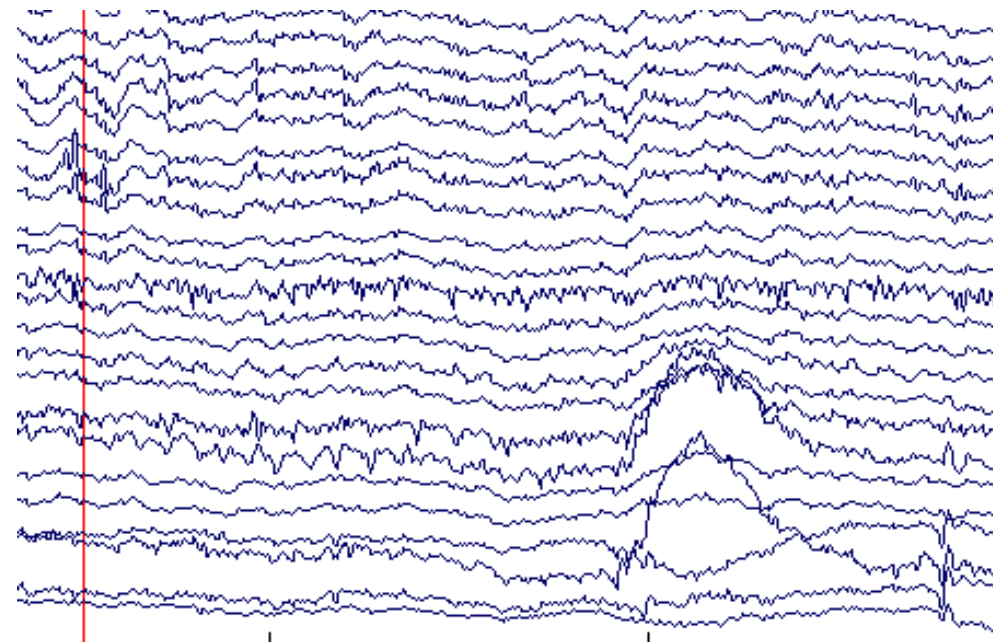


Sissejuhatus
psühhofüsioloogia
rakendustesse

Elektroentsefalograafia

Richard Naar



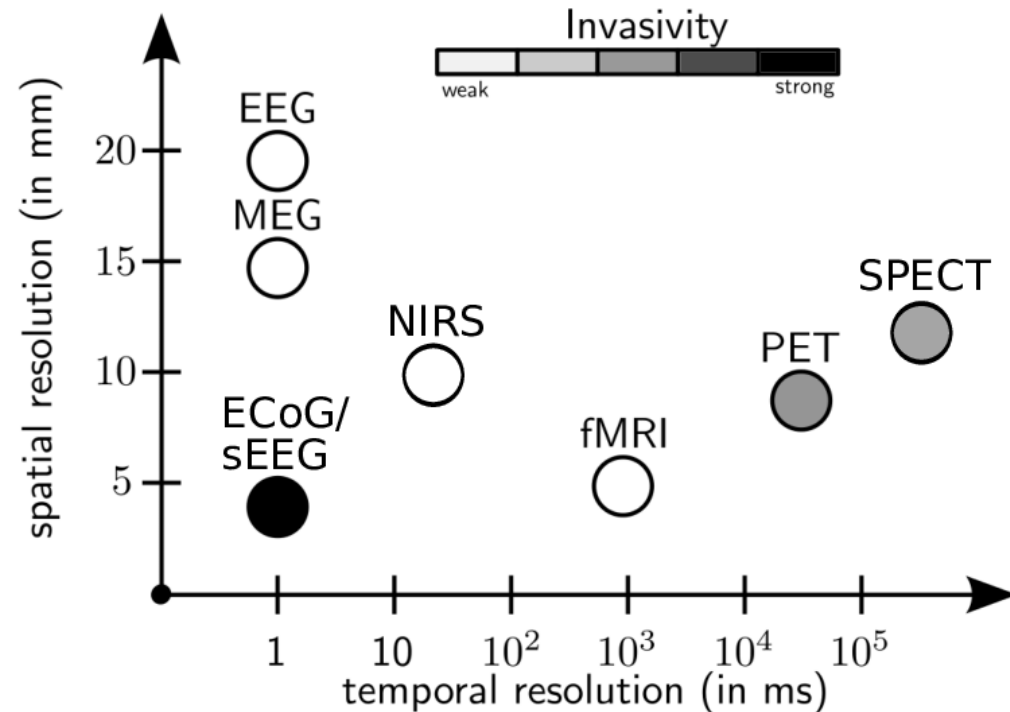
Kursuse arendamist toetas Haridus- ja noorteameti IT-akadeemia

Korralduslikku
Kordamine

EEG signaali eeltöötlus
EEG demo:

- 1) põhilisemad müraallikad
- 2) sagedus ja mentaalsed seisundid

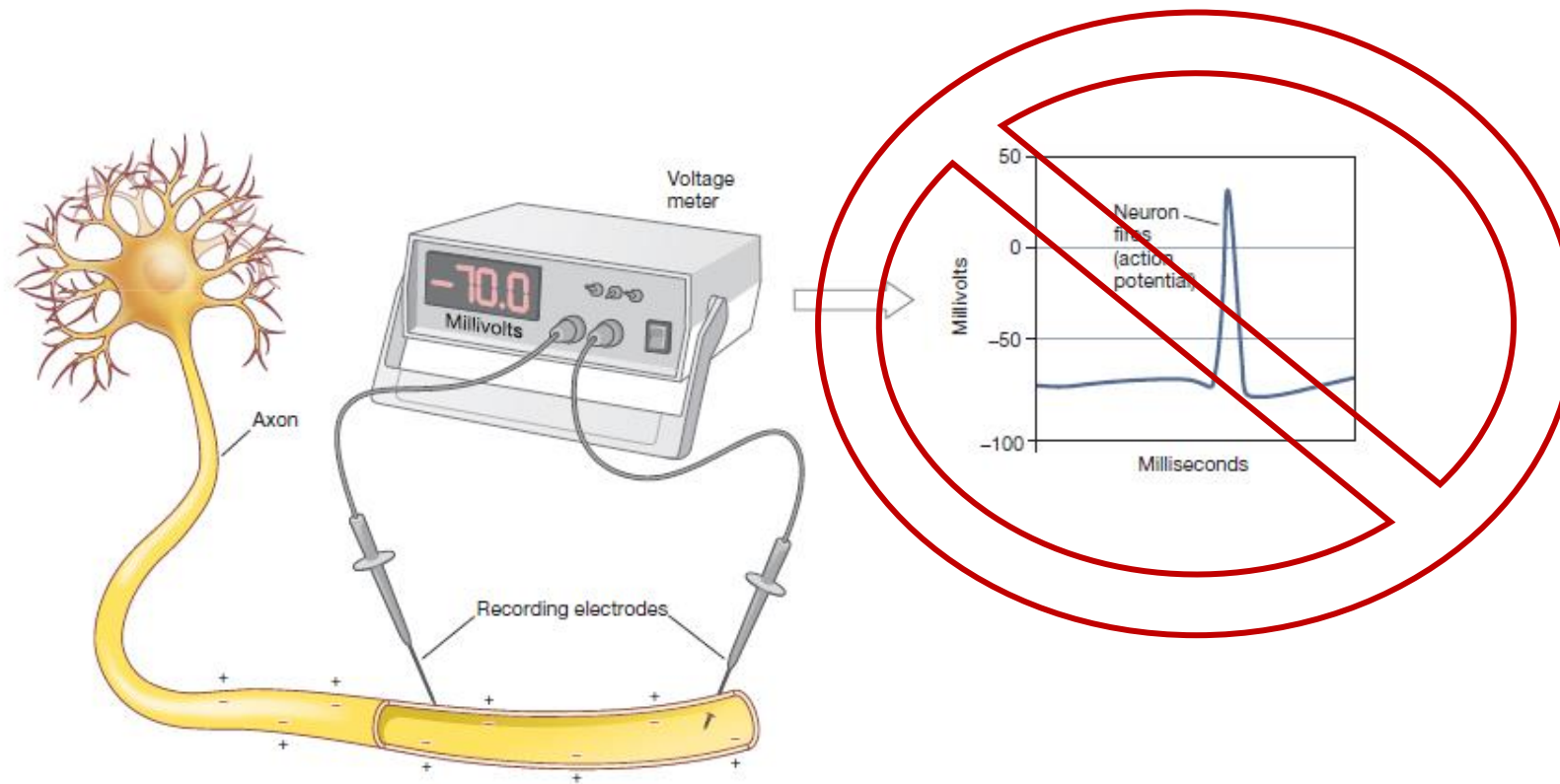
Milleks EEG?



Psühholooge huvitavad kognitiivsed, tajulised, keelelised, emotsionaalsed protsessid on kiired.

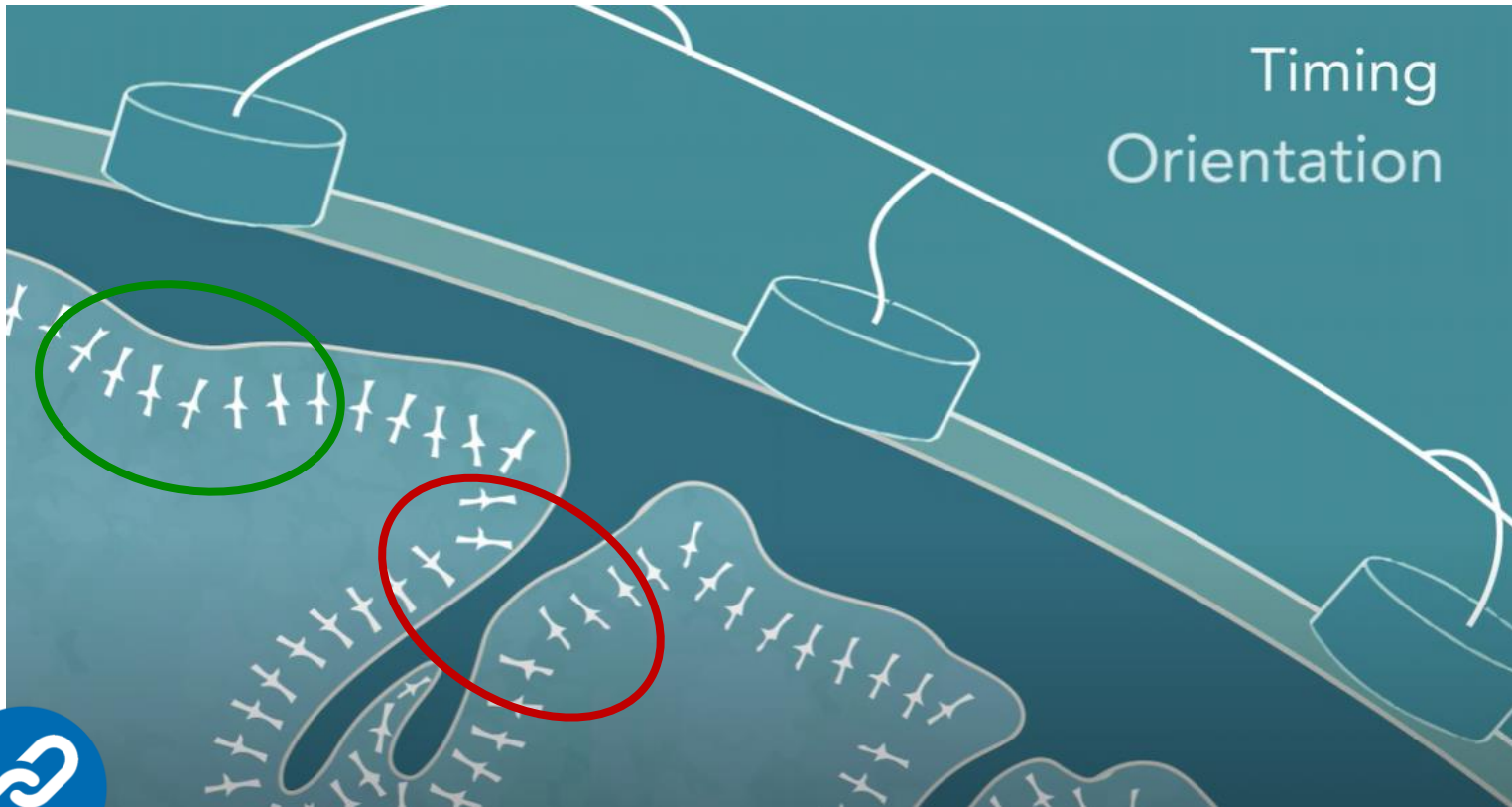
Võrrelduna teiste levinud ajukuva meetoditega (sh fMRI ja NIRS) on EEG palju **kõrgema** ajalise resolutsiooniga. EEG ruumiline resolutsioon on aga **madal**.

