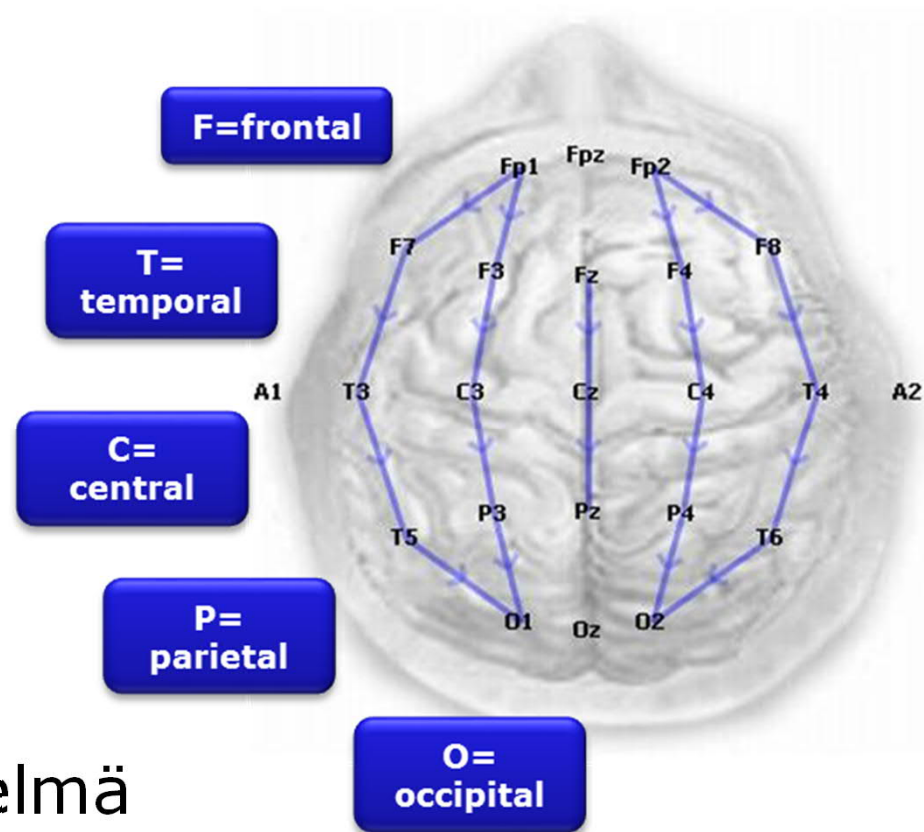
Aivokuoren aktiivisissa
hermosoluissa kulkevat
sähkövirrat...



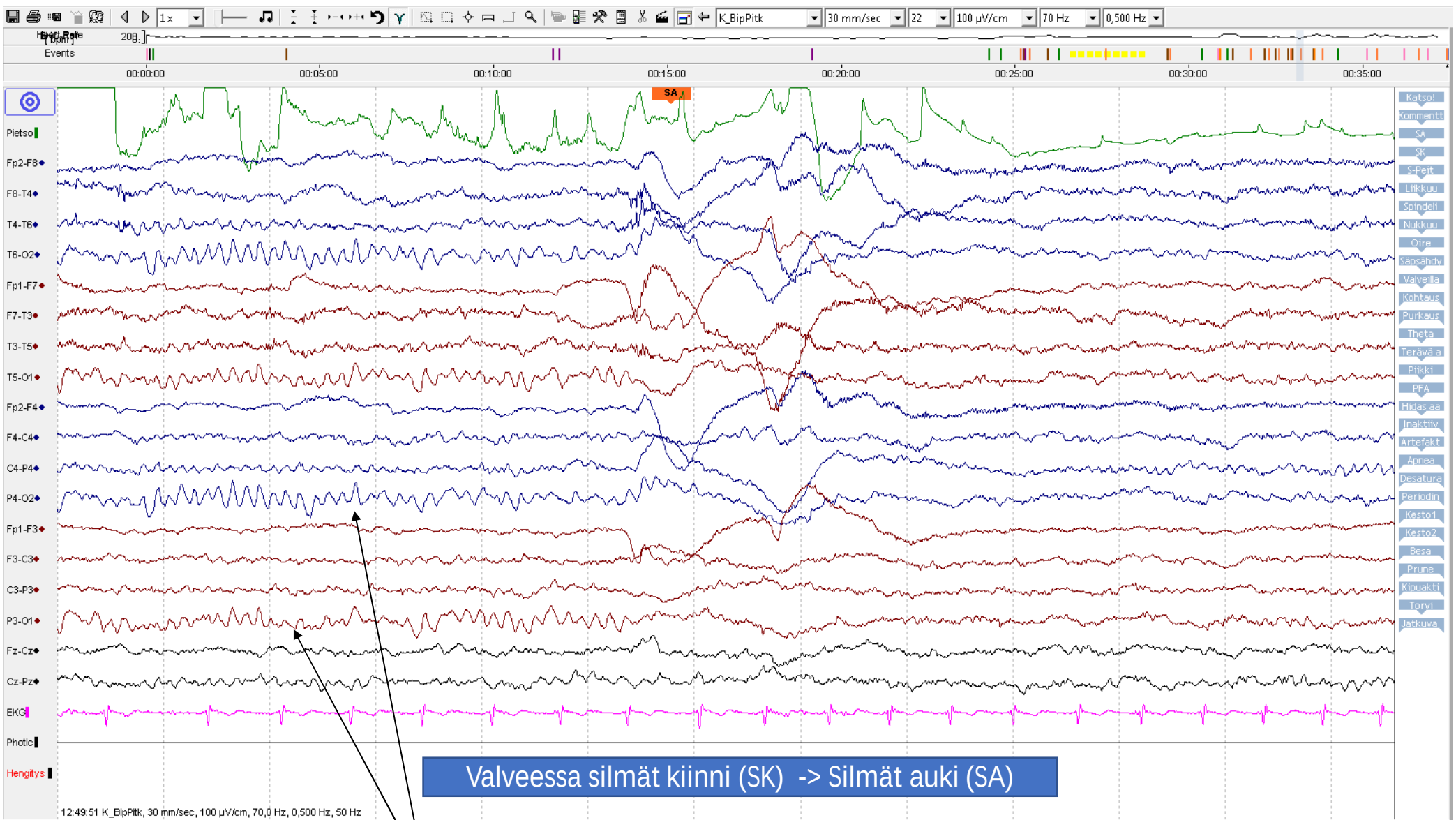
... synnyttävät pään
ulkopuolelta mitattavia kenttiä

