

8. PŘEDNÁŠKA – SIGNÁLY MOZKU 2

- **Artefakty v EEG**
 - Artefakty z prostředí, přístroje a pacienta
- **EEG v neurologii**
 - Abnormální EEG
 - Paroxysmální aktivity
- **Evokované potenciály (EP)**
 - Senzorické (sluchové (AEP), zrakové (VEP), somatosenzorické (SEP))
 - Motorické (MEP)
 - Kognitivní (ERP)
- **Analýza EEG a EP**
 - Detekce epileptiformní aktivity
 - Evokované potenciály (AEP / SEP)
 - Mapování mozkové odpovědi

Artefakty v EEG

- **Artefakty z prostředí**
 - Síťový artefakt
- **Artefakty z přístroje**
 - Elektroodový artefakt
 - Solný můstek
- **Artefakty z pacienta**
 - EKG artefakt
 - EKG artefakt z kardiostimulátoru
 - Pulsový artefakt
 - Svalový artefakt
 - Oční artefakt z vertikálních pohybů bulbů
 - Oční artefakt z horizontálních pohybů bulbů
 - Oční artefakt při protéze bulbu
 - Oční artefakt při alfa atenuační reakci
 - Artefakt z pocení

Artefakty v EEG

Artefakty z prostředí

Síťový artefakt



Artefakty z přístroje

Elektrodový artefakt

Solný můstek



Artefakty z pacienta

EKG artefakt

EKG artefakt z kardiostimulátoru

Pulsový artefakt

Svalový artefakt

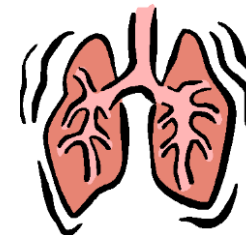
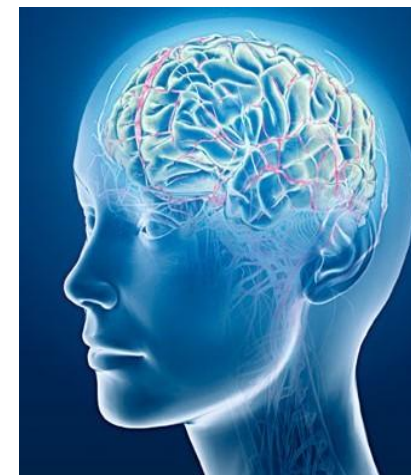
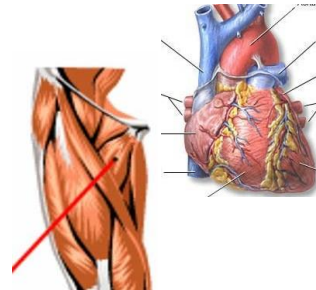
Oční artefakt z vertikálních pohybů bulbů