Mis on EEG?



3.9 Recording the voltage within a neuron A schematic drawing of how the impulse is recorded. One electrode is inserted into the axon; the other records from the axon's outside. When the neuron is at "rest," these electrodes will detect a -70-millivolt difference between the cell's interior and its exterior. When the neuron "fires," however, the voltage will briefly shift, although the -70-millivolt difference is soon restored.

Mis on EEG?



Ajukoore kurdude vahele jäävate rakkude suhtes on EEG vähe tundlik (nt joonisel punase ringi sisse jäävas piirkonnas), sest kummalgi pool vagu paiknevad signaalid tühistavad üksteise mõju ära ja signaal ei jõua peanahal paikneva elektrodini

Ajukoore peal (nt rohelise ringi sisse jäävas piirkonnas) paiknevad sama orientatsiooniga ja samal ajal aktiveeruvad signaalid summeeruvad ja jõuavad peanahal paiknevasse elektroodi



Elektroodide paigutus ja võrdluselektrood

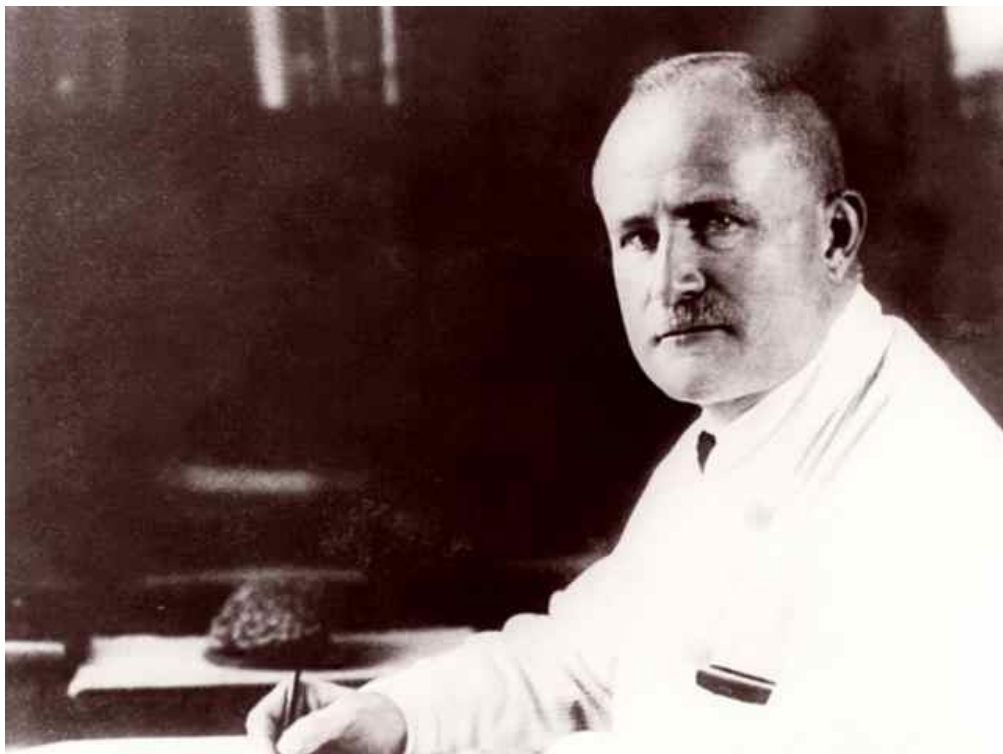


Figure 1: OpenBCI headband as worn for EEG data collection during our study.

Joonis illustreerib frontaalsete (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8) ja temporaalsete elektroodide (T3, T4) paigutamist vastavalt 10-20 süsteemile ja OpenBCI peapaelu kasutades.

Üks kõrvade külge paigutatud elektroodidest toimib **võrdlussignaalina** ja teist kasutab seade müra summutamiseks (sarnane maanduselektroodile)

Esimesed mõõtmised inimestel



Hans Berger (1873-1941)

1929 – esimene peanahalt mõõdetud EEG inimesel

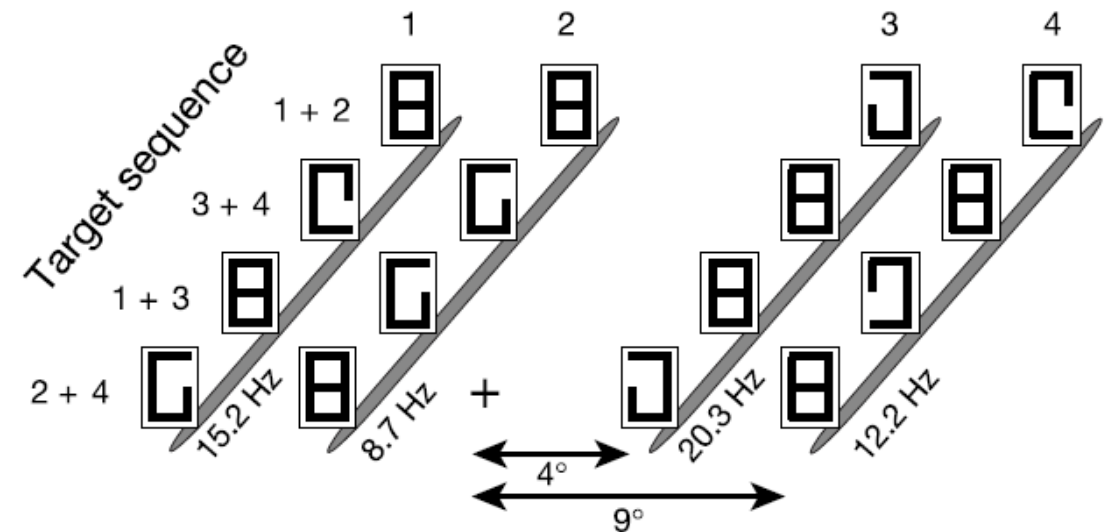
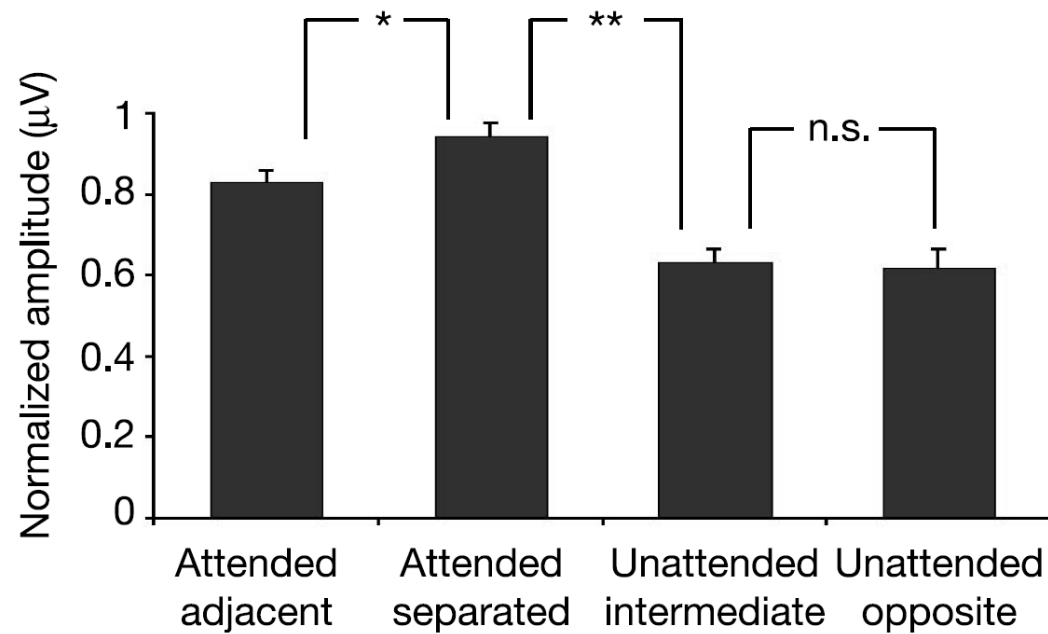
Elektroentsefalograafia termini sünn

Alfa ja Beeta rütmide kirjeldamine

1934 – Adrian and Matthews kordavad
Bergeri tulemusi

(Ince et al., 2020; Teplan, 2002)

Sisemise ruumitähelepanu keset **saab** jagada valikuliselt mitmele ja ruumiliselt harali paikneval sihtstiimulile



(Müller, Malinowski, Gruber, & Hillyard, 2003)

(Müller, Malinowski, Gruber, & Hillyard, 2003)

Vilkumispotentsiaalid ehk SSVEP (*steady-state visually evoke potentials*)



Nicholas Waytowichi (Old Dominioni ülikooli doktorant) poolt loodud ja vilkumispotentsiaalidel baseeruv aju-arvuti liides

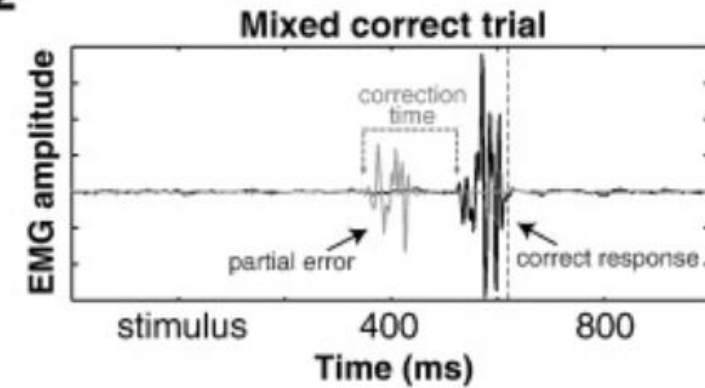
How and Why You Make Mistakes—and Why You Should Make More of Them

Michael Cohen,
Associate Professor of Neuroscience
Radboud University, Netherlands