EEG = potentiaali- ja jännite-erojen mittaaminen

EEG vs. aivojen alueet

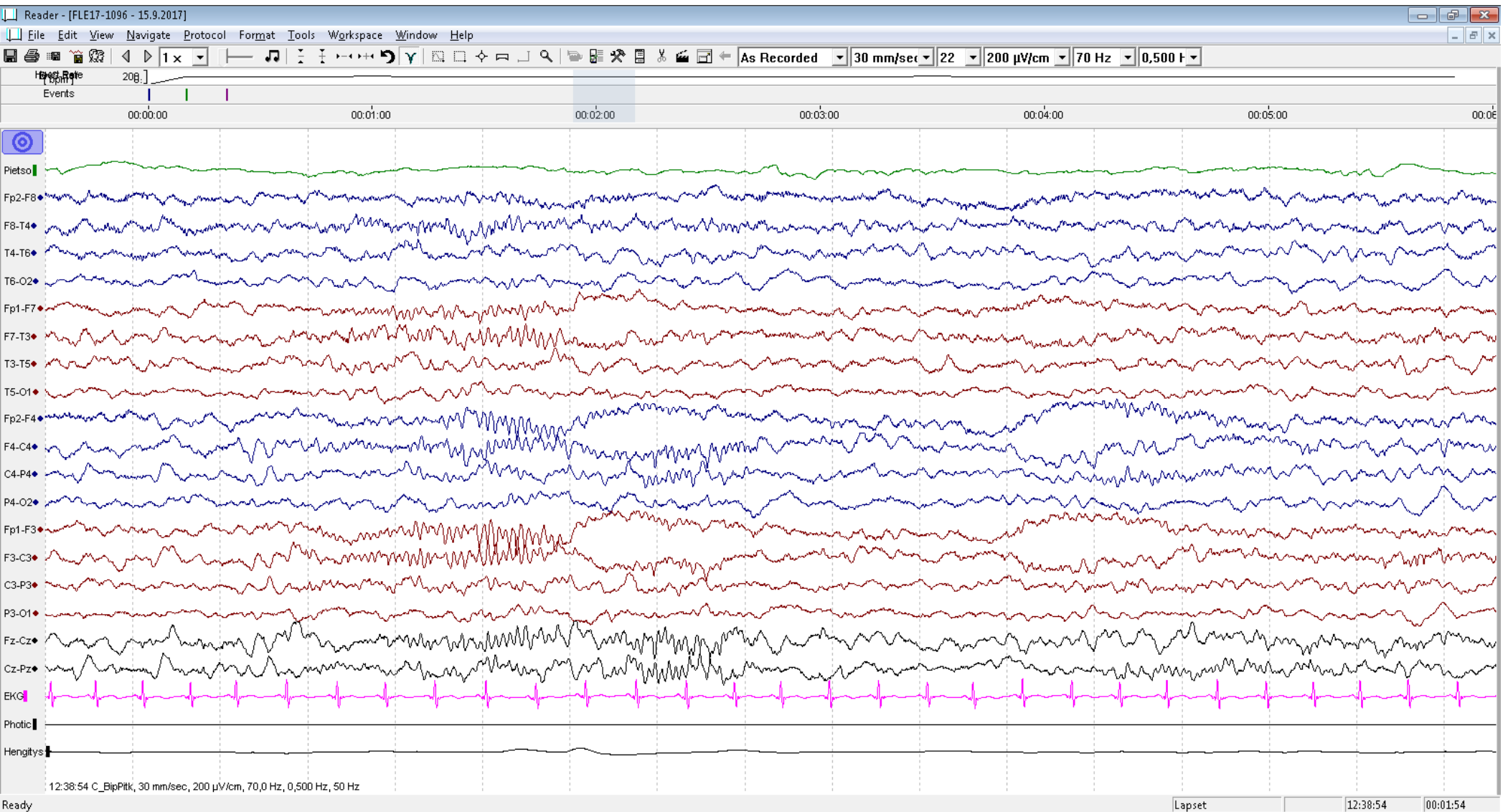


10-20-järjestelmä

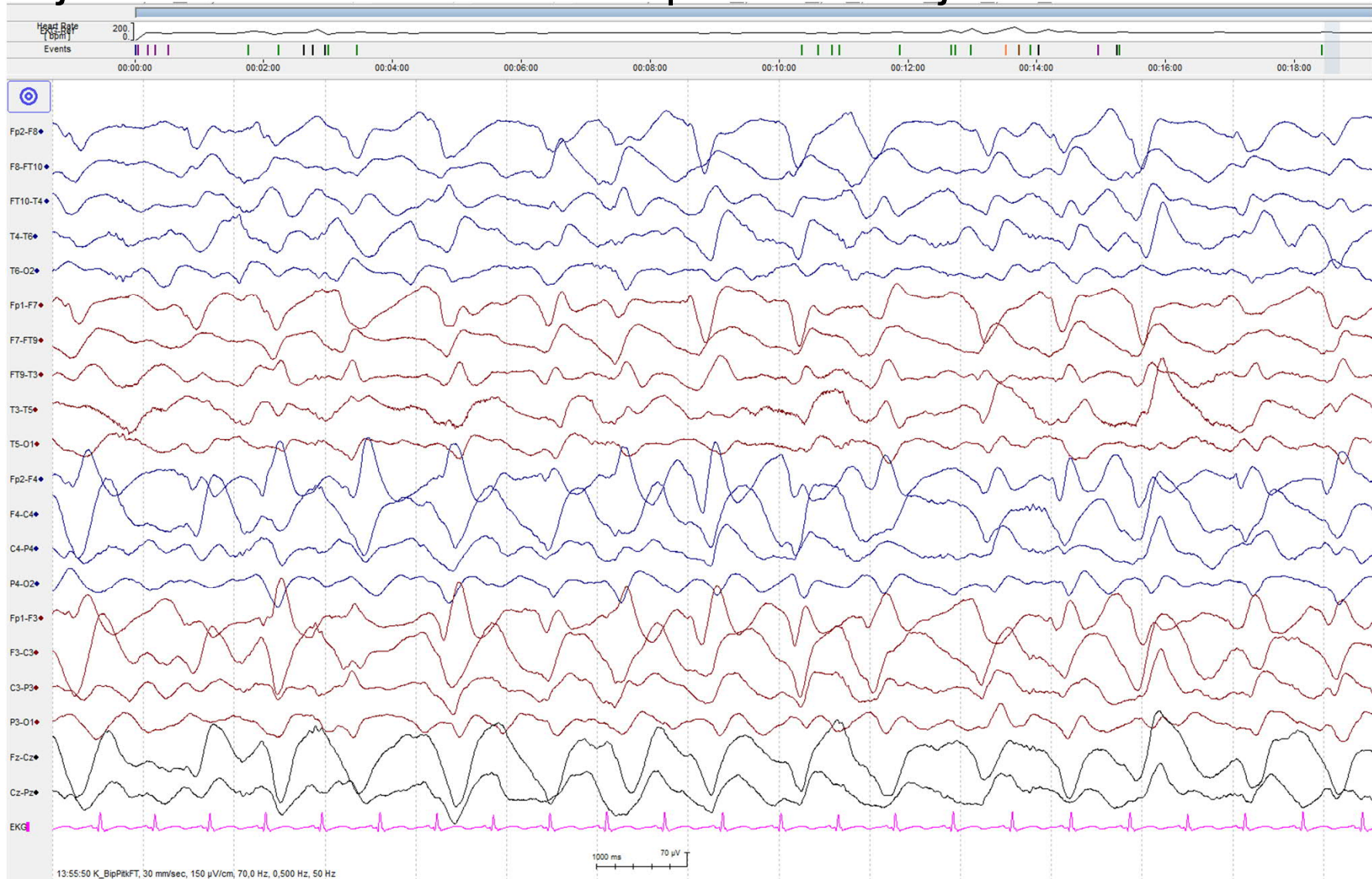


Takaosien rytmisen toiminta ("alfatoiminta") =talamokortikaalinen rytmi

EEG erilainen eri vireystiloissa: Silmät kiinni unessa -> EEG:ssa uni-ilmiöt



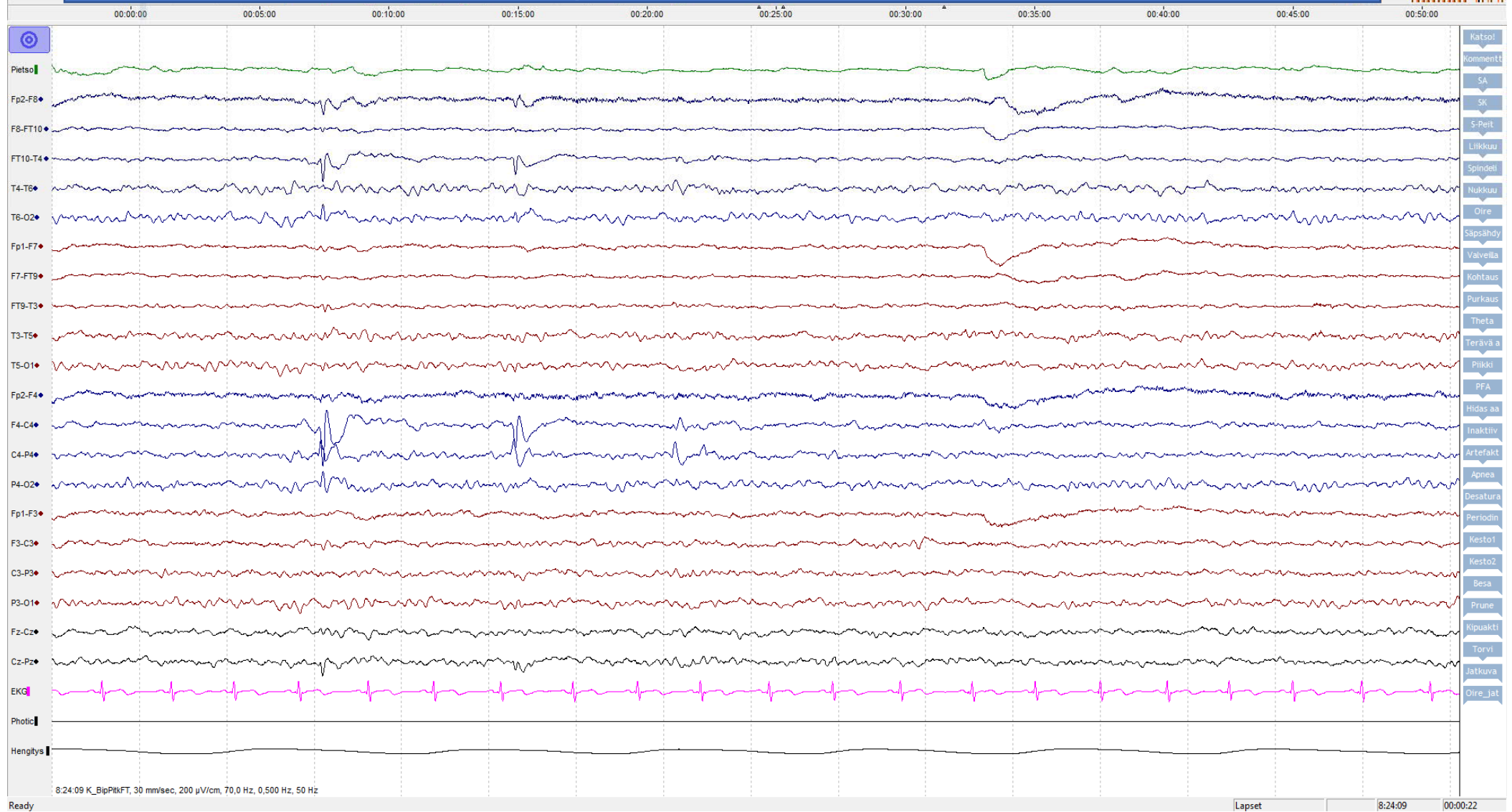
EEG tajunnantasoltaan alentuneella potilaalla: laaja hidastuminen



EEG häiriötyypit

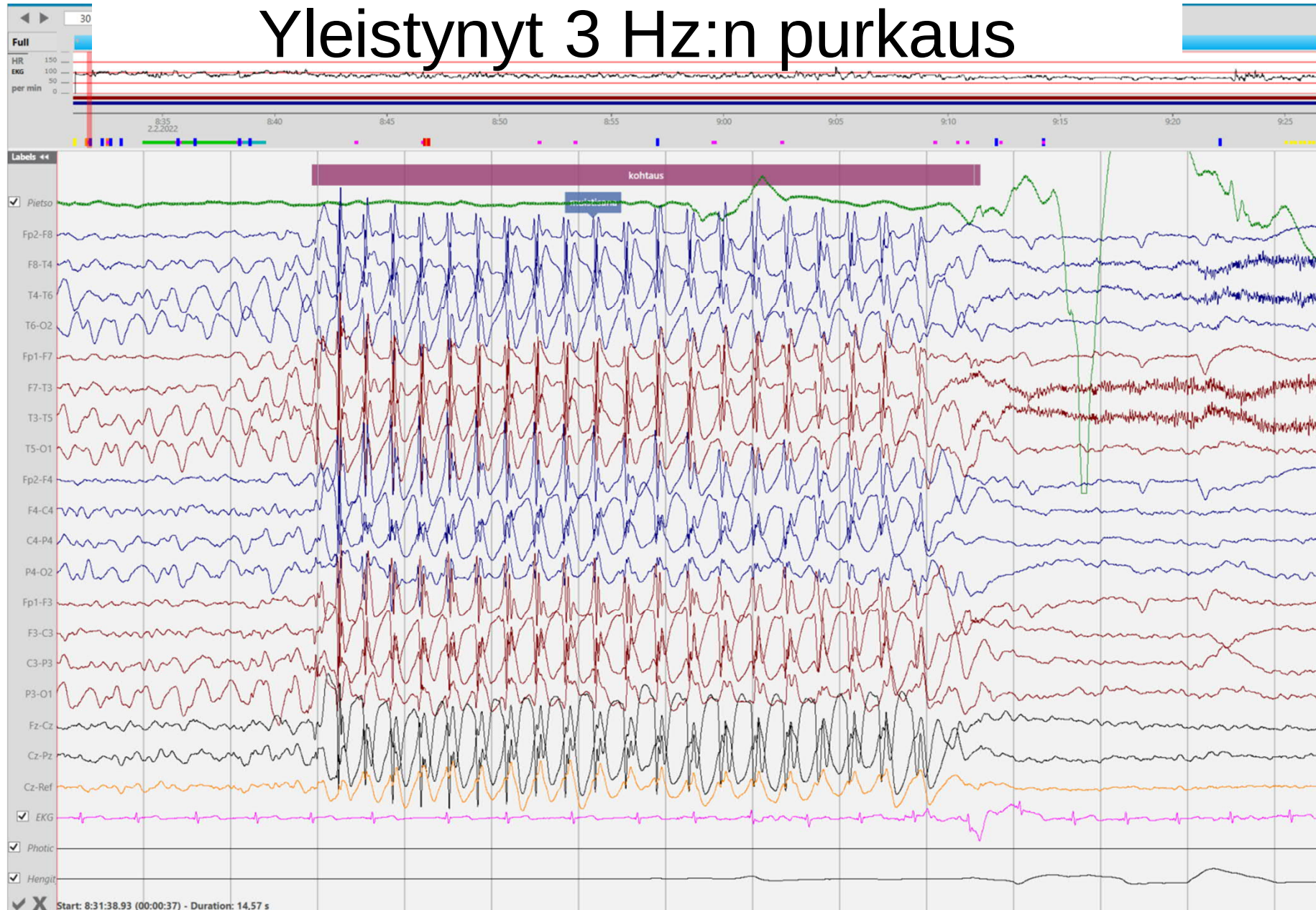
- Yleishäiriöt
 - tajunnanhäiriöissä
 - metaboliset, toksiset syyt
 - osassa kehityshäiriöitä
 - osassa epilepsiasyndroomia
- Paikallishäiriöt
 - aivojen hankittu vaurio (infarkti, vuoto)
 - tuumorit
 - aivojen kehityshäiriö
- Piikit ja purkaukset
 - liittyvät usein epilepsiaan
 - mutta kaikilla epileptikoilla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

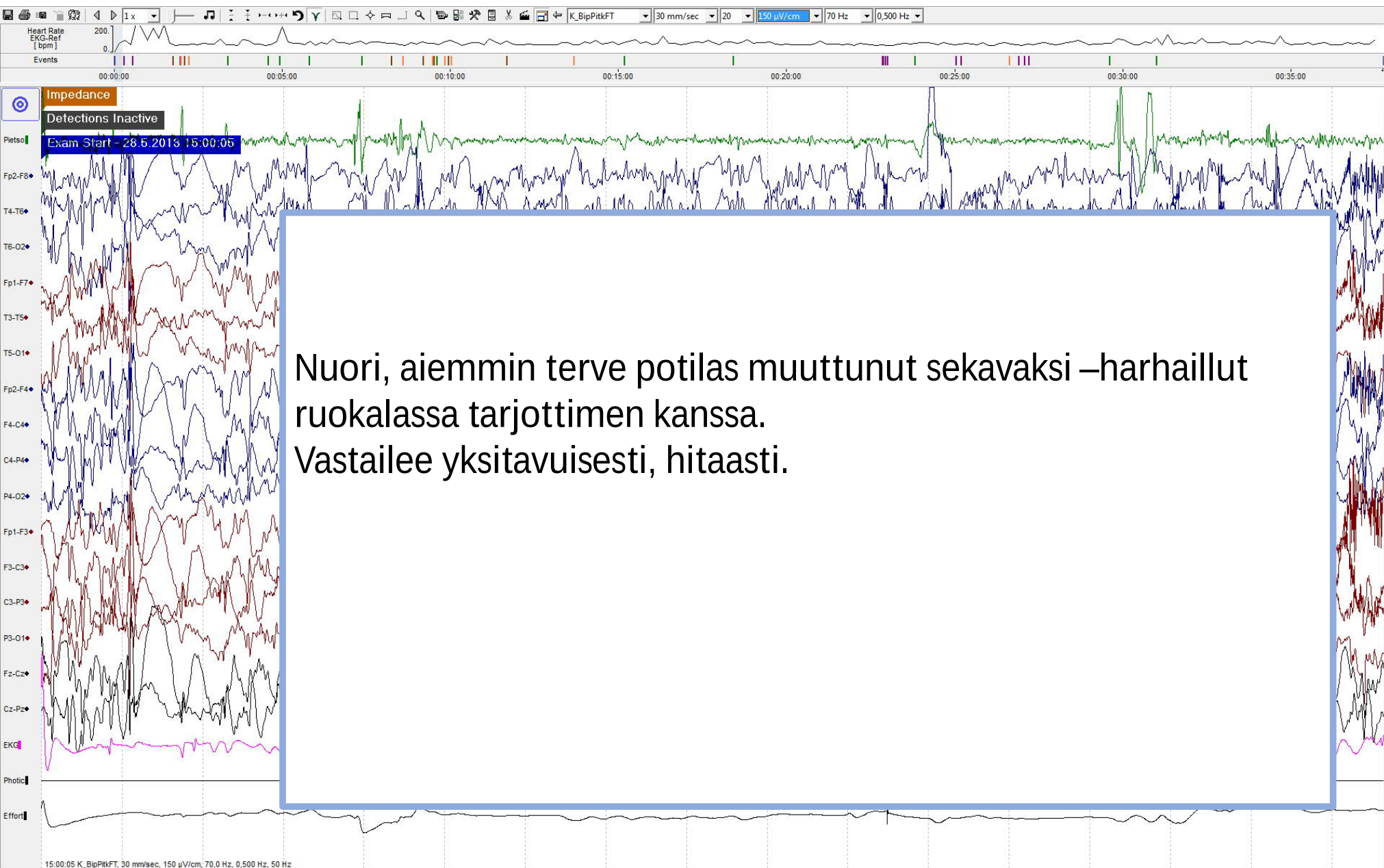
Kohtausten välinen (interiktaalinen) epilepsiaan liittyvä muutos = piikki tai terävä aalto