Oční artefakt z horizontálních pohybů bulbů

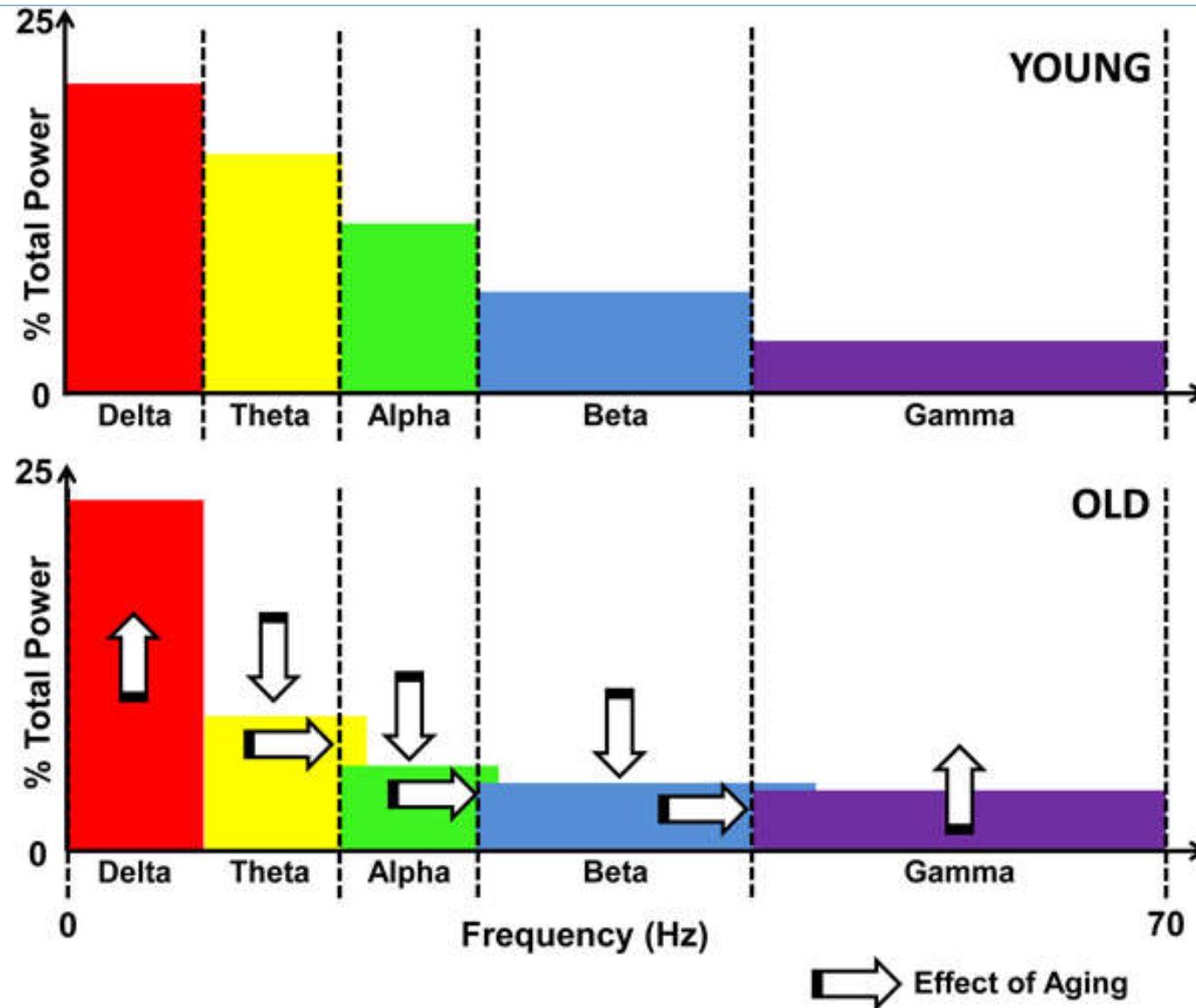
Oční artefakt při protéze bulbu

Oční artefakt při alfa atenuační reakci

Artefakt z pocení



Vliv stárnutí v EEG spektru



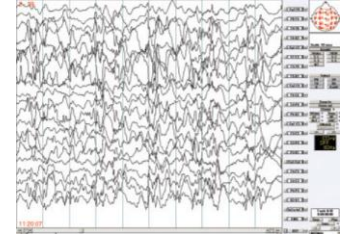
3 hlavní oblasti zájmu:

- spontánní nezáchvatovitá aktivita (neparoxysmální, background)
- spontánní záchvatovitá aktivita (paroxysmální)
- evokované potenciály

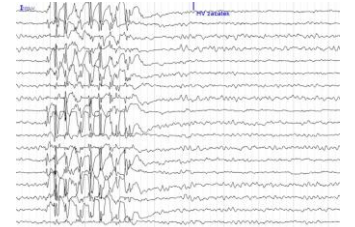
Abnormální EEG

- abnormality základní aktivity
 - demence
 - zhmoždění
 - absces
 - nádory
 - CMP
- **paroxysmální abnormality**
 - periodické
 - nemoc šílených krav
 - **epileptiformní**
 - interiktální
 - ložiskové (parciální, fokální)
 - generalizované
 - **iktální**

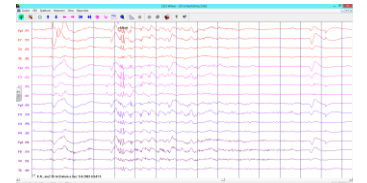
- **Infantilní spasmy**



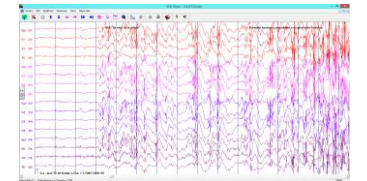
- **Dětské absence**



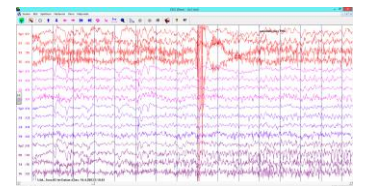
- **Epileptický myoklonus**



- **Generalizovaný tonicko-klonický záchvat**



- **Temporální záchvat**



Senzorické evokované potenciály

- reakce mozku na senzorický podnět
 - **zrakový** (VEP)
 - **sluchový** (AEP)
 - **somatosenzorický** (SEP)
- elektrody na hlavě
- velmi slabé signály
- analýza tvaru vlny poskytuje informaci o abnormalitách a lézích příslušné nervové dráhy