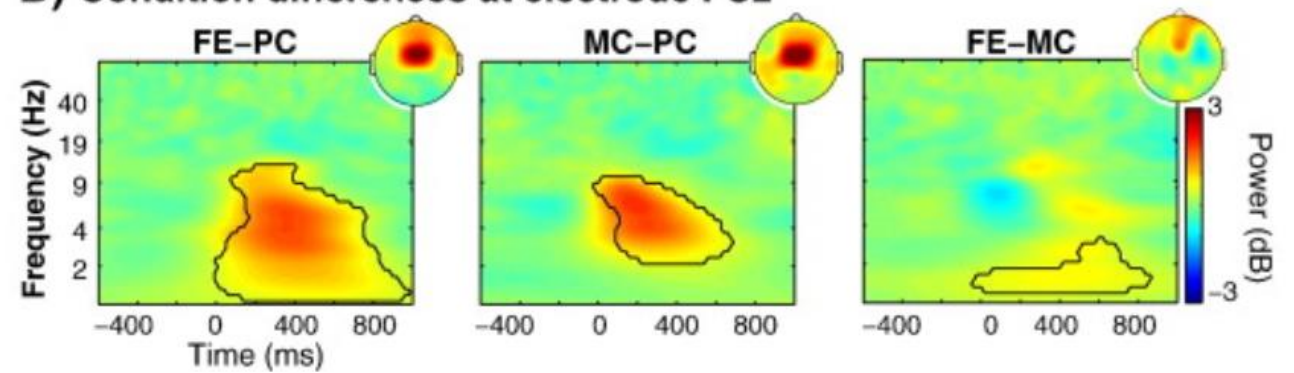
Monday, April 8, 2019

0:01 / 1:24:24

A2

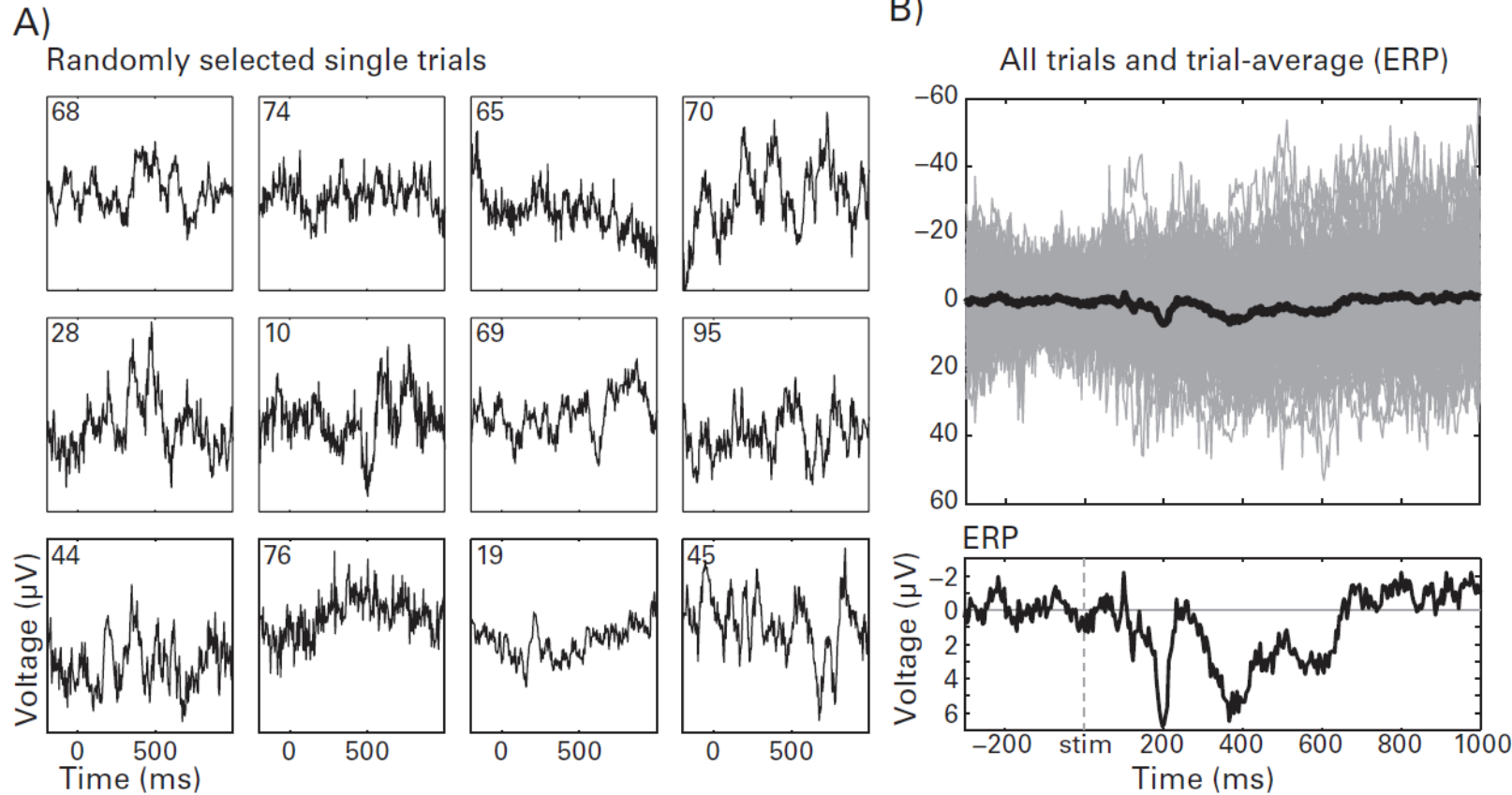


B) Condition differences at electrode FCz



(Cohen, & van Gaal, 2014)

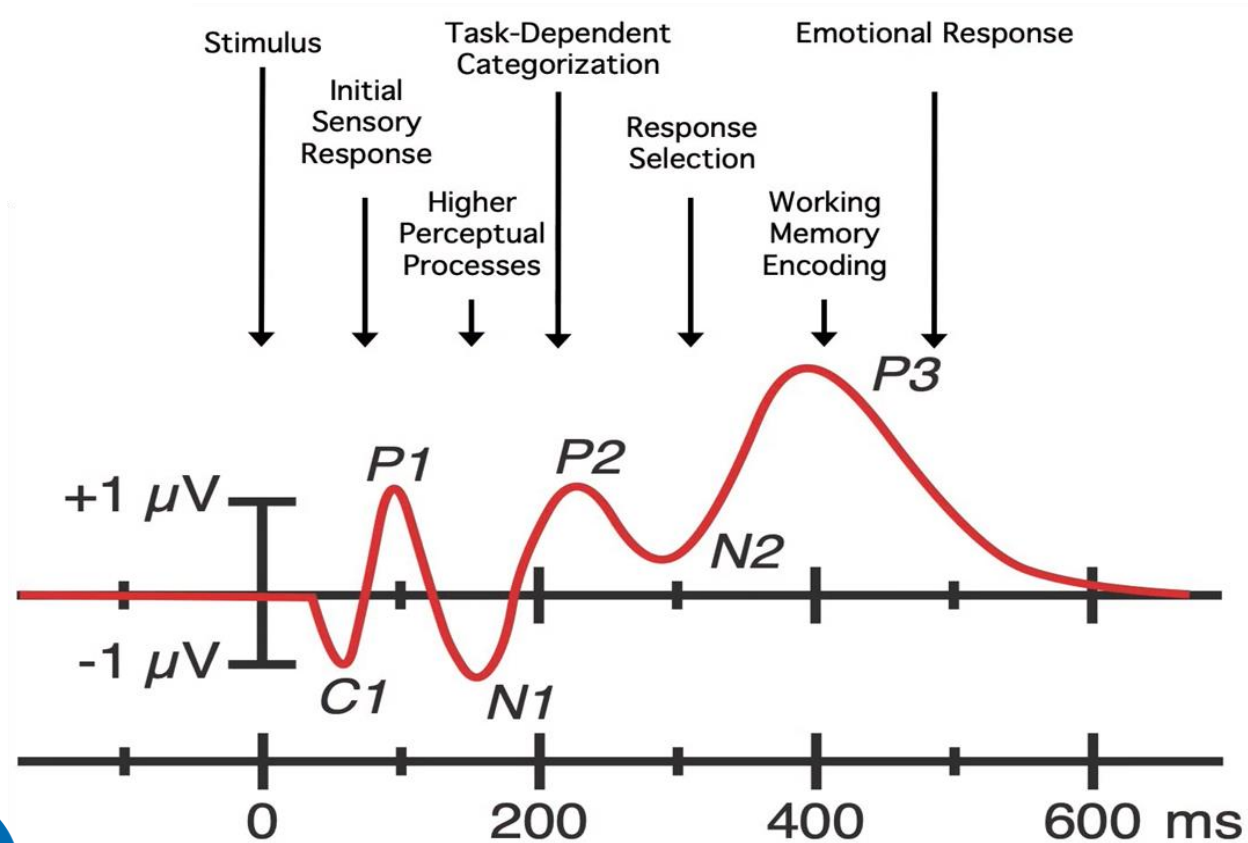
EEG sündmuspotsiaalid (ERP)



Üle paljude esituste
keskmistatud EEG
signaal on kordades
väiksema amplituudiga
kui mürarikkal
üksikseerial

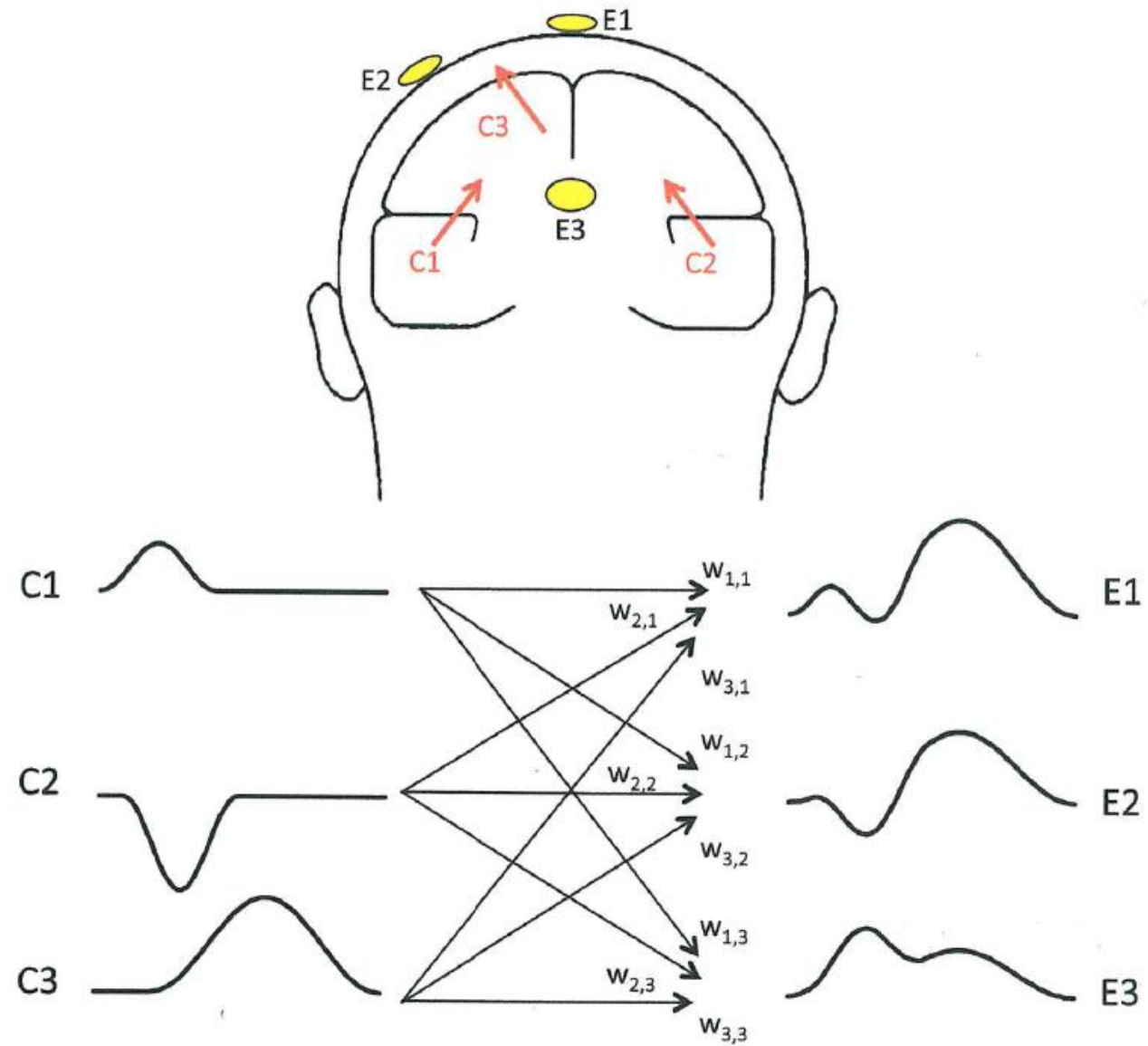
Figure 9.1

EEG sündmuspotsiaalid (ERP)



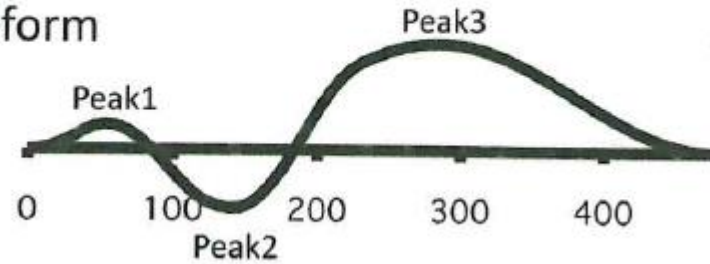
EEG sündmuspotsiaal (*event related potential* - ERP) – sündmuse poolt esile kutsutud aju elektriliste potentsiaalide muutus