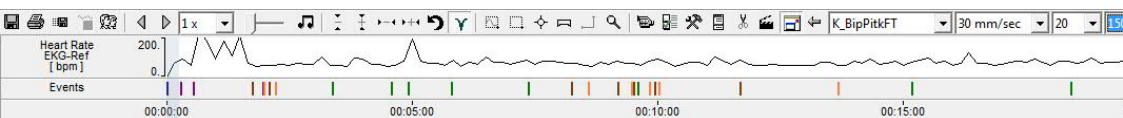




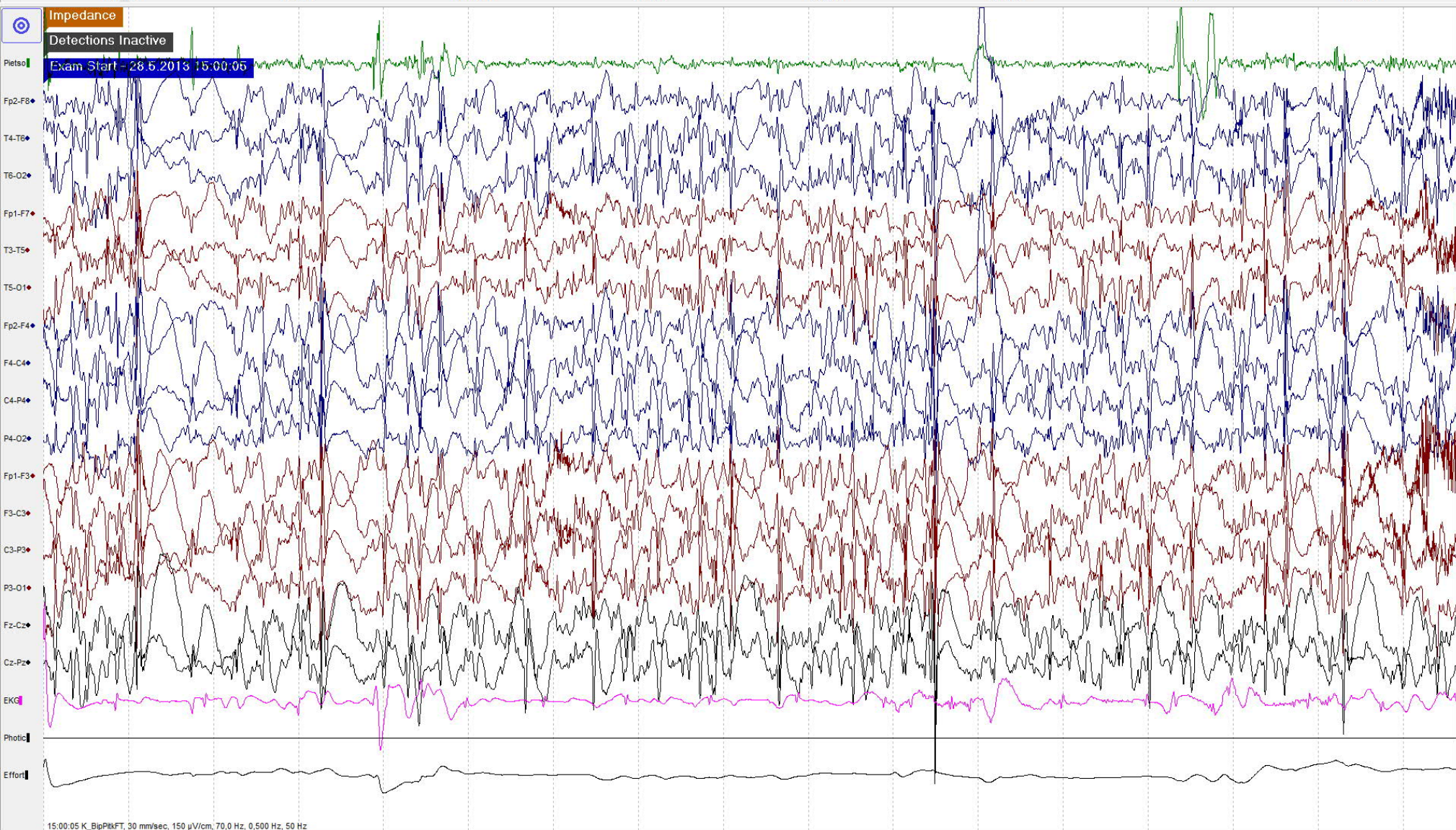
Yleistynyt 3 Hz:n purkaus





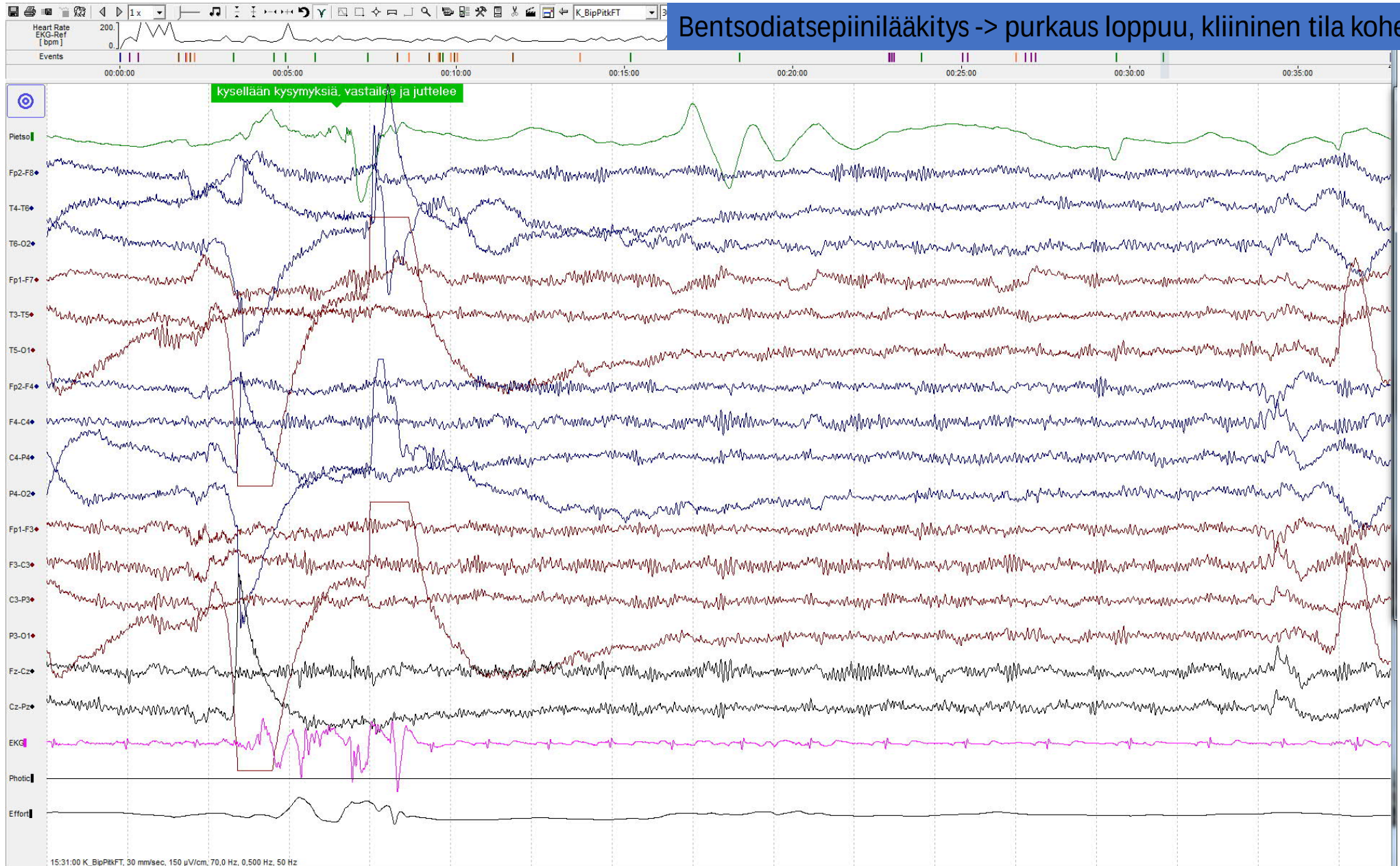


Ensimmäisestä EEG-sivusta alkaen jatkuva purkaus

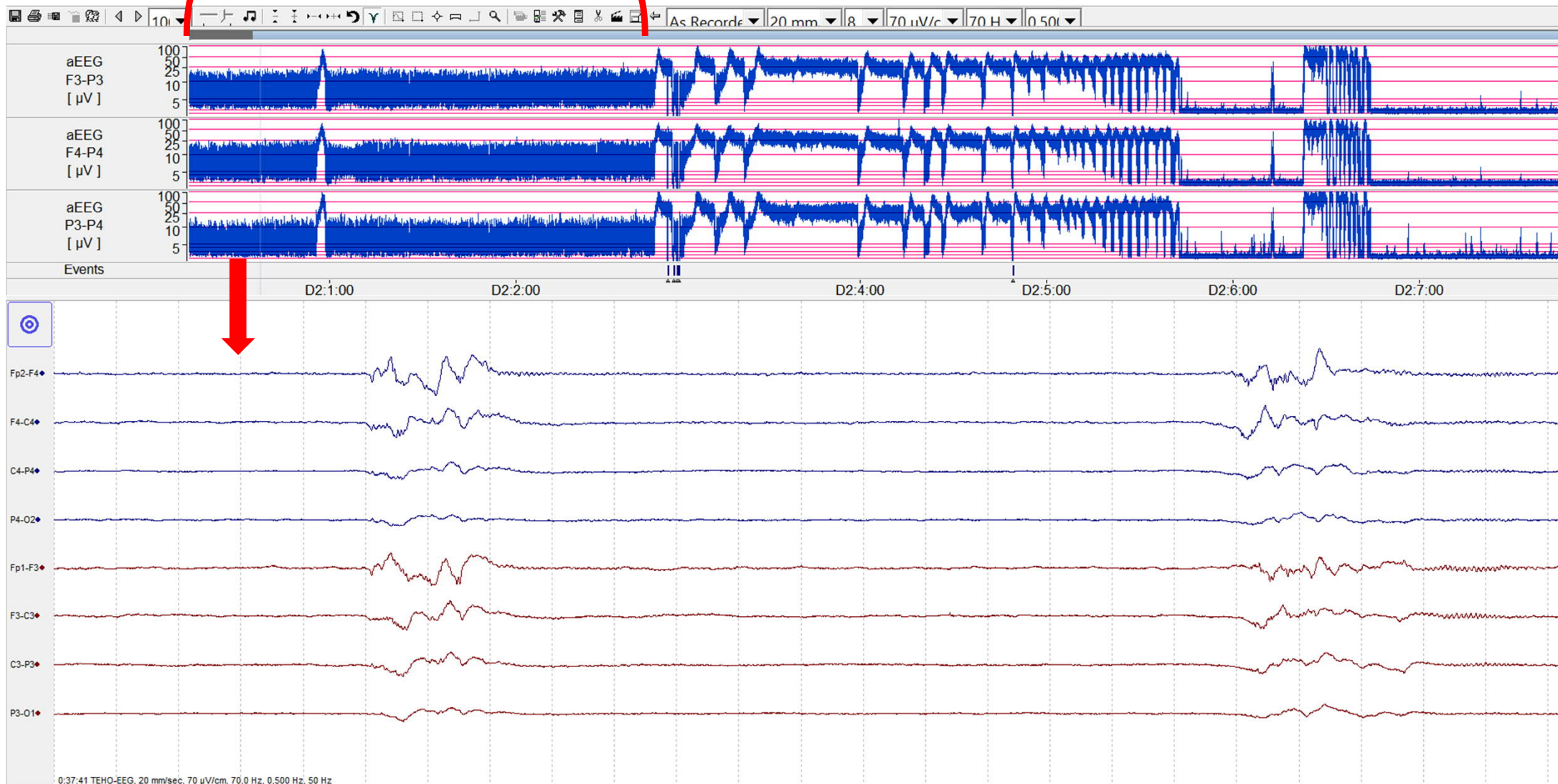


15:00:05 K_BipPitkFT, 30 mm/sec, 150 µV/cm, 70.0 Hz, 0.500 Hz, 50 Hz

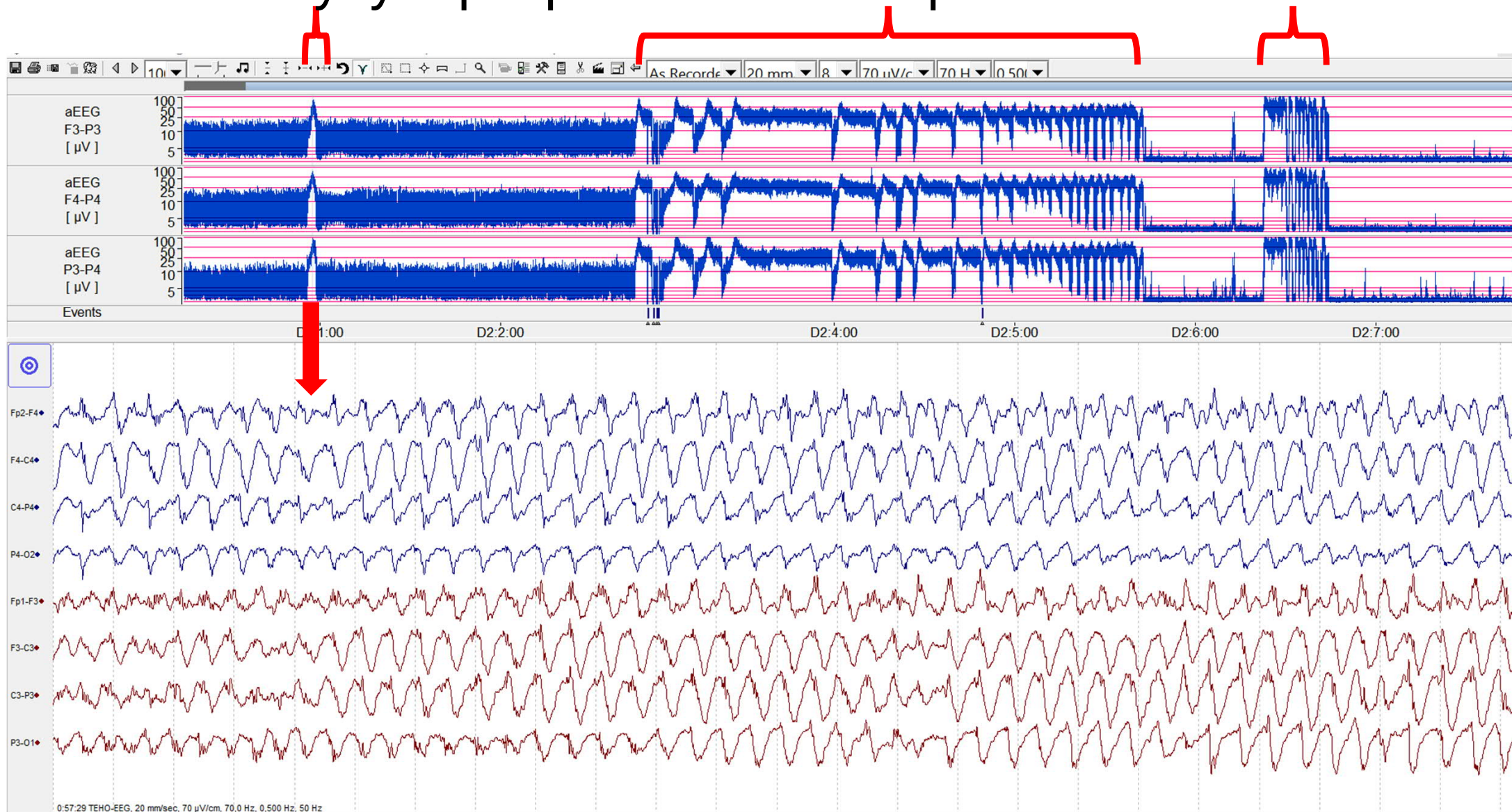