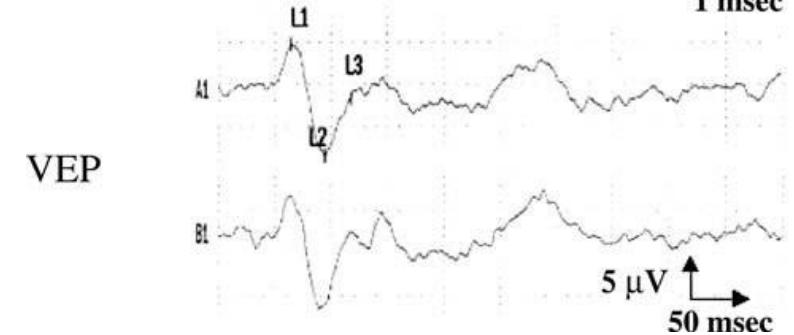
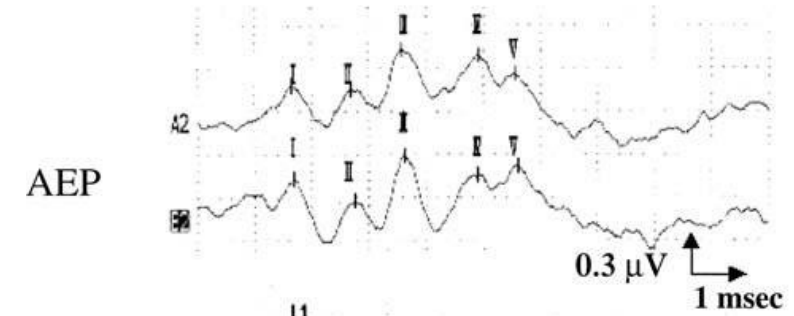
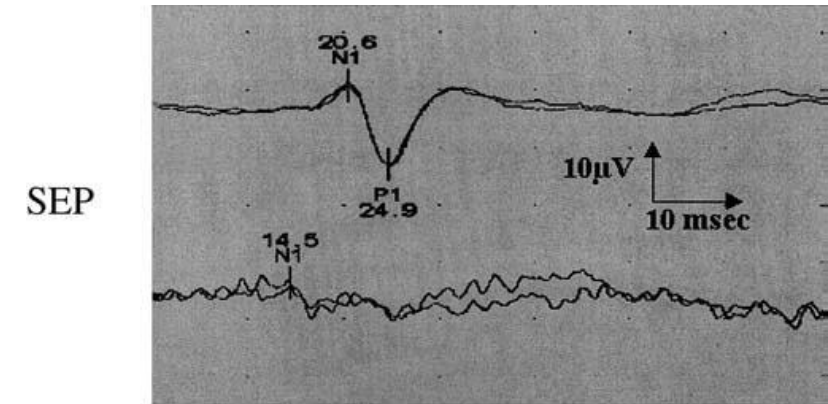
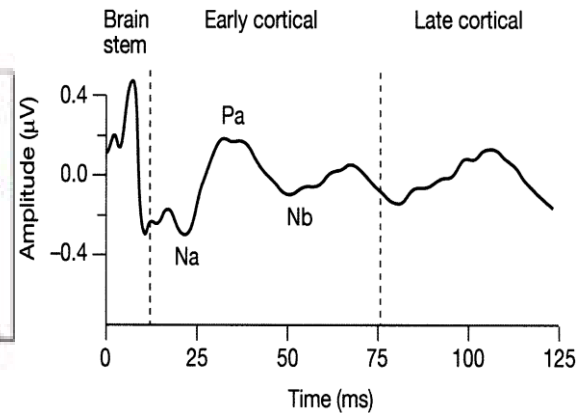
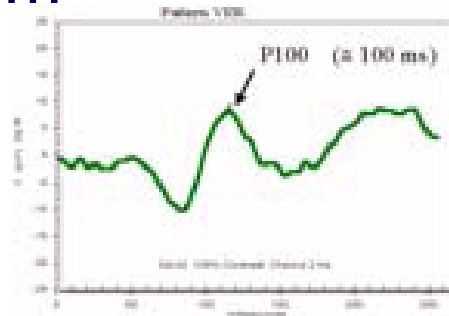