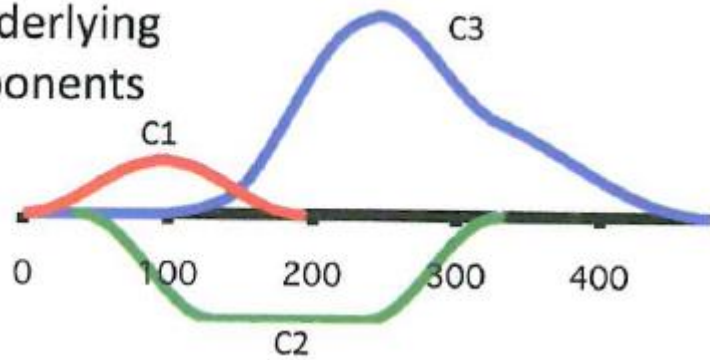


(Luck, 2011, lk 7)

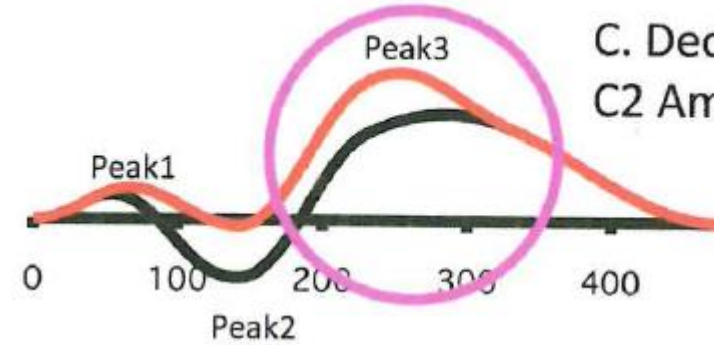
A. Observed
Waveform



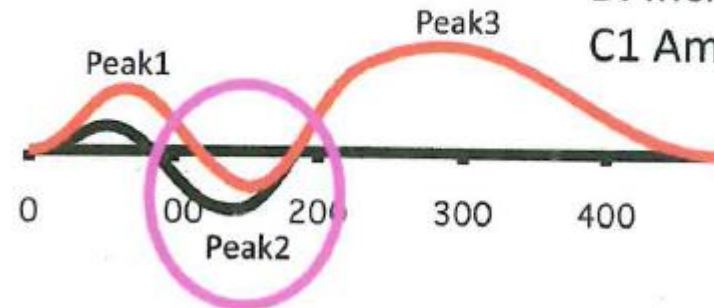
B. Underlying
Components

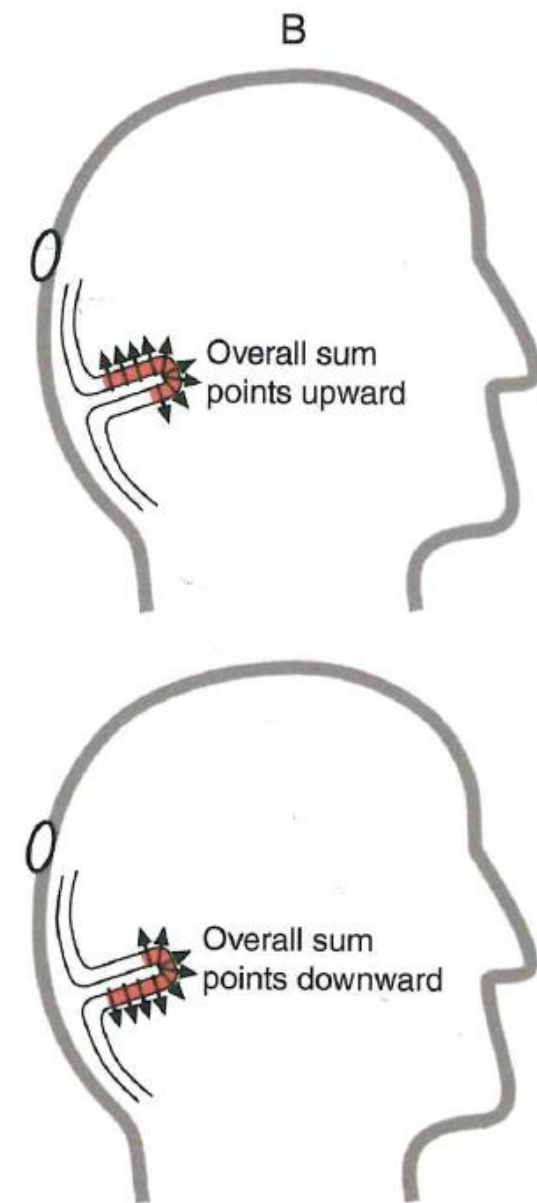
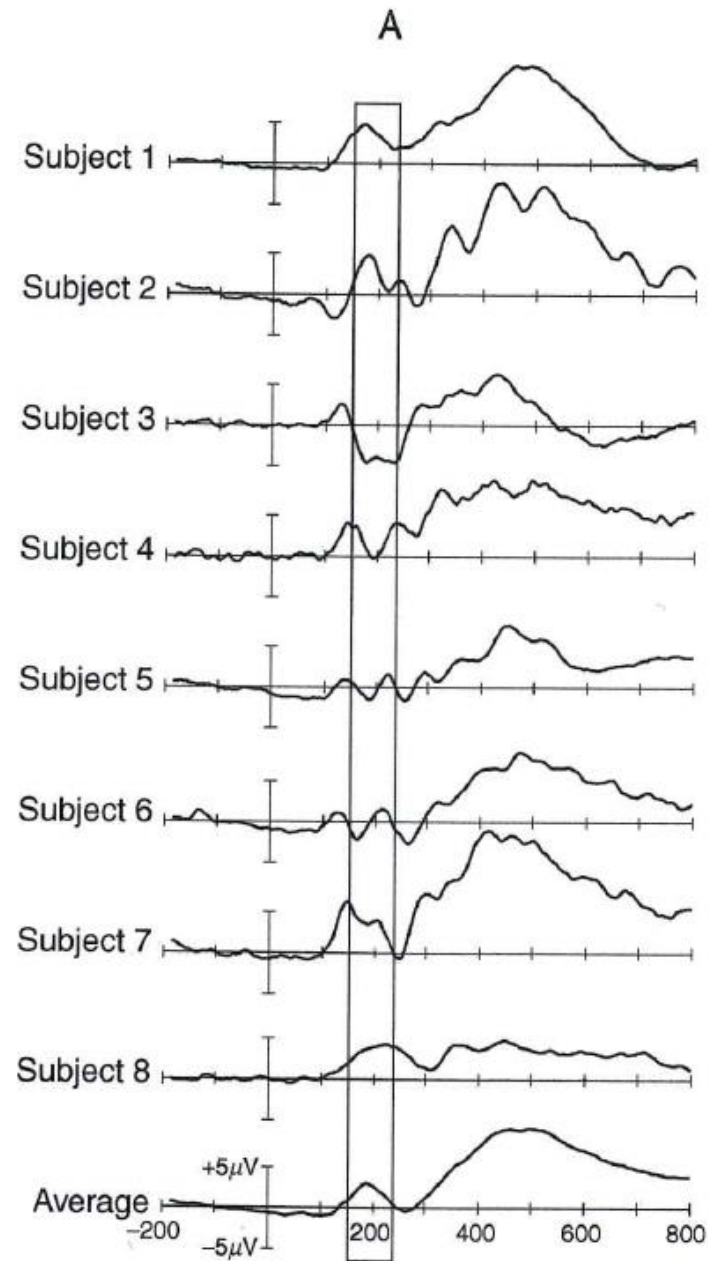


C. Decrease in
C2 Amplitude



D. Increase in
C1 Amplitude





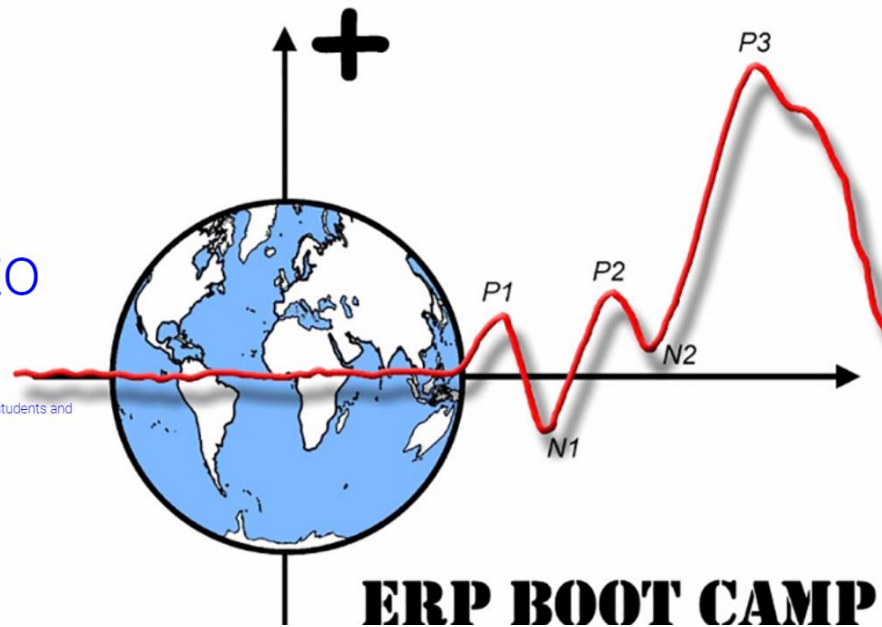
(Luck, 2011, lk 7)

EEG sündmuspotsiaalid

Virtual ERP Boot Camp: Introduction to ERPs

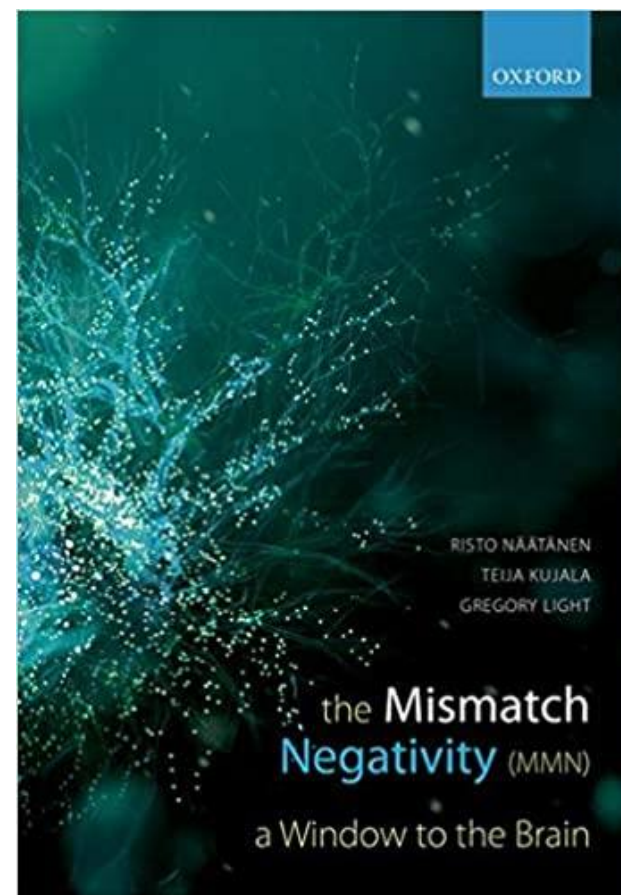
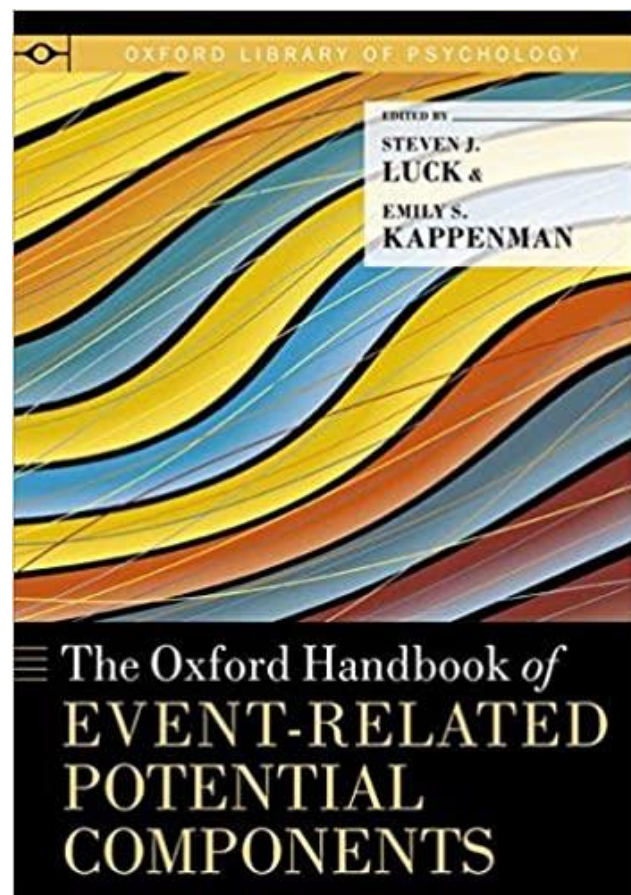
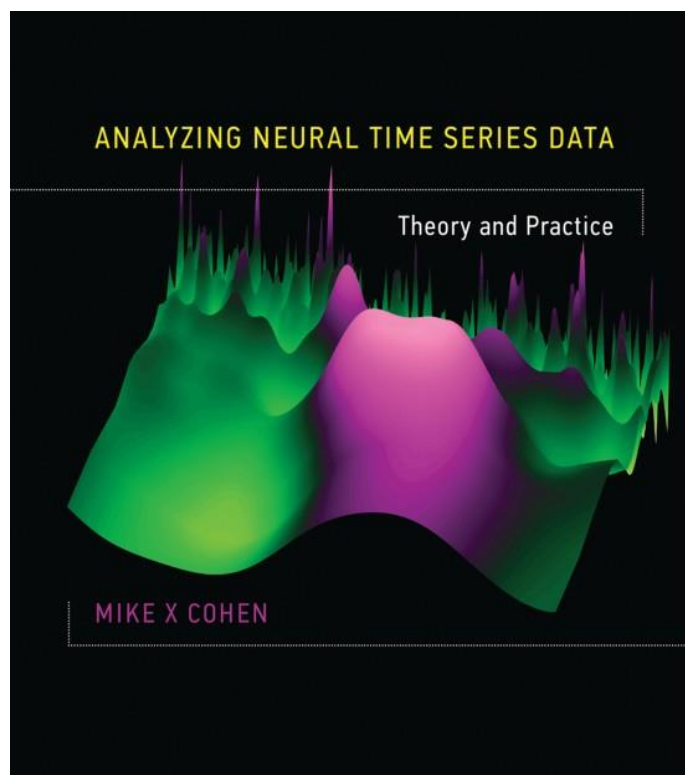
Introduction to the event-related potential technique, designed for students and researchers with little or no prior ERP experience.