Bentsodiatsepiinilääkitys -> purkaus loppuu, kliininen tila kohenee



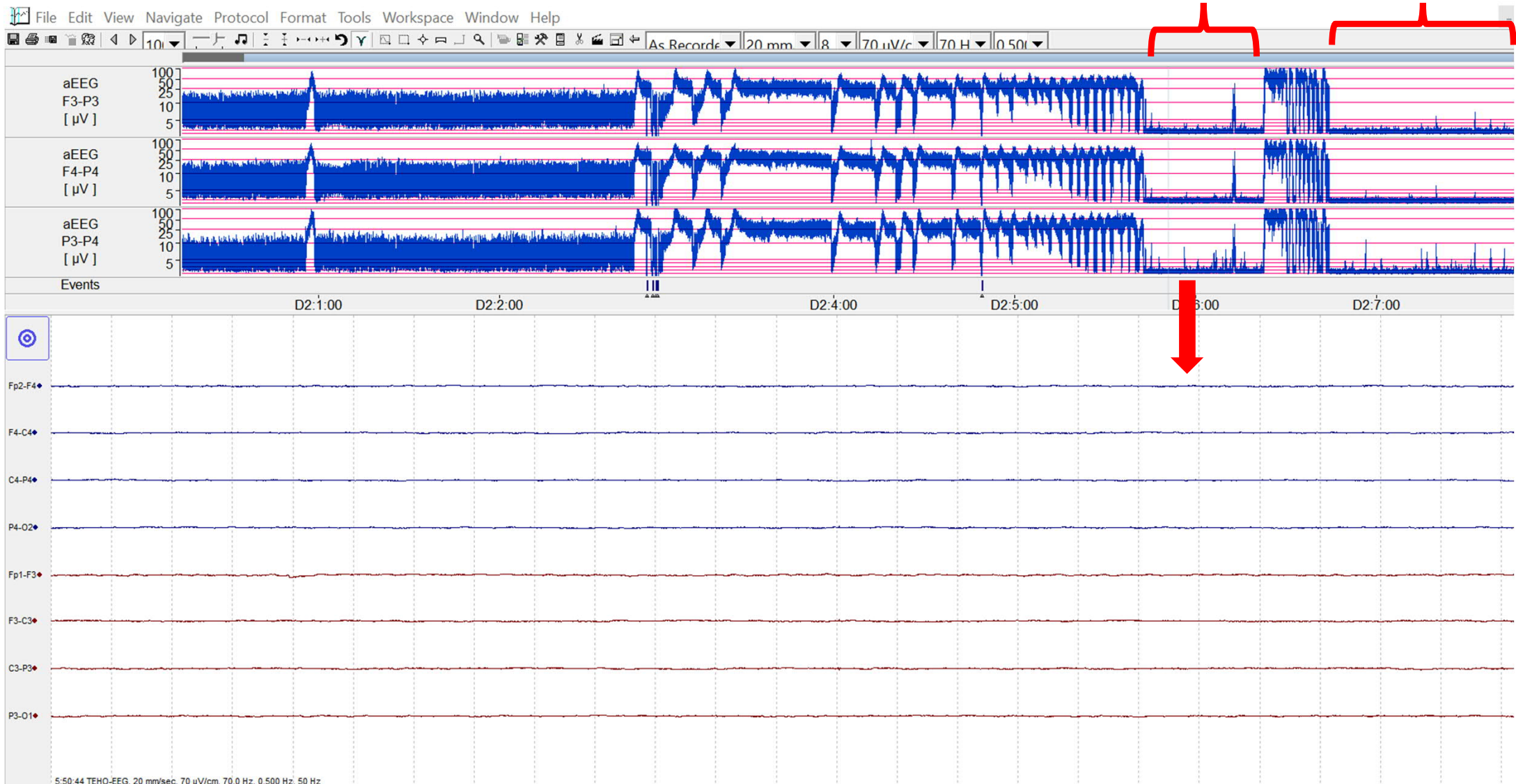
Pitkittynyt epileptinen kohtaus: purske-vaimentuma



Pitkittynyt epileptinen kohtaus: purkauksia



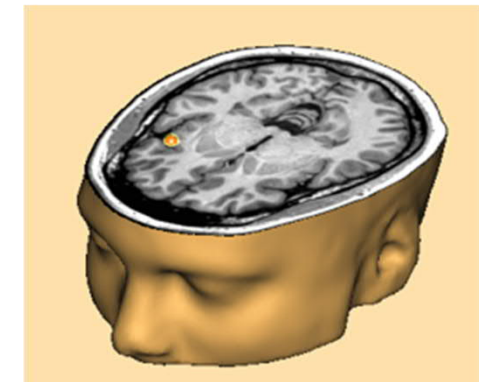
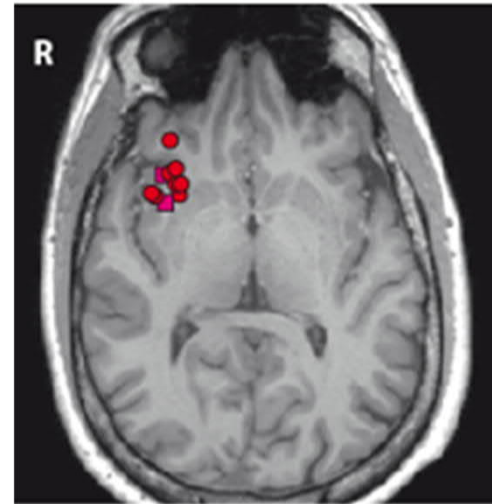
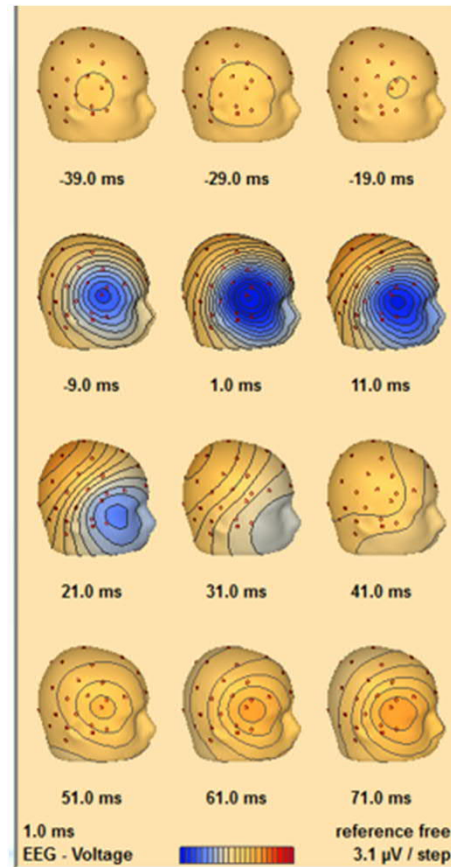
Pitkittynyt epileptinen kohtaus: inaktiivinen EEG