Šíření evokovaných potenciálů

- Nadprahový stimul evokuje elektrický impuls senzoričkých nervových buněk
- Impulzy se šíří podél nervových vláken v mozku
- Ve složitých strukturách kůry jsou impulzy zesíleny a zpomaleny

Analýza EP

- z odezvy se odečtou se charakteristické vlny
 - P1, N1, P2, ...
 - I, II, III,
 - P100
- měření se porovná s normou
 - 1-kanálová analýza (polarita, latence, amplituda)
 - více-kanálová analýza
 - normy pro každou laboratoř a věk

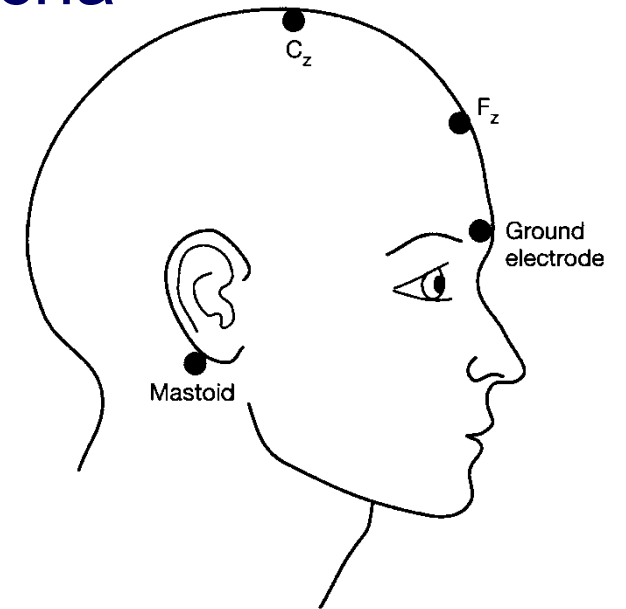


Senzorické evokované potenciály

Sluchové evokované potenciály – AEP (auditory evoked potentials)



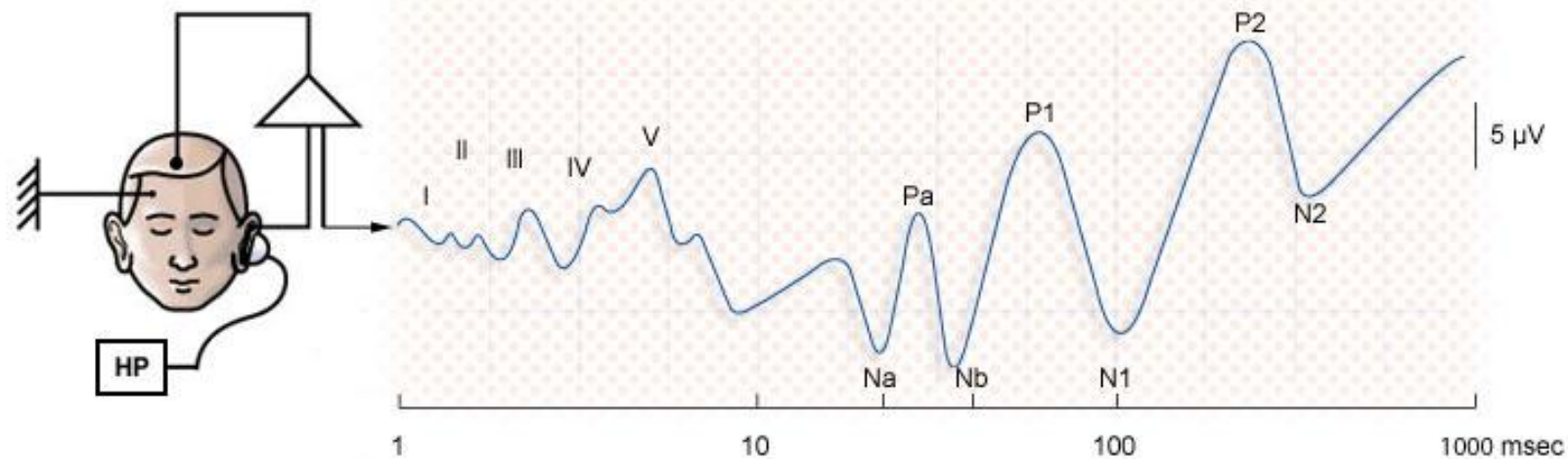
- stimulace: krátké zvukové impulzy do jednoho ucha
 - klik (cvaknutí) asi 100 μ s
 - tón (pípnutí)
 - opakovací frekvence stimulů 1 až 50 Hz
 - 2000 stimulů
 - průměrované napětí asi 0,5 μ V
- snímání: +Cz, -A1, ref A2
- AEP popisují jak se informace šíří z akustického nervu do kůry