Enroll for free



Professor Steven Luck
(Kalifornia Ülikool, Davis)

Kaasprofessor Emily Kappenman
(San Diego Osariiklik Ülikool)



The Mismatch Negativity (MMN)

Risto Näätänen and Kairi Kreegipuu

The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components

Edited by Emily S. Kappenman and Steven J. Luck

Print Publication Date: Dec 2011 Subject: Psychology, Cognitive Psychology, Cognitive Neuroscience

Online Publication Date: Sep 2012 DOI: 10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0081

Go to page: [GO](#)

Abstract and Keywords

The auditory mismatch negativity (MMN) is a change-specific component of the auditory event-related brain potential (ERP) that is elicited even in the absence of attention and can be used as an objective index of sound-discrimination accuracy and auditory sensory memory. The MMN enables one to reach a new level of understanding of the brain processes forming the biological substrate of central auditory perception and the different forms of auditory memory. A review of MMN studies indicates that the central auditory system performs complex cognitive operations, such as generalization leading to simple concept formation (e.g., a rising pair irrespective of the specific frequency values), rule extraction, and the anticipation of the next stimulus at the preattentive level. These findings demonstrate the presence of a cognitive change-detection mechanism in the auditory cortex.

Keywords: mismatch negativity (MMN), auditory event-related potential, sound discrimination, auditory sensory memory

Mõned sündmuspotentsiaalide kasutusvaldkonnad

Uurida kognitiivsete ja tajuliste protsesside ajalist dünaamikat

Uurida katseisikuid, kes ei saa või ei suuda eksplitsiidseid vastuseid anda (nt imikuid, magavaid katseisikuid, kooma patsiente)

Uurida töötlust, mille puhul vastuse andmine võiks töötlust oluliselt muuta (nt stiimulite tähelepanuvälise töötluse puhul)

Uurida töötlust, mis ei pruugi käitumises väljenduda (nt maskeeritud stiimulite töötlemine)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaaliid ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriate väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

0. Kontrollin, kas kõik on nii nagu peab (sh stiimulite ja vastamisklahvide ajastus, randomiseerimine, sündmussignaali ja nende ajastus)

1. Andmete importimine, referentsi valimine ja rakendamine, filtreerimine (nt 0,1/0,5 Hz kõrgpääsu filter, ribatõkke filter 48-52 Hz / 30 Hz madalpääsu filter), ajaakende defineerimine (nt -1 s ja +3 s) ja leidmine, baastaseme lahutamine (nt -0,2 s), mürarikaste seeriade väljajätmine (manuaalne/automaatne), mürarikaste kanalite interpoleerimine, sõltumatute komponentide analüüs (*independent component analysis*; ICA)

Eeltöötlus

2. Põhiliselt silmaliigutustega seotud ICA komponentide eemaldamine
3. Ajaakende ja tingimuste keskmise leidmine, sagedusanalüüs jne
4. Andmete visualiseerimine ja tabelisse salvestamine, statistika jne

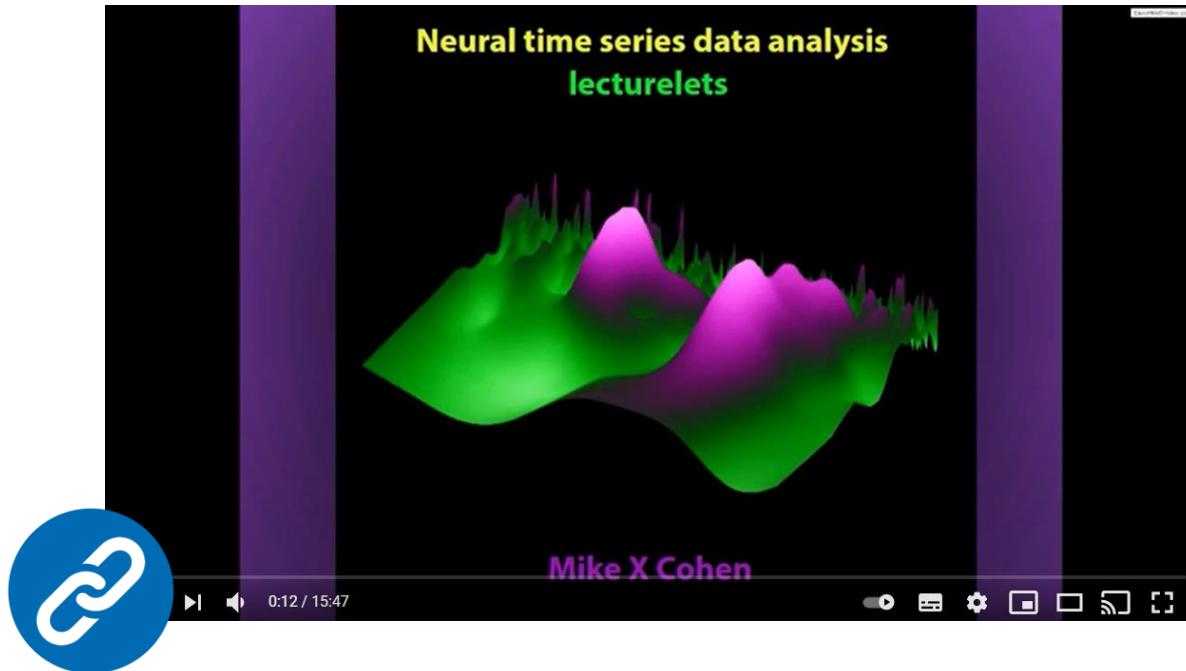
Eeltöötlus

2. Põhiliselt silmaliigutustega seotud ICA komponentide eemaldamine
3. Ajaakende ja tingimuste keskmise leidmine, sagedusanalüüs jne
4. Andmete visualiseerimine ja tabelisse salvestamine, statistika jne

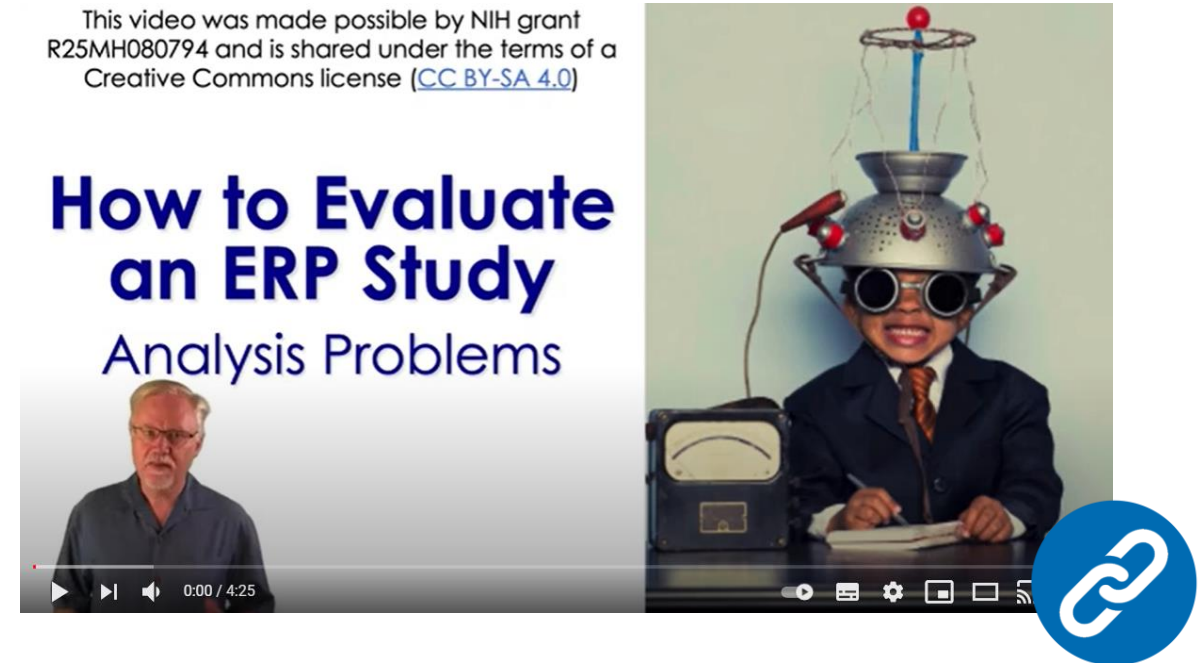
Eeltöötlus

2. Põhiliselt silmaliigutustega seotud ICA komponentide eemaldamine
3. Ajaakende ja tingimuste keskmise leidmine, sagedusanalüüs jne
4. Andmete visualiseerimine ja tabelisse salvestamine, statistika jne