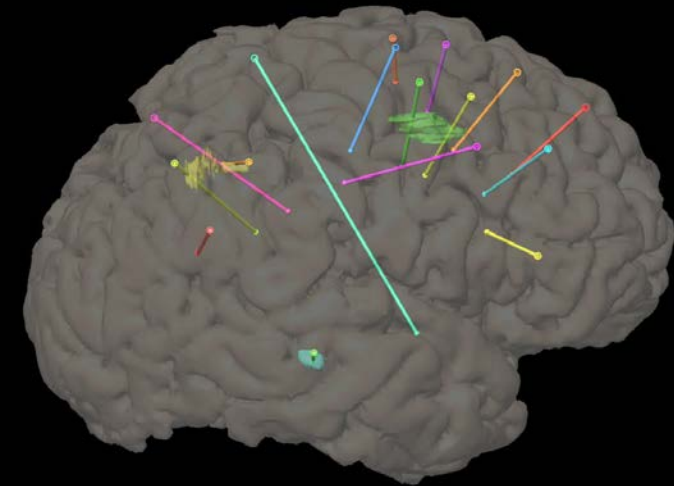
Aivotoiminnan tarkempi paikannus kroonisissa tilanteissa: epilepsiakirurgia

- Epilepsia-alueen paikannus
 - Pitkäkestoinen kohtauksia sisältävä video-EEG-tutkimus (VEEG)
 - Magnetoenkefalografia (MEG)
 - Kallonsisäiset EEG-tutkimukset
- Preoperatiivisesti myös tärkeiden toiminnallisten alueiden paikannus
 - nTMS
 - motoriset alueet, puhealueet
 - MEG
 - sensomotoriset alueet, näkö- ja kuuloaivokuori
 - Lisäksi kuvantamistutkimukset

Magnetoencefalografia (MEG): BioMag-laboratoriossa



Suunnittelu preoperatiivisten
tutkimusten perusteella

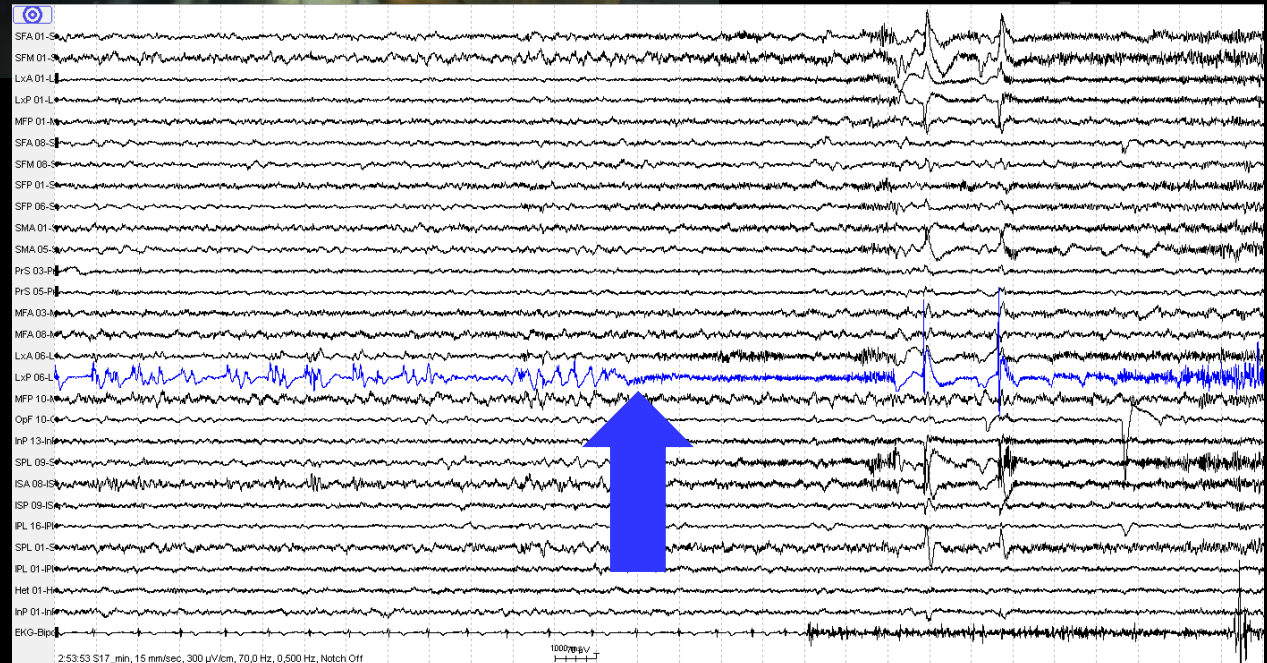
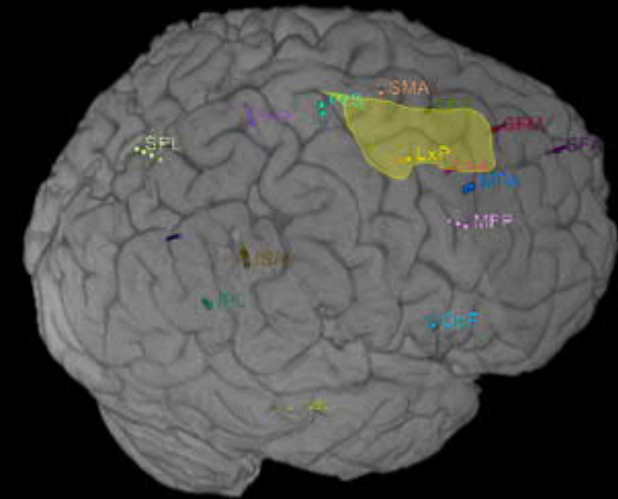


Epilepsiapesäkkeen
paikannus
kallonsisäisellä stereo-
EEG-tutkimuksella

Neurokirurginen implantaatio

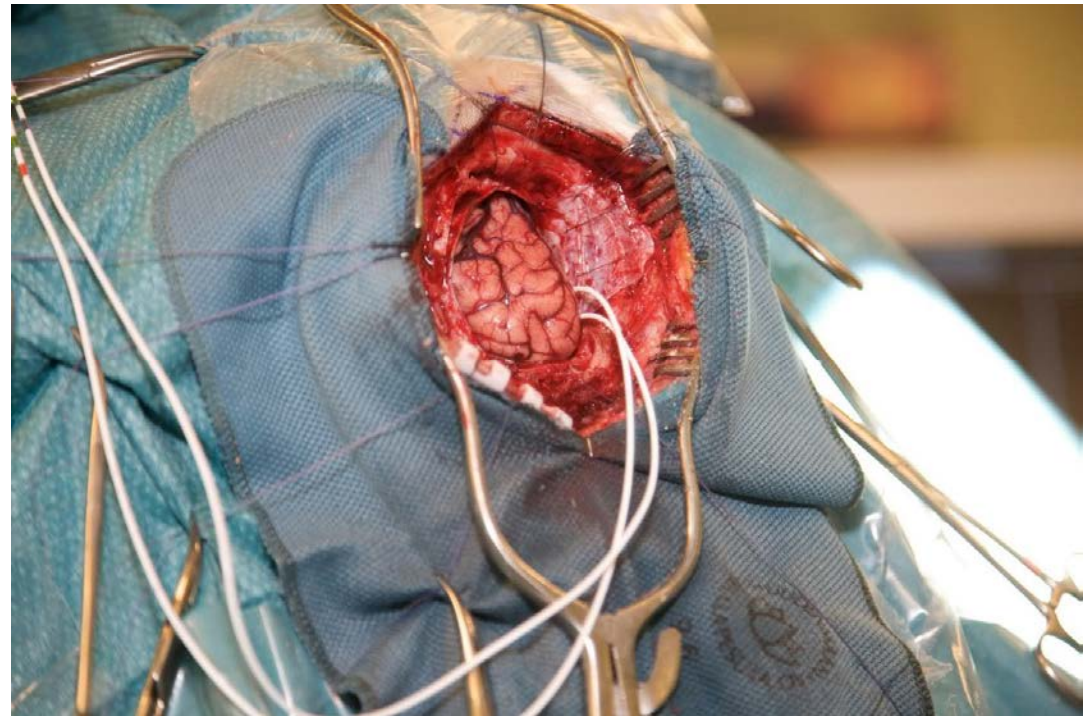
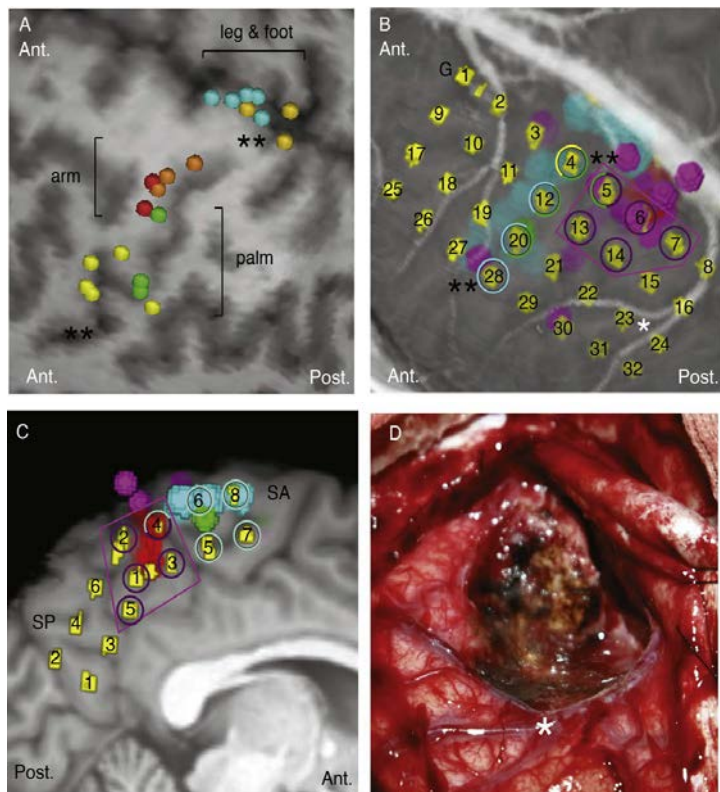


Leikkaussuunnitelma



Aivokuoren päältä voidaan tutkia epileptistä toimintaa leikkaussalissa matto- ja nauhaelektrodein

- aivokuorta voidaan myös stimuloida toiminnallisten alueiden selvittämiseksi
 - motoriset alueet -> mittaus neulaelektrodein lihaksista
 - kielelliset alueet potilaan ollessa hereillä leikkauksen aikana
- aivokuorelta voidaan mitata perifeerisen sensorisen stimulaation aikaansaama vaste



ElektroNeuroMyoGrafia =ENMG =Hermoratatutkimus

- Yleinen KNF-tutkimus ääreishermoston ja lihaksiston tutkimukseen
- Vaaraton, mutta ei aina kivuton tutkimus
 - usein turhia pelkoja etukäteen
 - vain harvoin jälkiseuraamuksia (mustelmat)
- Vaatii tarkan etukäteissuunnittelun
 - kysymyksenasettelu!!!
- Tutkimus mukautuu löydösten perusteella