Senzorické evokované potenciály

Sluchové evokované potenciály – AEP (auditory evoked potentials)

| latence | odpověď | |
|--------------|------------------------|--------------------------------------|
| 0 až 20 ms | časná, mozkového kmene | BAEP – brainstem auditory EP |
| 20 až 70 ms | střední korová | MLR – middle latency response |
| 70 až 500 ms | pozdní korová | SVP – slow vertex response |

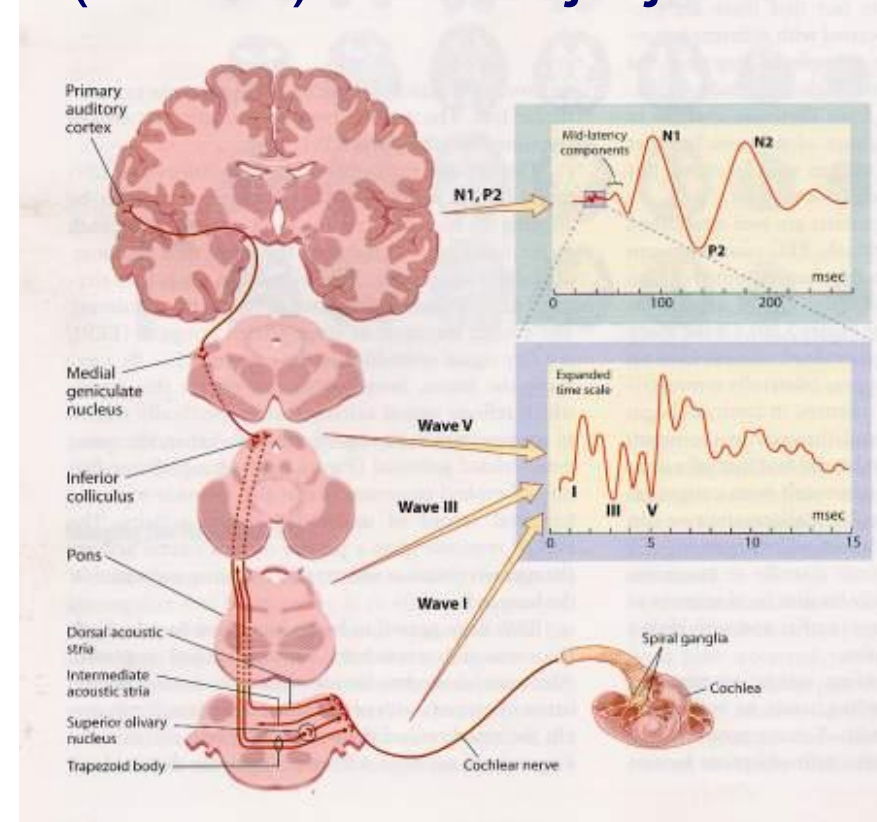
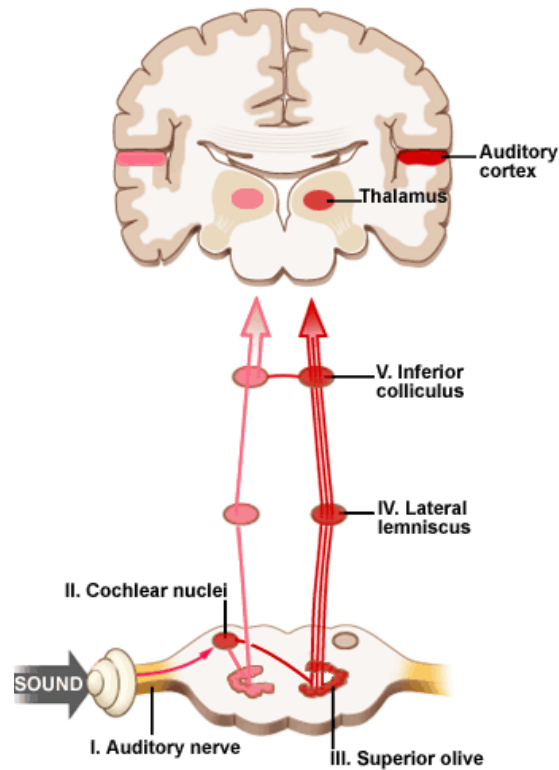