Ülevaade EEG signaali eeltöötlustest

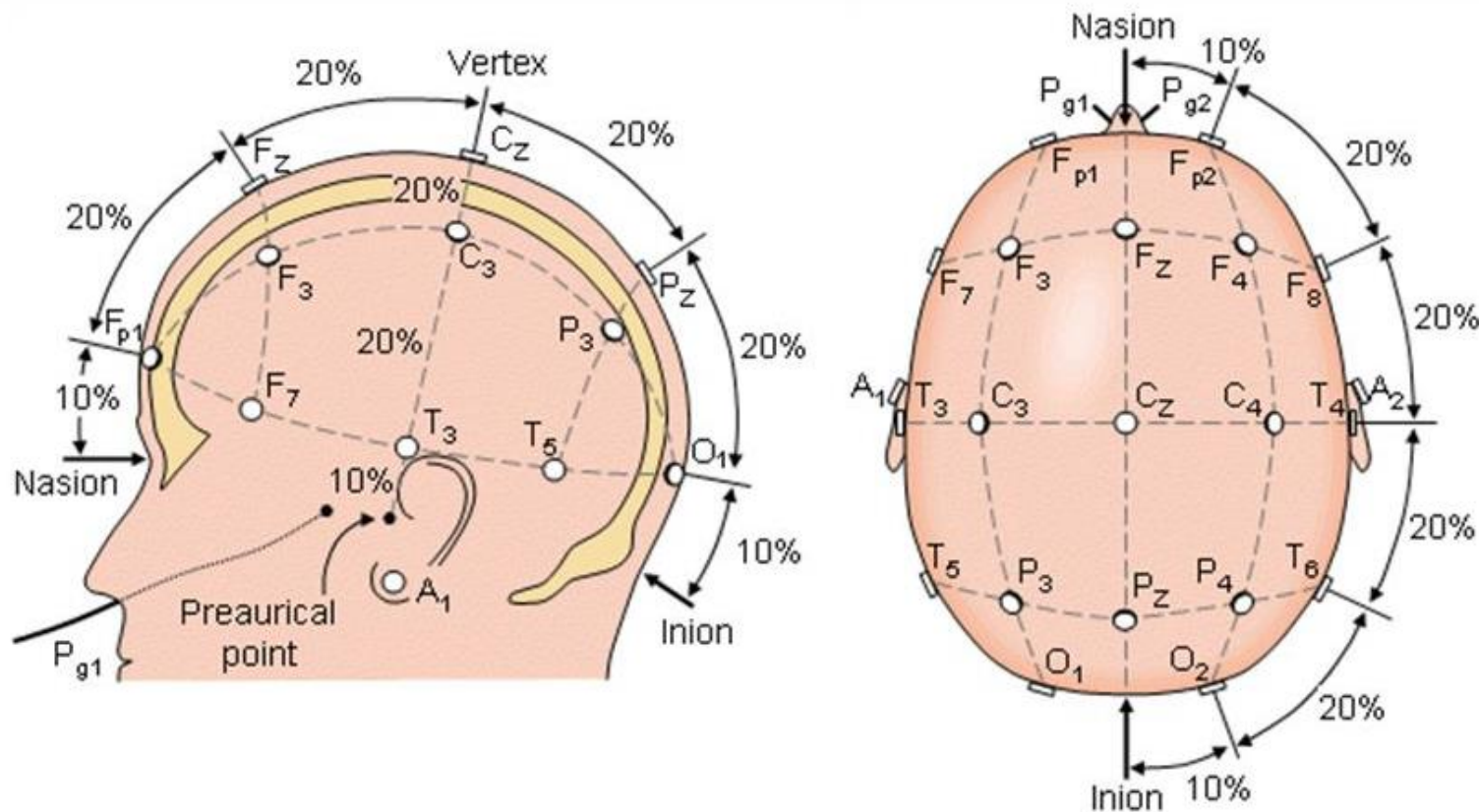


Professor Mike X Cohen (Radboudi Ülikool ja Dondersi instituut)



Professor Steven Luck (Kalifornia Ülikool, Davis)
Kaasprofessor Emily Kappenman (San Diego Osariiklik Ülikool)

Elektroodide paigutamine



Valdav osa töid kasutab EEG elektroodide paigutamisel rahvusvahelist 10-20 paigutust.



Paarisarvud tähistavad paremat ja paaritud vasakut ajupoolkera.

Arvu suurus väljendab kaugust nasoni ja inioni vahelisest kaskjoonest.

Elektroodi nimetamisel kasutatud tähed vihjavad sagaratele (nt frontaal, temporaal jne)



Scalp electrode impedance, infection risk, and EEG data quality

Thomas C Ferree ^{a, b}  , Phan Luu ^{a, c}, Gerald S Russell ^{a, d}, Don M Tucker ^{a, c}

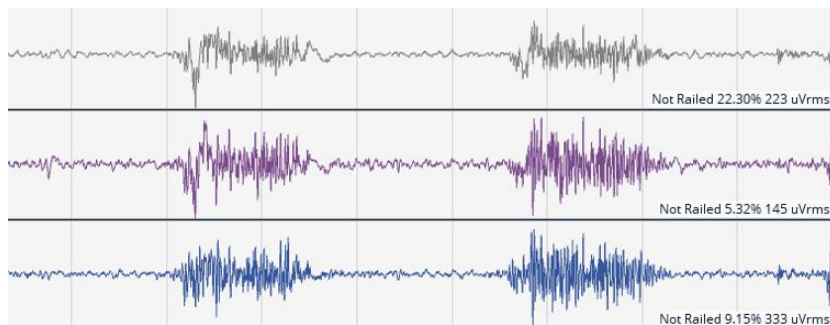
Results: There was no significant change in amplitude of any EEG frequency as scalp-electrode impedance increased from less than 5 k Ω (abraded skin) to 40 k Ω (intact skin). As expected, 60 Hz noise increased linearly as a function of the absolute impedance and impedance mismatch between the measurement and reference electrodes.

Conclusion: With modern high input-impedance amplifiers and accurate digital filters for power line noise, high-quality EEG can be recorded without skin lesions.

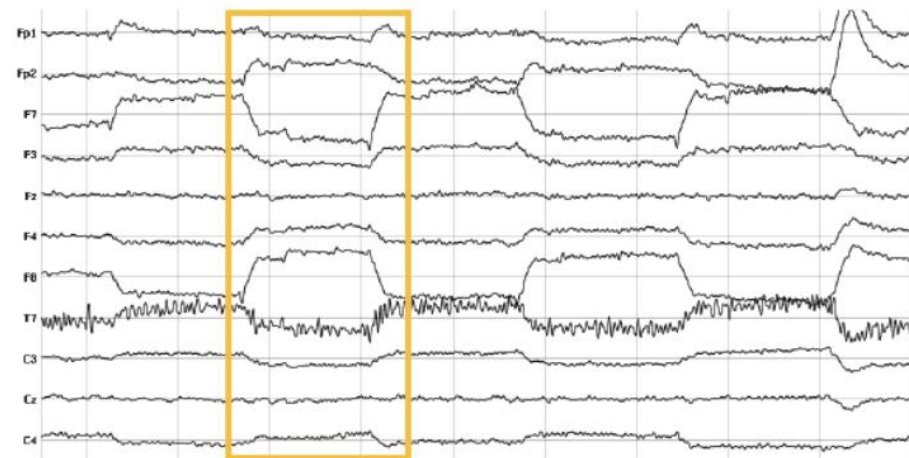
Pilgutus, lihasmüra, liigutamine,
silimaliigutused (EOG), elektriliinide
müra, alfa aktiivsus (aegrida ja
sagedusgraafik), elektroodi paigast
nihkumine

Mis liiki signaali või müraga on tegemist? (1)

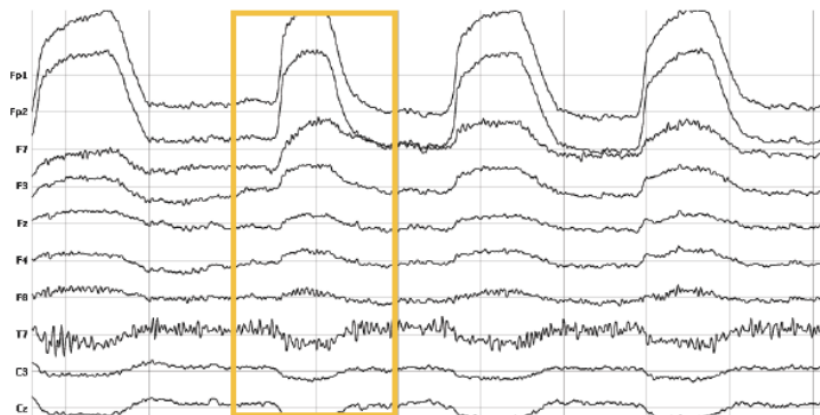
1



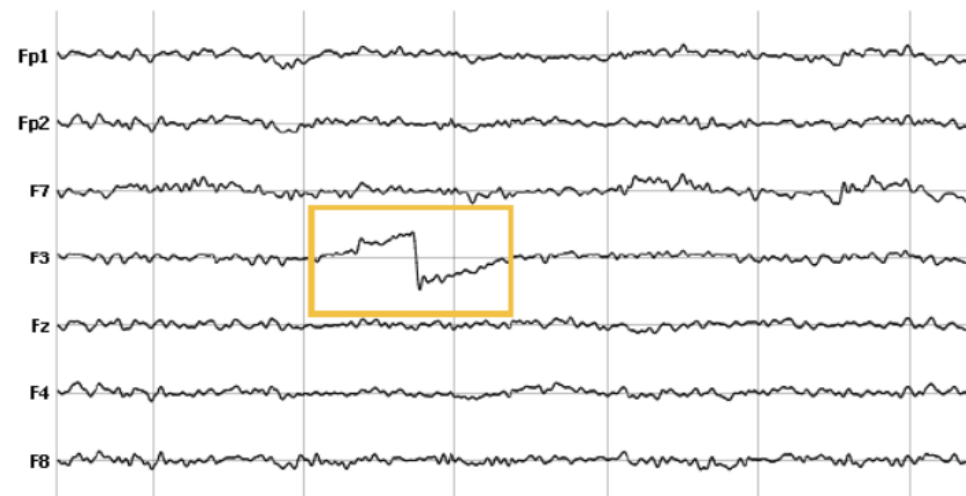
2



3

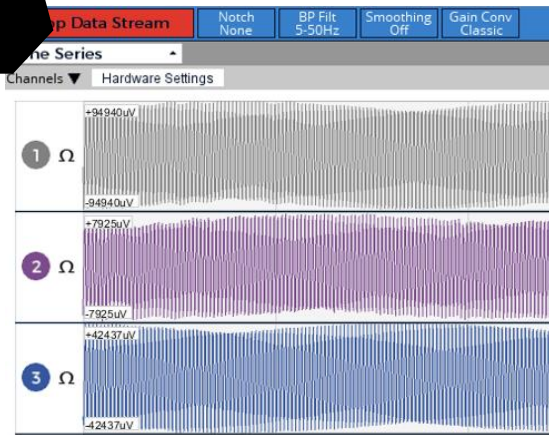


4

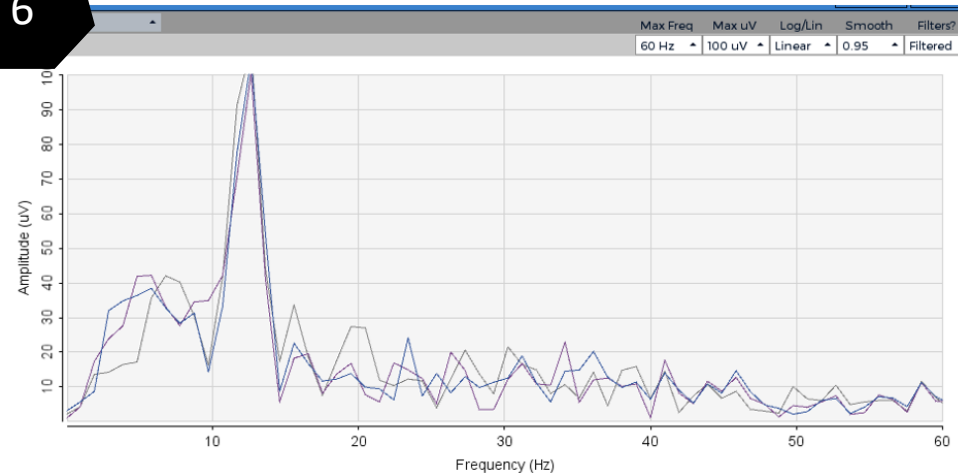


Mis liiki signaali või müraga on tegemist? (2)