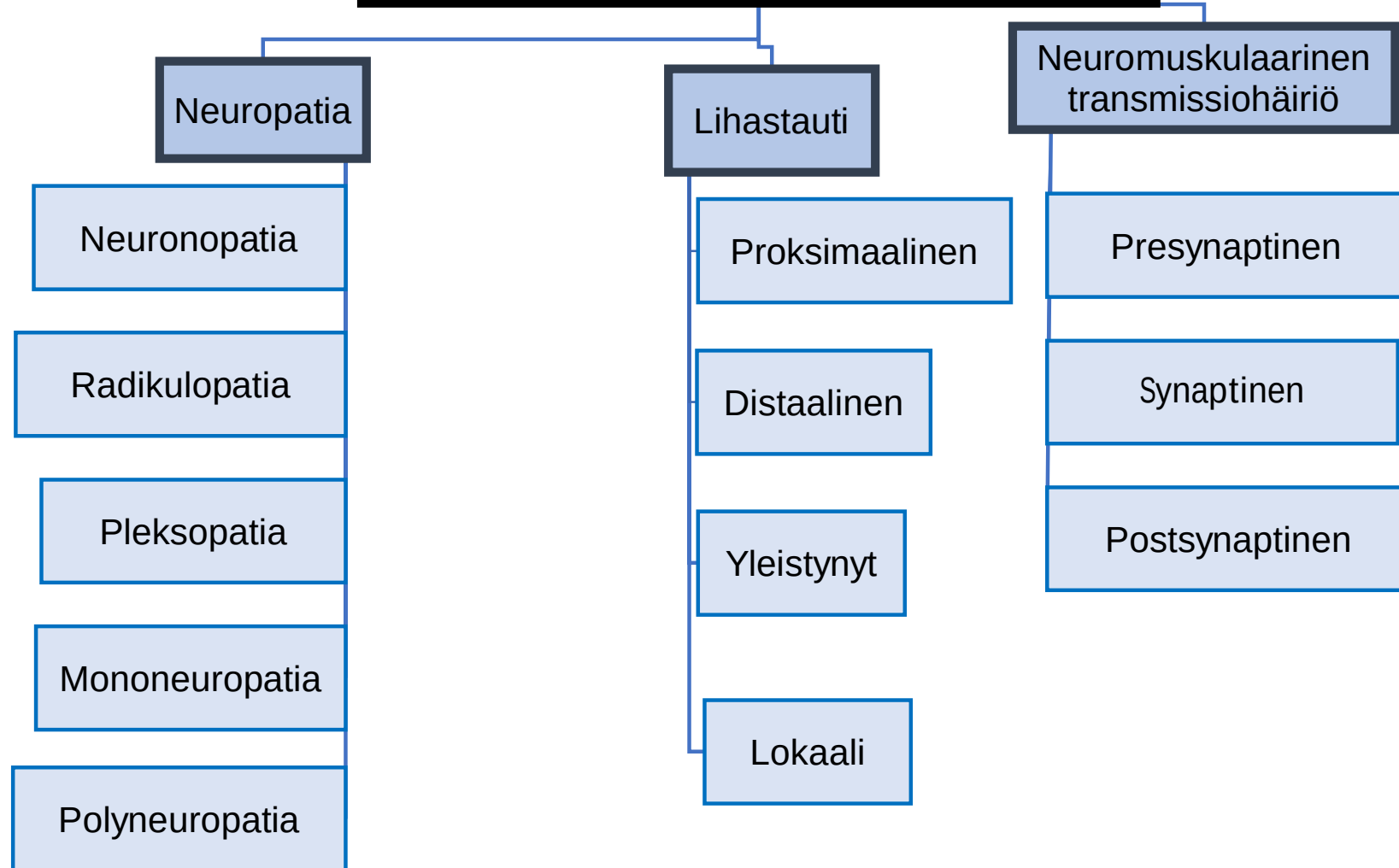
ENMG voi auttaa selvittäessä:



ENMG-indikaatioita

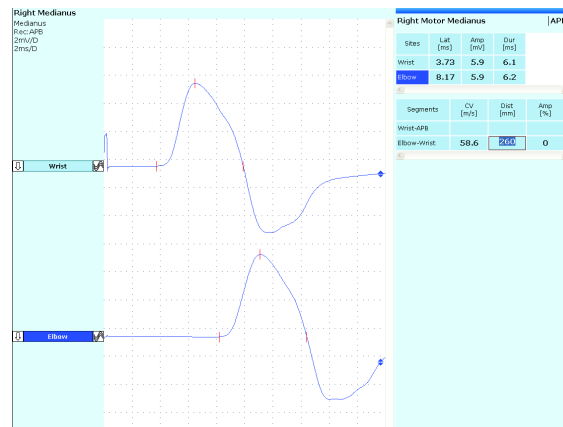
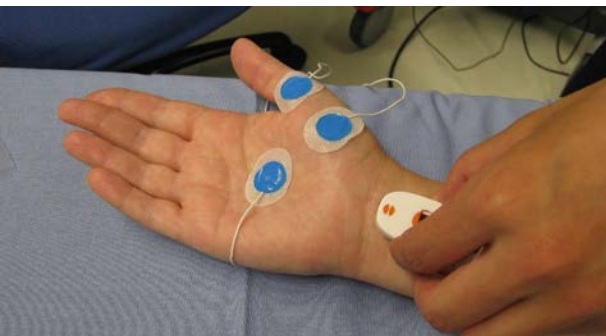
- Yksittäisen ääreishermon ongelmat
 - hermovauriot, pinnetilat, juurivaurio
 - neuriitti
 - tietyn alueen puutuminen, tunnottomuus, kipu, heikkous
- Polyneuropatia
 - yleensä alaraajojen distaaliosien puutuminen, heikkous, kömpelyys
- Polyradikuliitti
 - akuutti laaja-alainen lihasheikkous, tuntuu muutokset
- ALS
 - hitaammin kehittynyt lihasheikkous
- Lihastaudit
 - kömpelyys, lihasheikkous
 - jäykkyys, liikkeellelähden vaikeus (myotonia)
 - lihaskipu (ihottuma?)
- Neuromuskulaarisen transmission häiriöt
 - väsyvä lihasheikkous, ptoosi

Neuromuskulaarinen oire



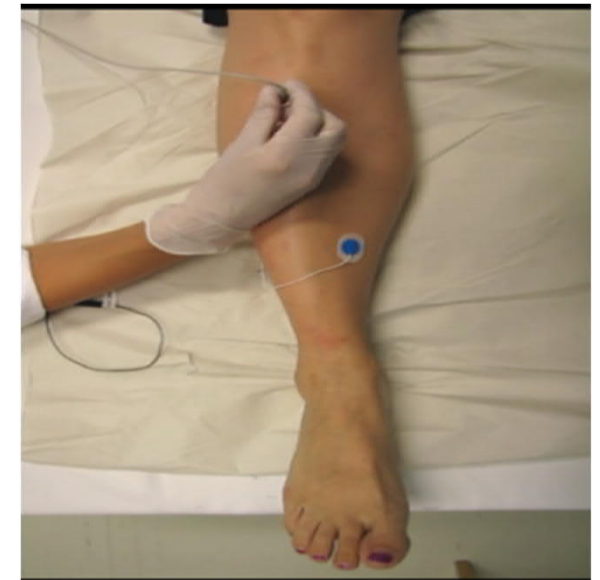
ElektroNeuroGrafia

- Motoristen ja sensoristen hermojen johtonopeusmittaukset
 - johtonopeudet
 - distaalilatenssit
 - vasteet (amplitudi)
- F-vasteet
- H-heijasteet
- pääosin tarraelektrodit ja sähköstimulaatio

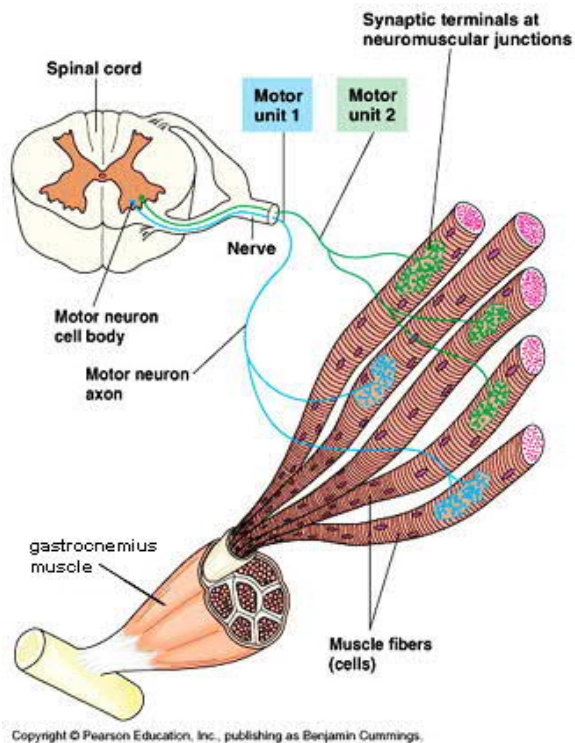


ElektroMyoGrafia EMG

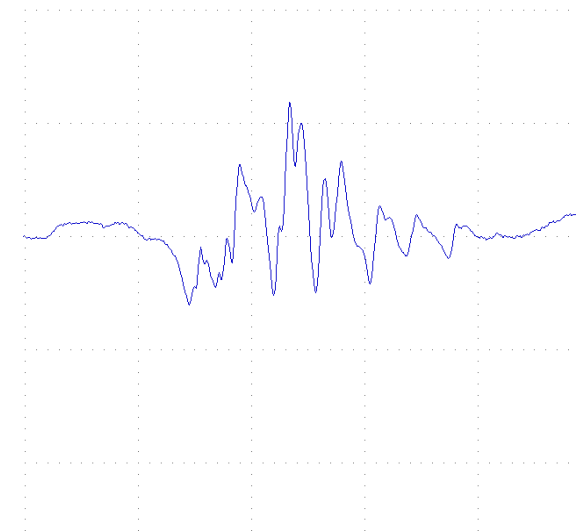
- Lihasen sähköisen aktiivisuuden tutkimus
- Neulatutkimus



EMG:ssa MUP = motor unit potential = motorinen yksikkö



Normaali



Poikkeava

Polyneuropatia

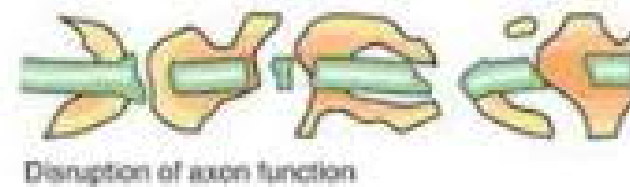
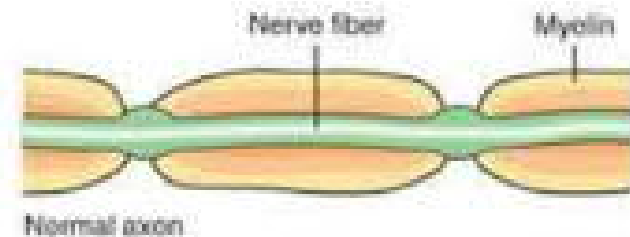
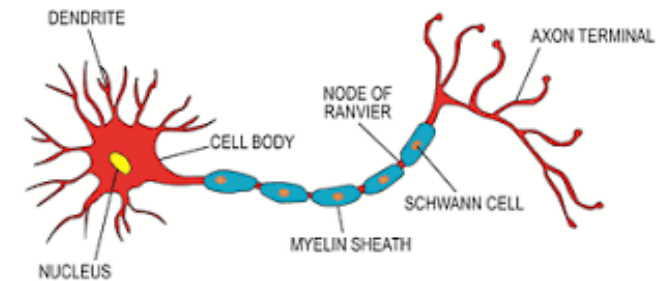
- Perinnöllinen
 - Aksonaalinen vs demyelinoiva
 - Sensorinen, motorinen, sensomotorinen
- Muihin sairauksiin liittyvä
- Hankittu
 - Alkoholi, diabetes, lääkkeet
- Akuutti immunologinen
 - Polyradikuliitti

HEREDITARY MOTOR SENSORY NEUROPATHIES (HMSN; CMT) 🌟

CMT & HMSN: Demyelinating Dominant CMT 1A: PMP-22; 17p12 CMT 1B: <i>P₀</i> protein; 1q23 CMT 1C: LITAF; 16p13 CMT 1D: FGR2; 10q21 CMT 1E: (Deafness) PMP-22: 17p12 P₀ protein: 1q23 CMT 1F: NFBL1; 8p21 CMT 1G: PMP2; 8p21 CMT 1H: FBNS; 14q32 CMT 1I: c1orf194; 1p13 CMT 1J: TTPR3; 8p21 HMSN PMP-22 (Deletion or Point): 17p12 KARS: 16p21 HMSN A (Degerine-Sottas) PMP-22: 17p12; FGR2 Thromboastrog PNX & CNS Inactivation: SOX10; 22q13 Sensory PNX & Hearing loss: GJB3; 1p34 Acrochord: ARHGAP10; 8p23 AXIN4: FAM209 HMSN: HARS; 5q31 HMSN: BAG3 Raccoise: Also AR-CMT1 CMT 4A: GDAP1; 8p21 CMT 4B: MIMB2; 11q22 CMT 4C: SBF2; 11p13 CMT 4D: SBF1; 22q13 CMT 4E: SHITC2 (KIAA1985); 5q32 CMT 4F: (Lorenz NDRG1); 8q24 CMT 4G: FGR2; 10q21 CMT 4H: Periaxin; 19q13 HMSN: SBF2; 11p13 CMT 4I: FGR2; 10q21 CMT 4J: FGR4; 6p21 CMT 4K: SLURF1; 9q34 HMSN A (Degerine-Sottas) P₀: PMP-22; FGR2; Periaxin HMSN & Juvenile pharynx Catactia (C. PNX) & TTP1; 18qter Catactia: 5 Central hypomyelination P₀: PMP-22 & FGR2 Further hypomyelination: ASAH1; 8p22 CRD: PPM2A; 1p33 Acroch: GALT; 14q21 MLP: ARSA; 22q13 PMP-22 point mutations Refraction disease Child: Adult: PPIVH; 10p16p11.2 Adult: Infant: ALOP; 6p22 Infant: PEX1; 10q21 Infant: ARHGE12; 20p11 Infant: PEX16; 11p11 HMSN + CNS: Heterogeneous Neurodegeneration: DNAJC3; 13q32 X-linked CMTA: (Males): GJB1 (C32); Xq13 CMTA: Xq27 Peroneal signs	CMT & HMSN: Axonal Dominant CMT 2A: MPN2; 1p36 CMT 2B: KIF1B; 1p36 CMT 2C: KAT5; 3q21 CMT 2D: TRIP4; 12q24 CMT 2E: GARS; 7p14 CMT 2F: NFBL1; 8p21 CMT 2G: Drosal HSN; HSPB1; 7q11 CMT 2H: SLC11A2; 12p12 CMT 2I: P₀; 1q22 CMT 2J: P₀; 1q22 CMT 2K: GDAP1; 8p21 CMT 2L: HSPB8; 12q24 CMT 2M: DNMD2; 19p13 CMT 2N: AARS; 16q22 CMT 2O: DYNC1H1; 14q32 CMT 2P: LRSM1; 9q33 CMT 2Q: DITKDI; 10p14 CMT 2R: MARS; 12q13 CMT 2S: NAGLU; 17q21 CMT 2T: HARS; 5q31 CMT 2U: VCP; 9p13 CMT 2V: MDR2; 22q12 CMT 2W: NFPH; 22q12 CMT 2X: ATRAP1; 1p13 CMT 2Y: CACM1; 1q23 CMT 2Z: GJB1; 10q24 CMT 2H: JAG1; 20p12 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) HMSN & Optic atrophy HMSN: MPN2; 1p36 HMSN: PPM2A; 1p33 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) HMSN & Optic atrophy HMSN: MPN2; 1p36 HMSN: PPM2A; 1p33 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) HMSN & Optic atrophy HMSN: MPN2; 1p36 HMSN: PPM2A; 1p33 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) HMSN & Optic atrophy HMSN: MPN2; 1p36 HMSN: PPM2A; 1p33 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) HMSN & Optic atrophy HMSN: MPN2; 1p36 HMSN: PPM2A; 1p33 CMT 2I: TFG; 3q12 CMT 2J: DGAT2; 11q13 CMT 2K: MMR; 3q21 CMT 2L: GJB1; 10q24 CMT 2M: BSLC1; 11q13 CMT 2N: TUBB3; 16q24 CMT 2O: DCAF1; 1q22 HMSN: BAG3 HMSN & Deafness CMT 2P: (GJB1) CMT 2Q: (GJB1) CMT 2R: (GJB1) <
--	--

Neuropatia ENMG:ssa

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



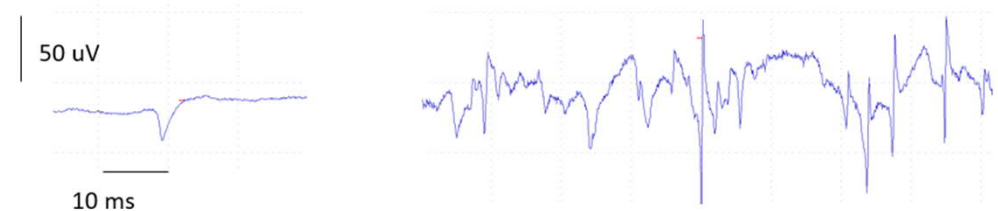
Hermovauriot ja pinnetilat –eri vauriotyypit

	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



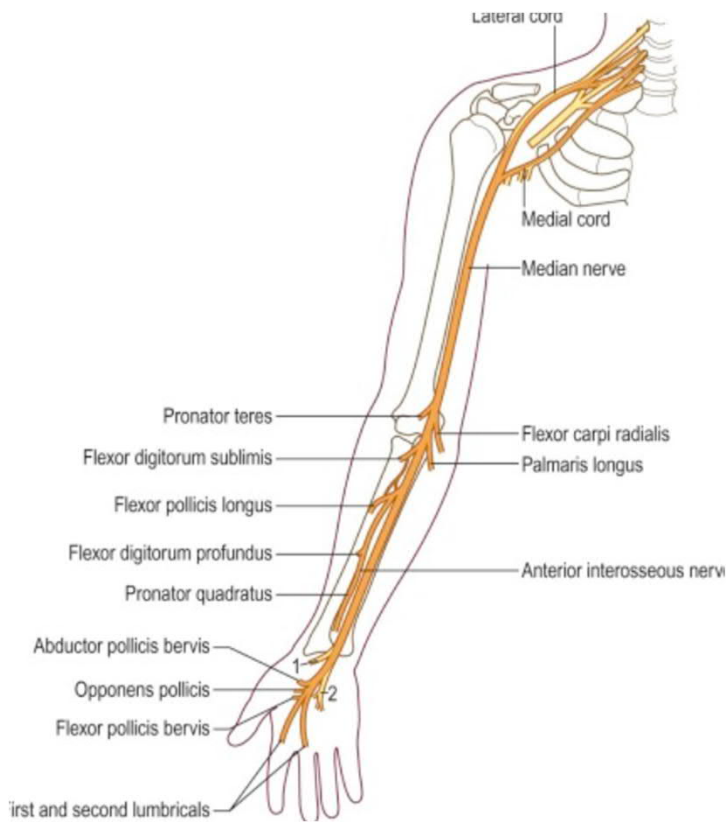
- Vanha vaurio
 - korjaantumismuutoksia
 - polyfaasisia motorisia yksiköitä
 - korkea-amplitudisia motorisia yksiköitä = jättiyksiköt
 - yksikkökadon aste riippuu alkuperäisen vaurion asteesta



Rannekanavaoireyhtymä

Medianushermon pinne
rannekanavassa

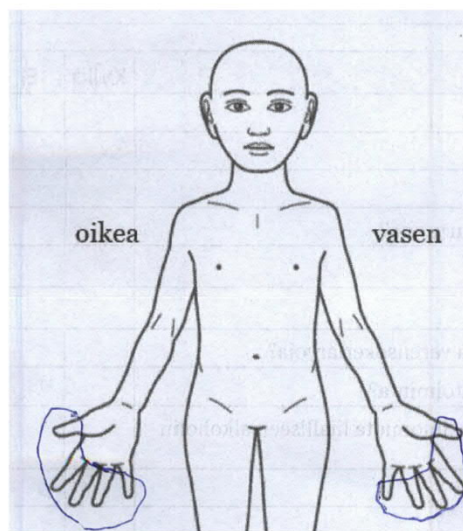
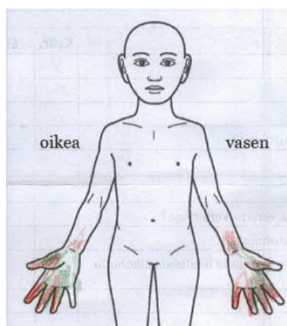
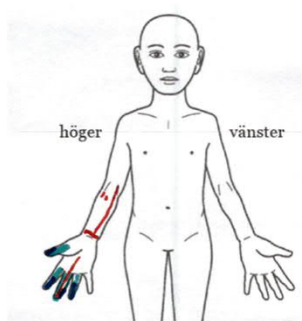
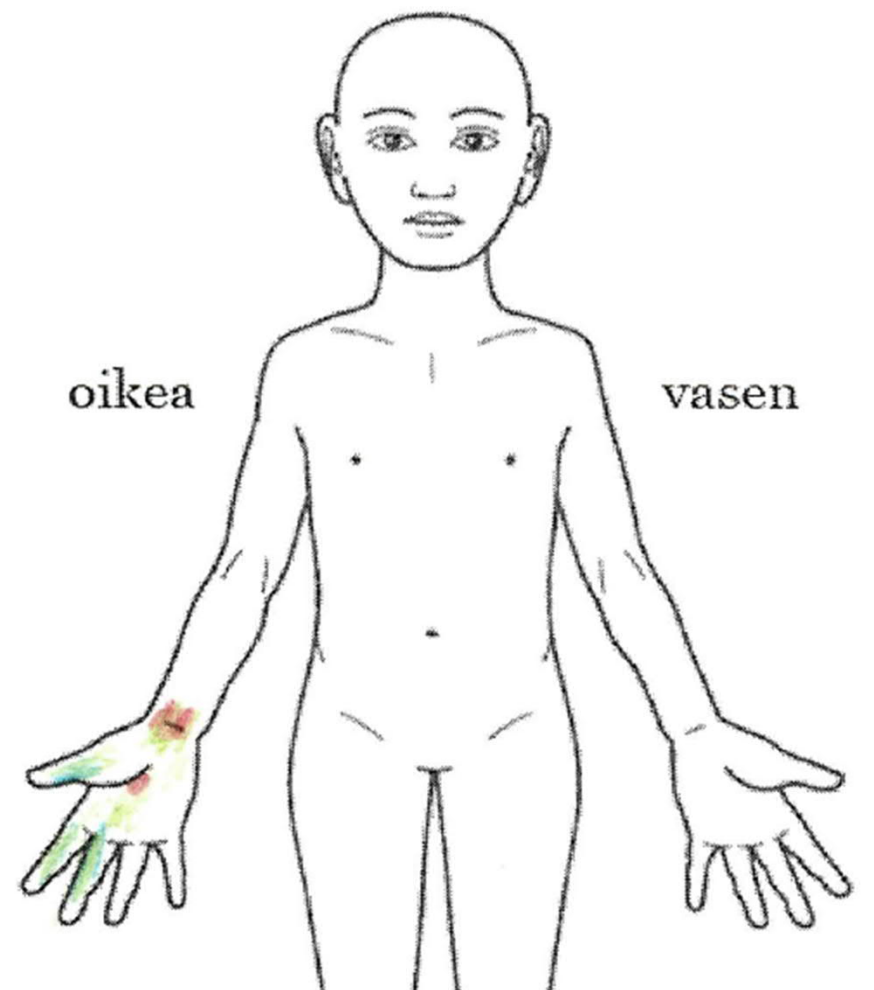
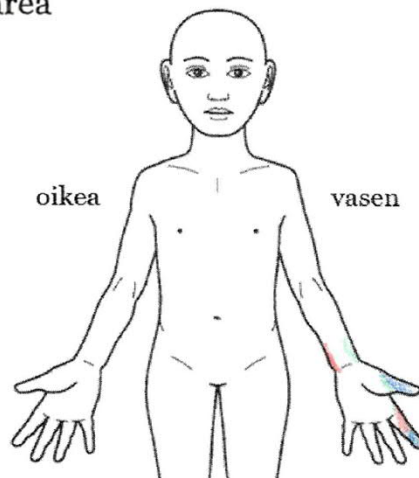
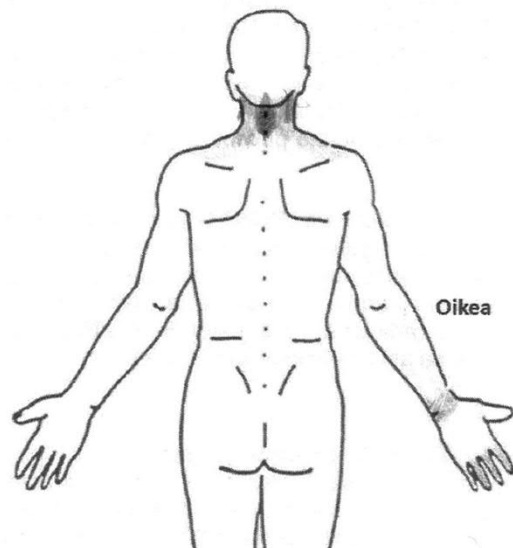
- tunnottomuus, puutuminen
- heikkous
- yöllä herää ravistelemaan kättä