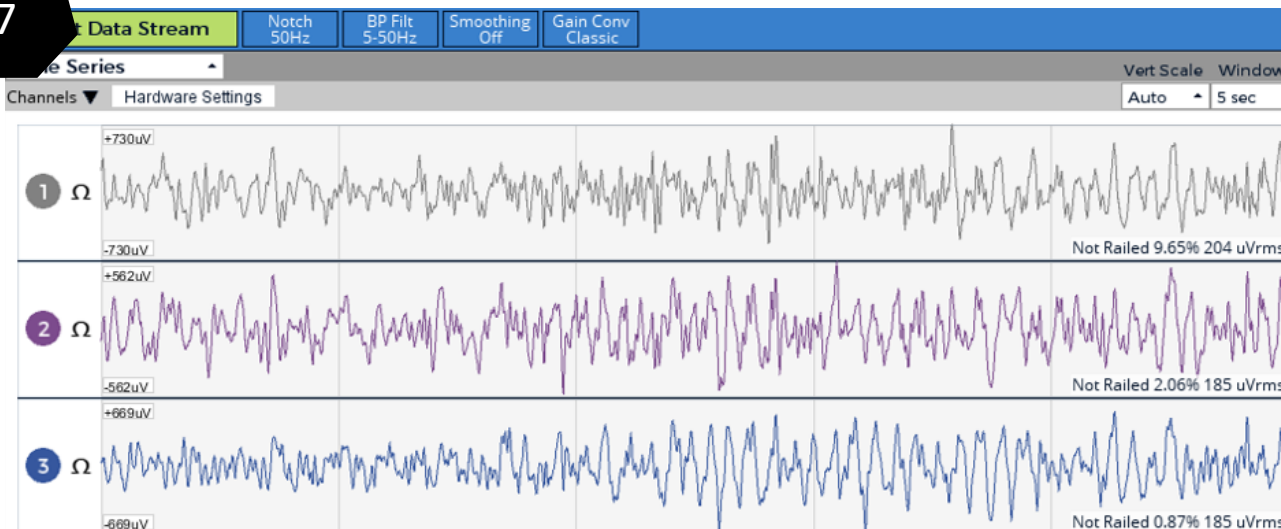
5



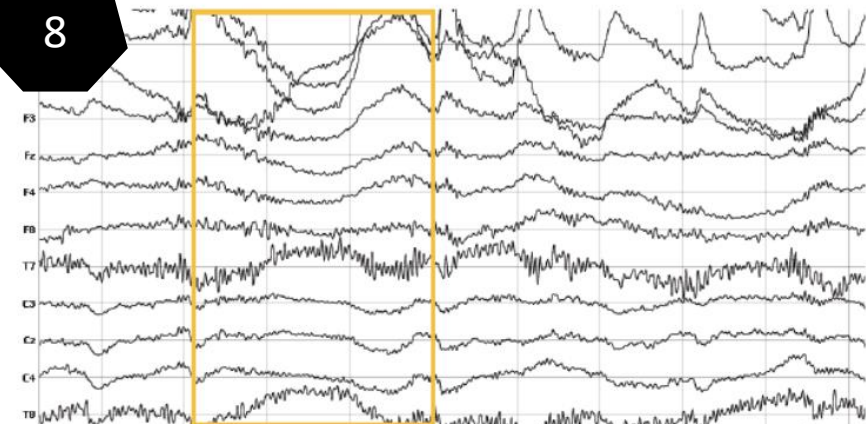
6



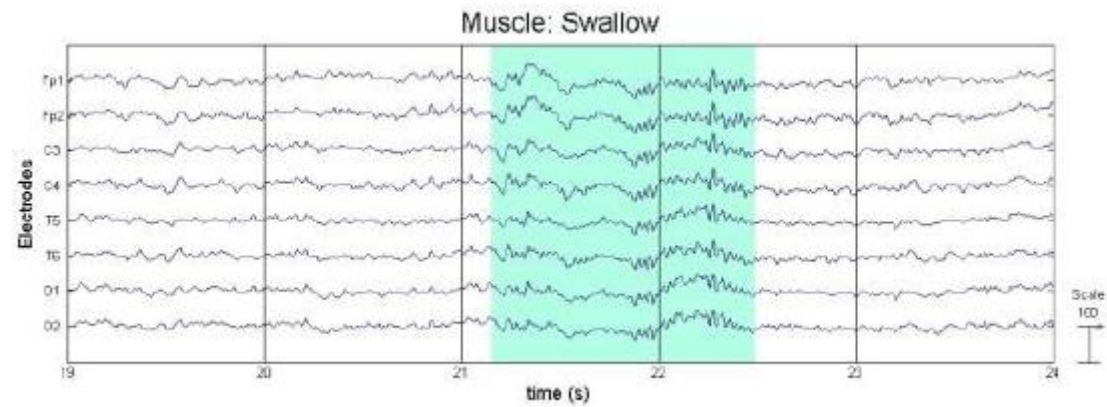
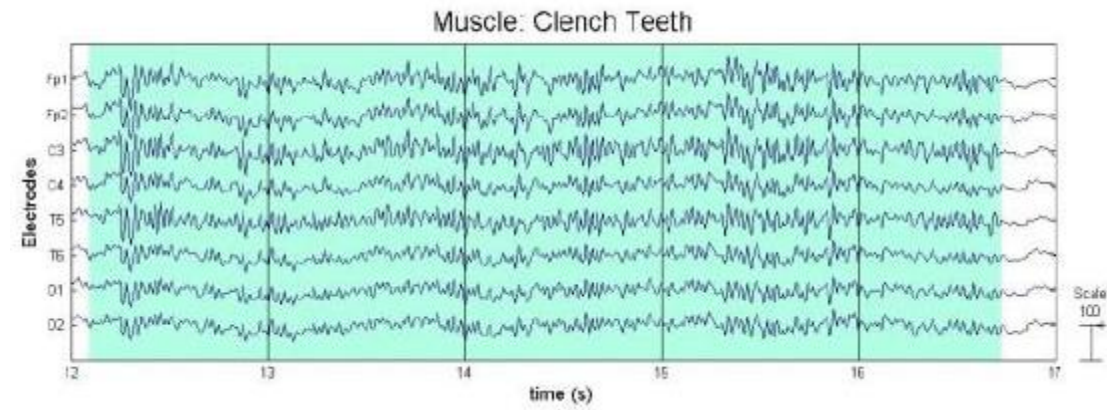
7



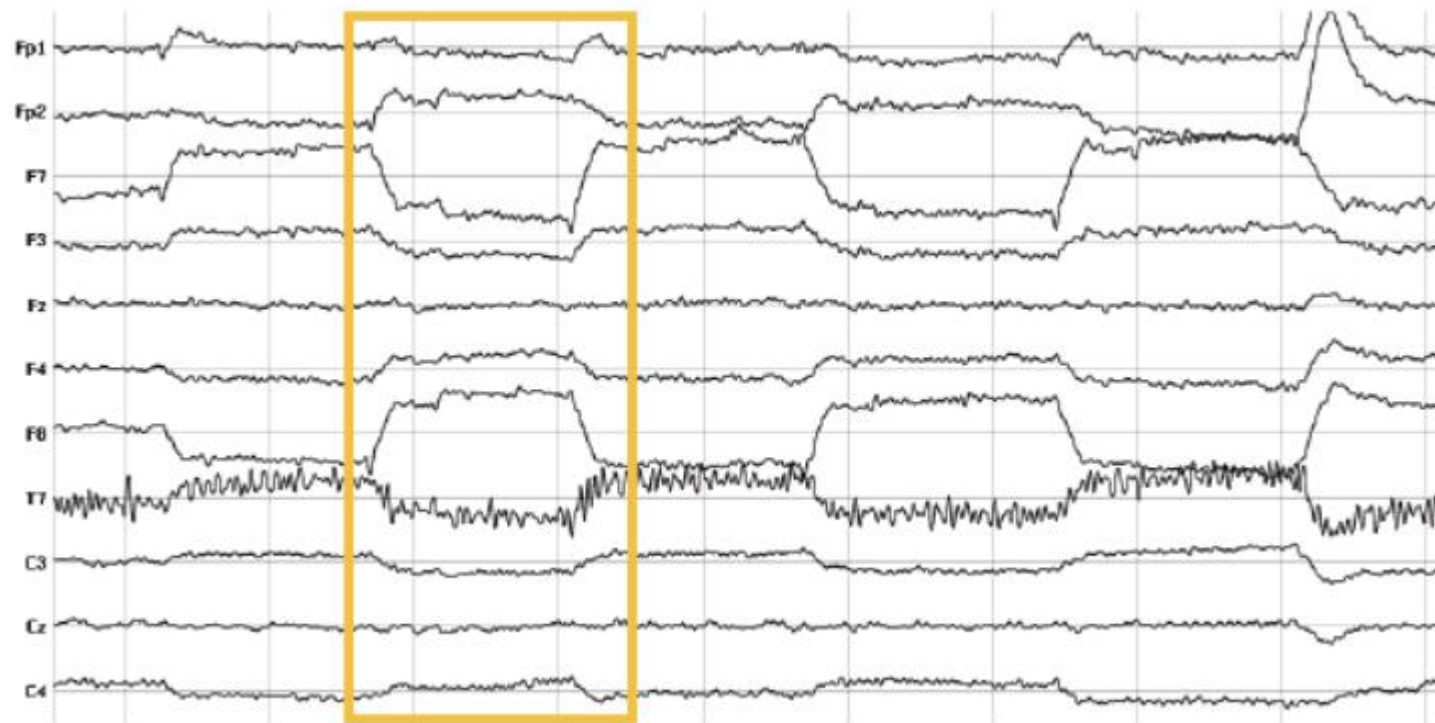
8



Lihasmüra (EMG, ECG)

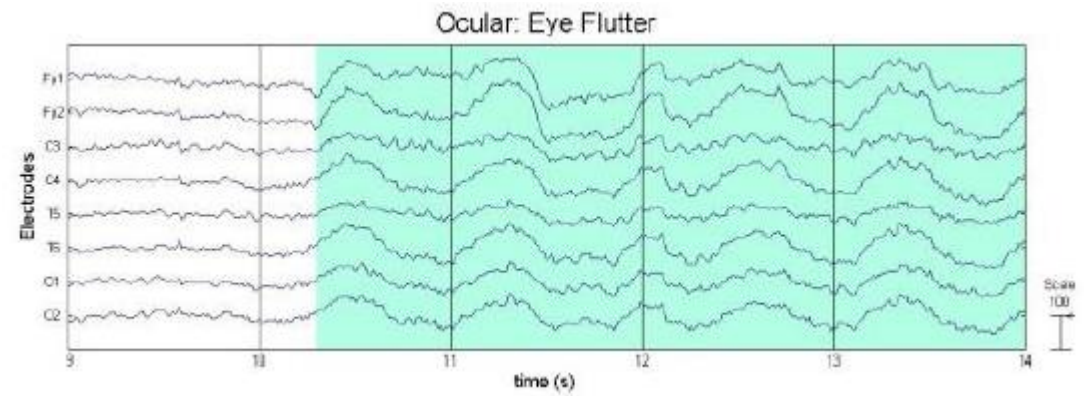
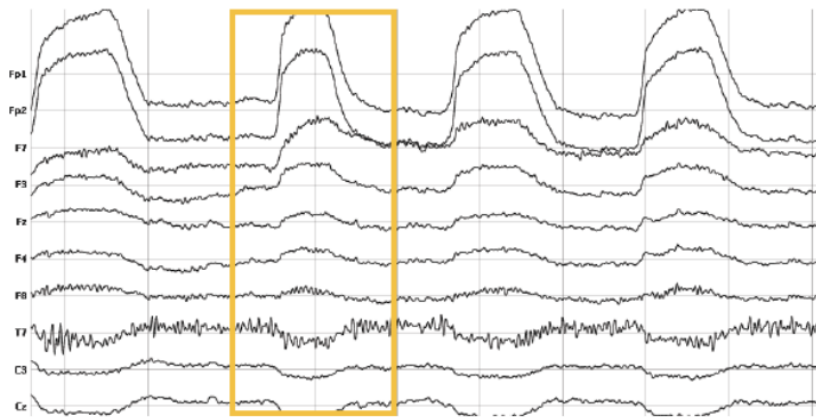
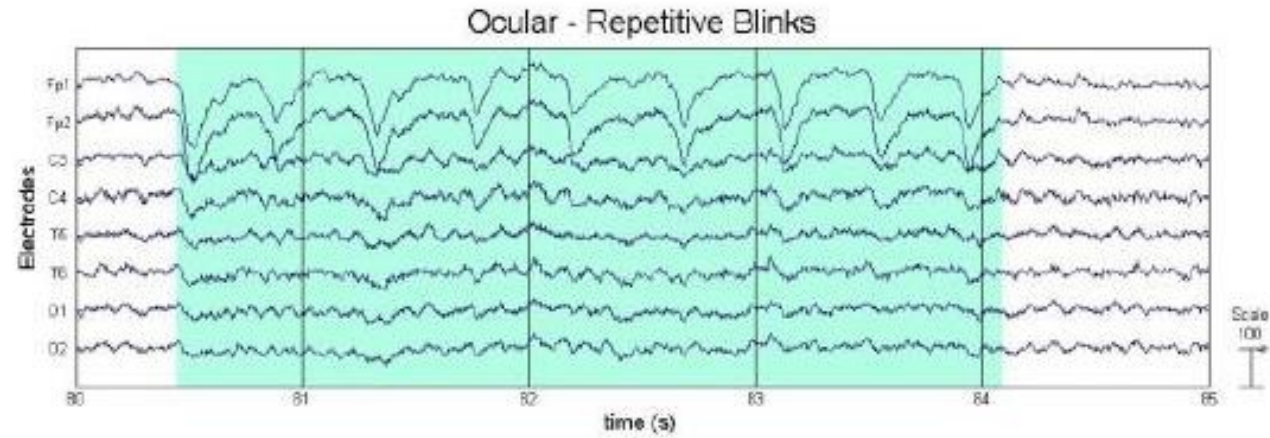


Silmaliigutused



(Farnsworth, 2019)

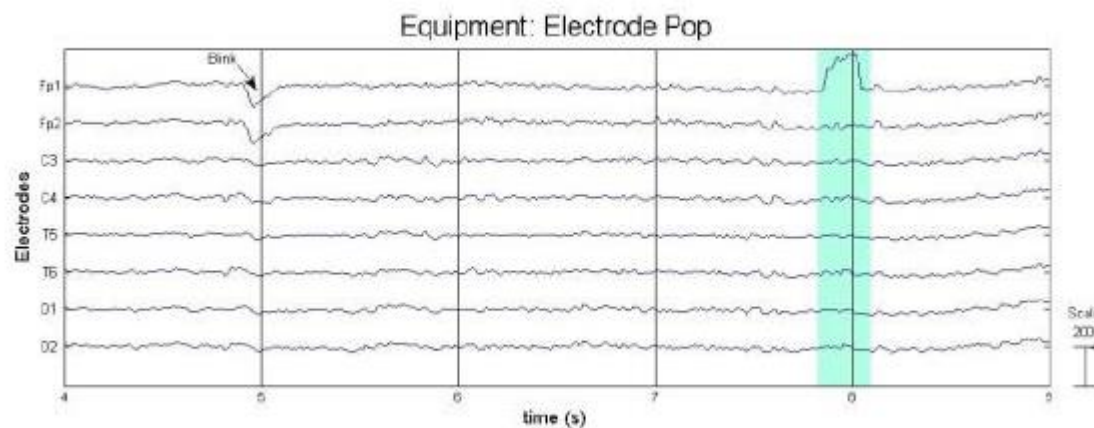
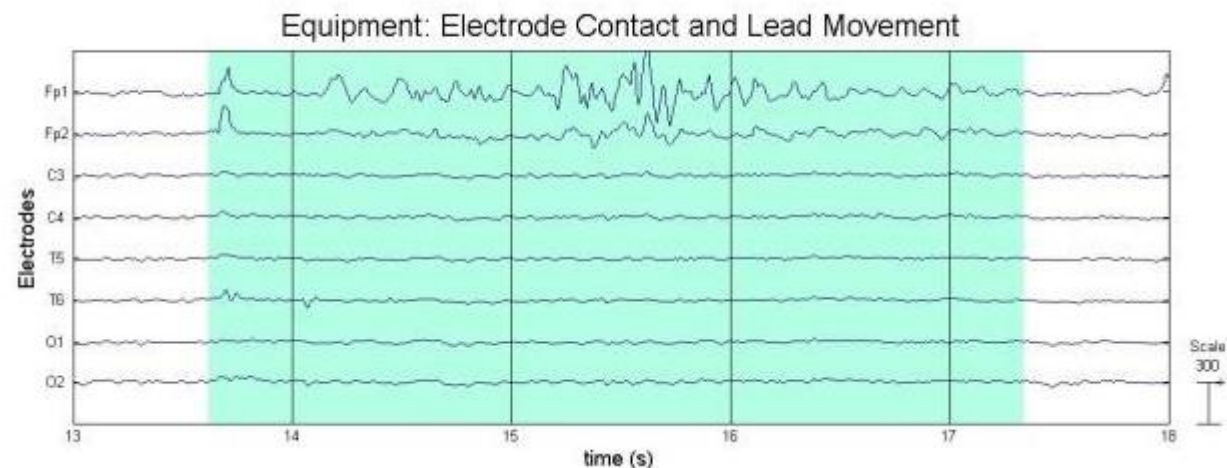
Pilgutused



(Farnsworth, 2019)

(Schembri, Anthony, & Pelc, 2017)

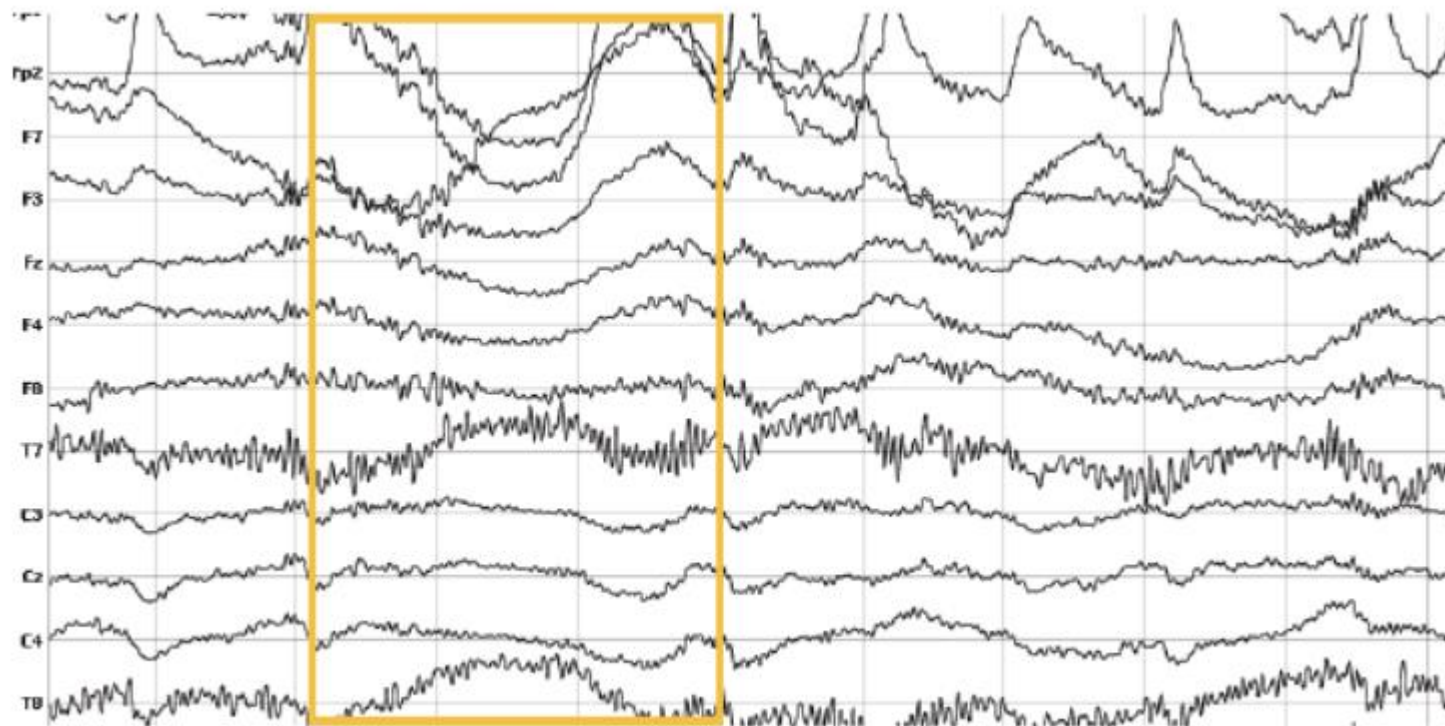
Elektroodide liikumine ja ühenduse probleemid



(Farnsworth, 2019)

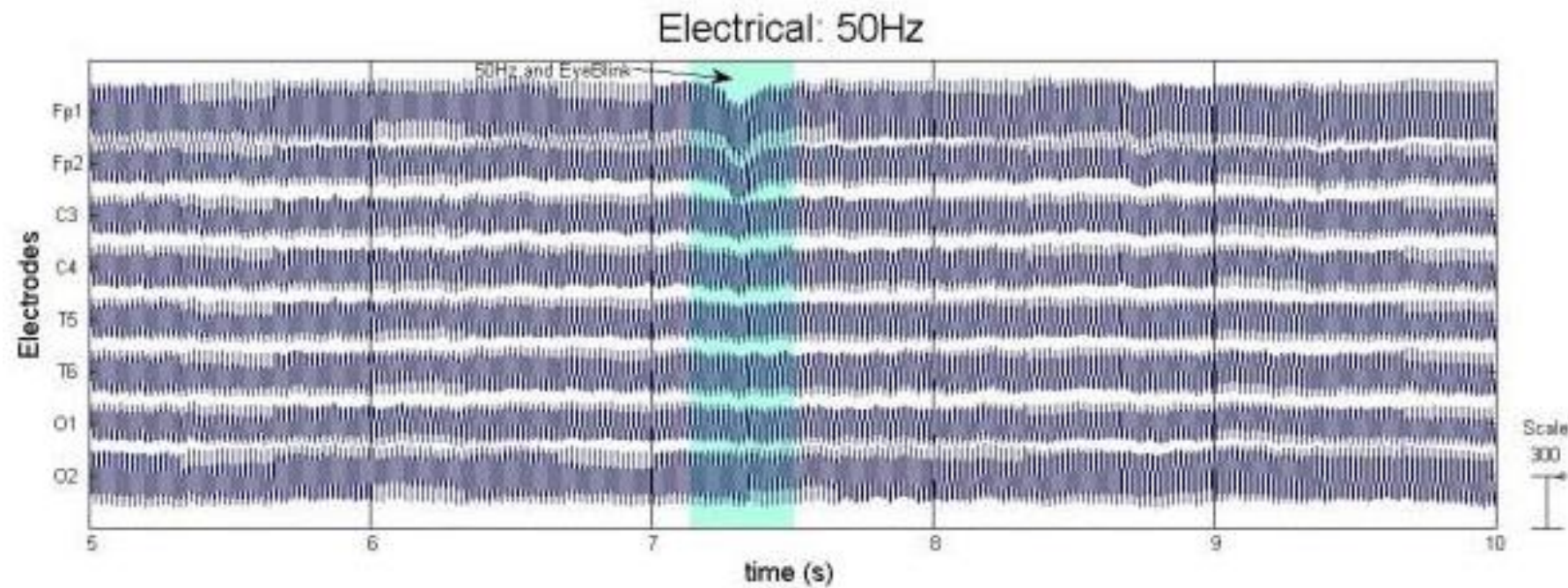
(Schembri, Anthony, & Pelc, 2017)

Katseisiku pea liikumine



(Farnsworth, 2019)

Vahelduvvooluga seotud müra



(Schembri, Anthony, & Pelc, 2017)

Kasutatud kirjandus (esinemise järjekorras)

Cohen, M. X., & van Gaal, S. (2014). Subthreshold muscle twitches dissociate oscillatory neural signatures of conflicts from errors. *Neuroimage*, 86, 503-513.

Raidvee, A., Lember, J., & Allik, J. (2017). Discrimination of numerical proportions: A comparison of binomial and Gaussian models. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 267-282.

Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford university press.

Cohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data: theory and practice*. MIT press.

Luck, S. J. (2005). An introduction to event related potentials and their neural origins. *An introduction to the event related potential technique*, 11.

Kouider, S., Andrillon, T., Barbosa, L. S., Goupil, L., & Bekinschtein, T. A. (2014). Inducing Task-Relevant Responses to Speech in the Sleeping Brain. *Current Biology*, 24(18), 2208–2214.

Ferree, T. C., Luu, P., Russell, G. S., & Tucker, D. M. (2001). Scalp electrode impedance, infection risk, and EEG data quality. *Clinical neurophysiology*, 112(3), 536-544.

Schembri, P., Anthony, R., & Pelc, M. (2017). Detection of Electroencephalography Artefacts using Low Fidelity Equipment. In *PhyCS* (pp. 65-75).

Farnsworth, B. (2019). EEG (Electroencephalography): The Complete Pocket Guide. Retrieved from <https://imotions.com/blog/eeg/>



Aitäh!

Küsimused?