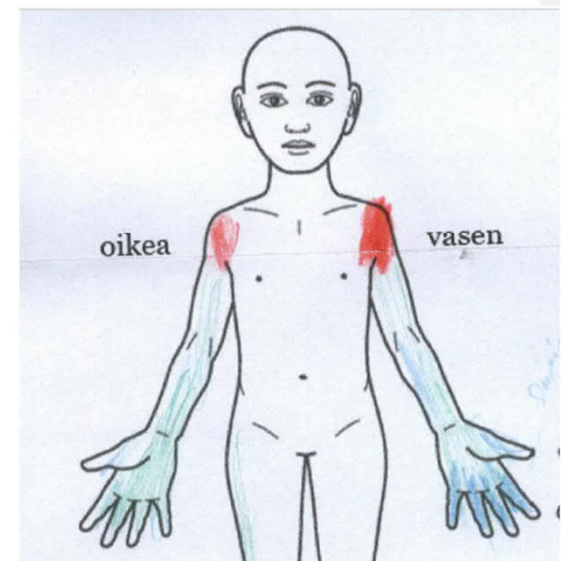
Kipu = punainen

Puutuneisuus, kihelmöinti, pistely iholla = vihreä

Tuntopuutos = sininen



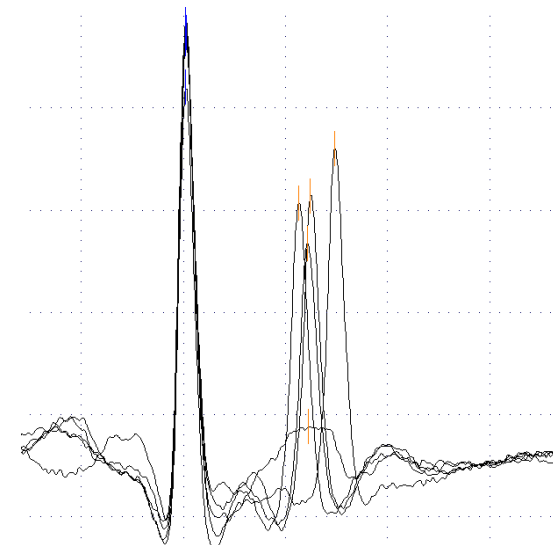
74v nainen. RR tauti ja hyperkolesterolemia, johon lääkitys.
Koronarokotteen jälkeen n 6kk ajan ollut vas kädessä kipua ja puutumista
aamuisin. Kipu olkavarren etuosassa joka luonteeltaan säteilevää, säteilee
käsivarteen ja II- ja III sormissa puutuneisuutta. Ohittuu tunneissa
aamuisin mutta kipua myös päivisin olkavarren seudulla liikuttaessa tätä.
Ei trauma taustalla. Statuksessa lihasvoimat olkavarressa ja
kynärvarressa symmetriset. Abduktio rajoittuu vas. 40 asteeseen kivun
vuoksi. Tunto vo:lla normaali kauttaaltaan. Puristusvoimat symm. Käden
motoriikka (puristus, ok- merkki, harotus onnistuu)
pk vas käden enmg, radialis hermo vaurio?



ARVIO: Löydös sopii vaikeusasteeltaan kohtalaisiin rannekanavan tason medianushermopinteisiin molemmin puolin. Vasemmalla vahvemmat oireet, löydökset kuitenkin samantasoiset molemmin puolin. Suositellaan yölastojen käyttöä ja käsikirurgin konsultaatiota.

Myasthenia gravis

- Oireet poikkijuovaisen lihaksen poikkeavasta väsyvyydestä
- Vika hermolihaskliitoksen postsynaptisella kalvolla lihassolun päätelelevyn (endplate) asetyylikoliinireseptorien toiminnassa
- Poikkeava jitteröinti motorisessa yksikköpotentiaalissa EMG:ssa



Jitter = synaptinen viive vaihtelee ja aktiopotentiaali ei synny samanaikaisesti kaikissa päätelevyissä

Salpautuminen = neuromuskulaarinen transmissio epäonnistuu täysin (lihas heikko ja väsyä supistuksen aikana)

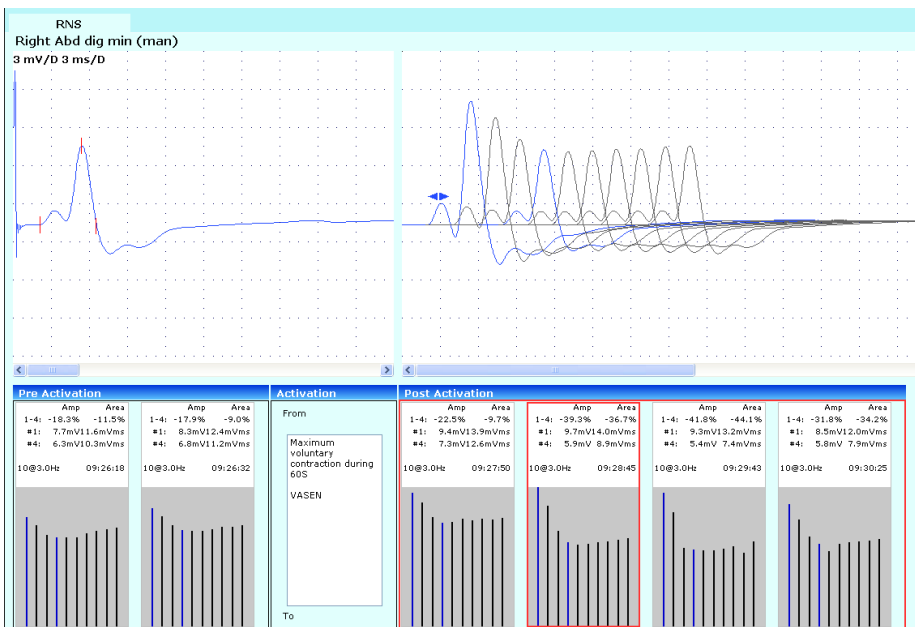
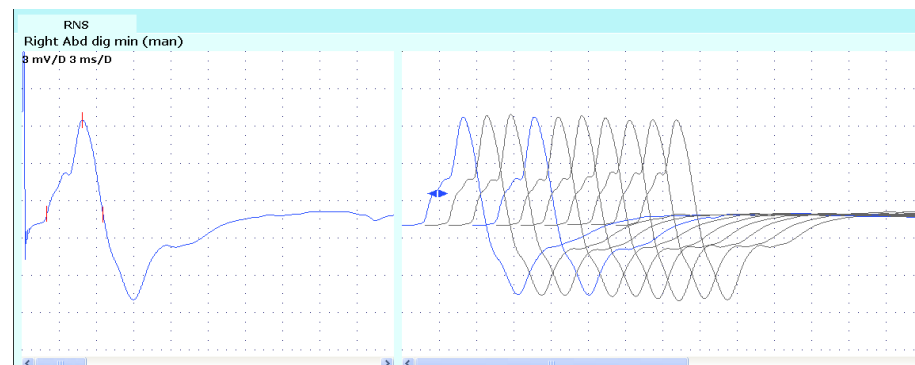
Toistostimulaatio

NORMAALI

- vaste toistuu samanlaisena

POIKKEAVA: Myasthenia gravis

- vasteen amplitudi laskee



ENMG – MILLOIN TILAAAN?



Kun olen keksinyt fokusoidun kysymyksenasettelun ☺

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

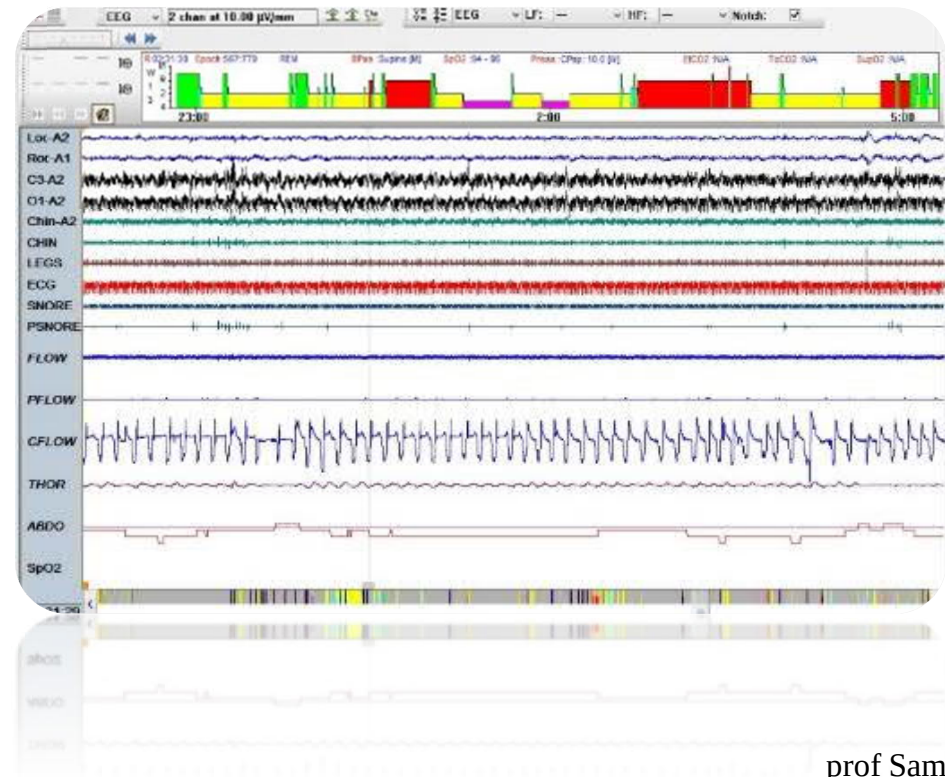
Nyrkkisääntö: 1 kk hermovauriosta kun myografia-muutokset ilmaantuneet

Päivystykselliset tilat: jo 1 vkossa neurografiassa muutoksia

Uni- ja vireystutkimukset: väsymyksen tutkiminen



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



prof Sampsa Vanhatalo

Navigoitu transkraniaalinen magneettistimulaatio (nTMS)

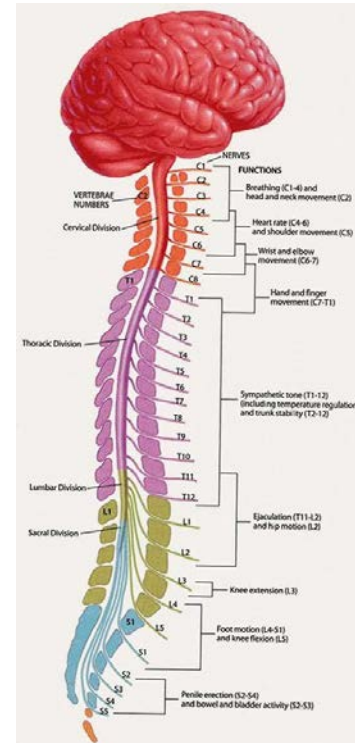
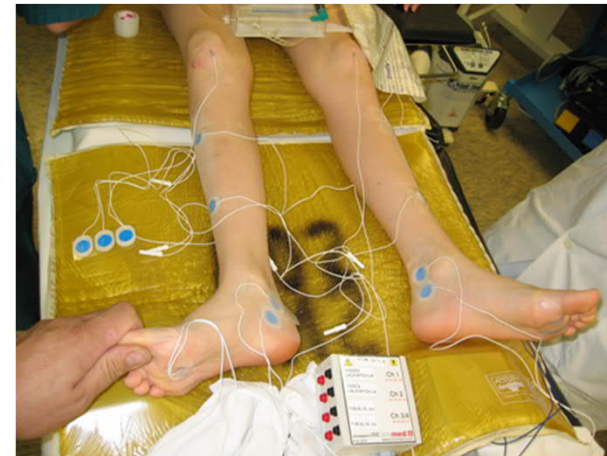
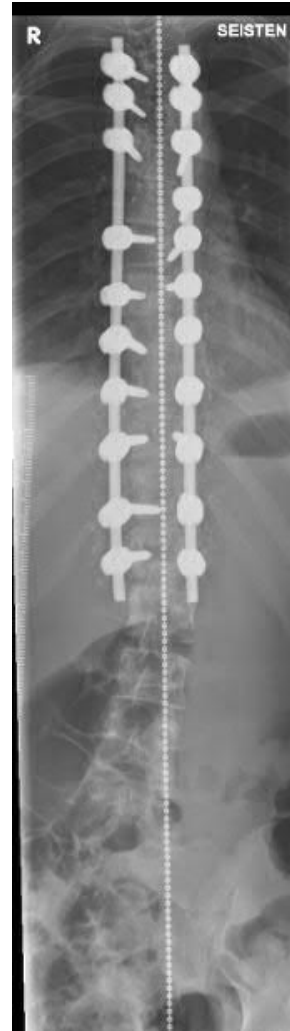


Aivokuoren toiminnallisten alueiden paikannus

- motoriset alueet
- kielelliset alueet

Repetitiivinen TMS kivun hoidossa

Selkäleikkausten aikainen intraoperatiivinen monitorointi



Kliiniset KNF-tutkimukset