Senzorické evokované potenciály

Sluchové evokované potenciály – AEP

(auditory evoked potentials)

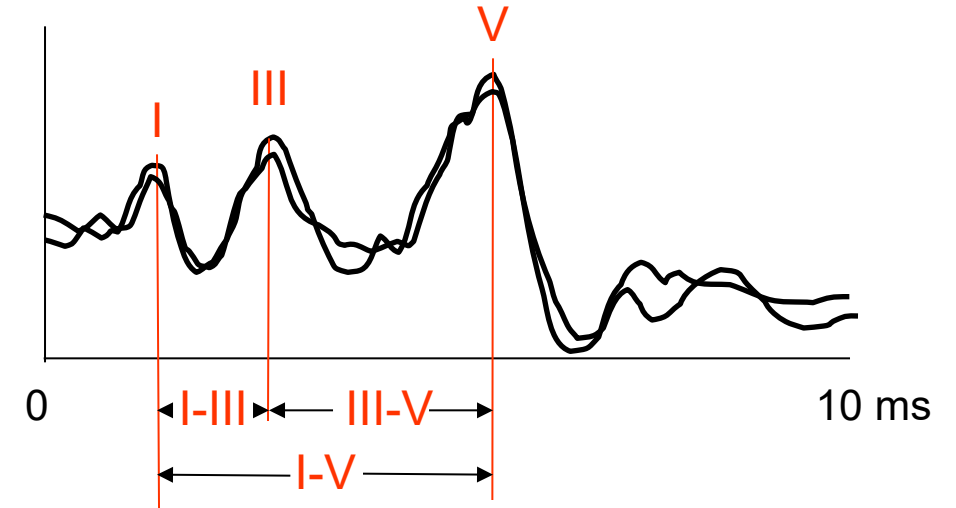
- Časné AEP mozkového kmene (BAEP) a “zdroje jednotlivých vln”



Sluchové evokované potenciály – AEP (auditory evoked potentials)

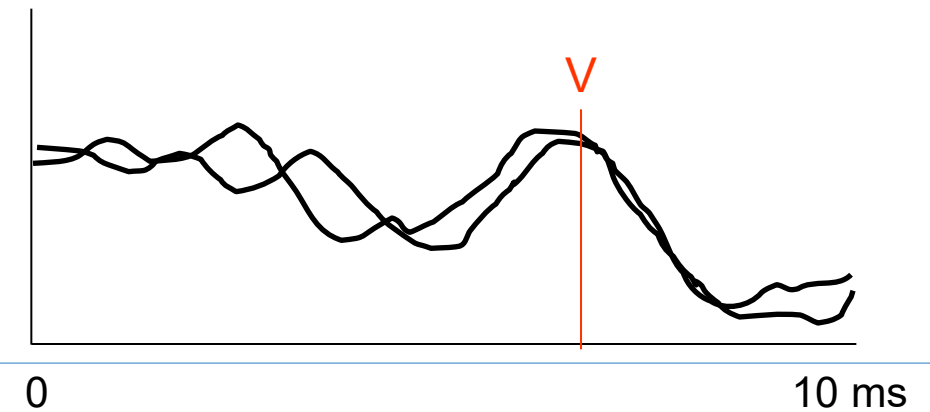
• Diagnostické aplikace

- Odpověď je generována akustickým nervem a mozkovým kmenem
- Charakteristická struktura vln
- Typické je kliknutí 70-80 dB
- Hledání vln I, III, V a intervalů I-III, III-V, I-V
- Diagnostika akustického neuromu a sluchové neuropatie



• Screeningové aplikace

- Stimulační kliknutí 30-50 dB, 100 μ s
- Hledání V. vlny
- Automatické detekce



Sluchové evokované potenciály – AEP

(auditory evoked potentials)

- **Biologické vlivy**

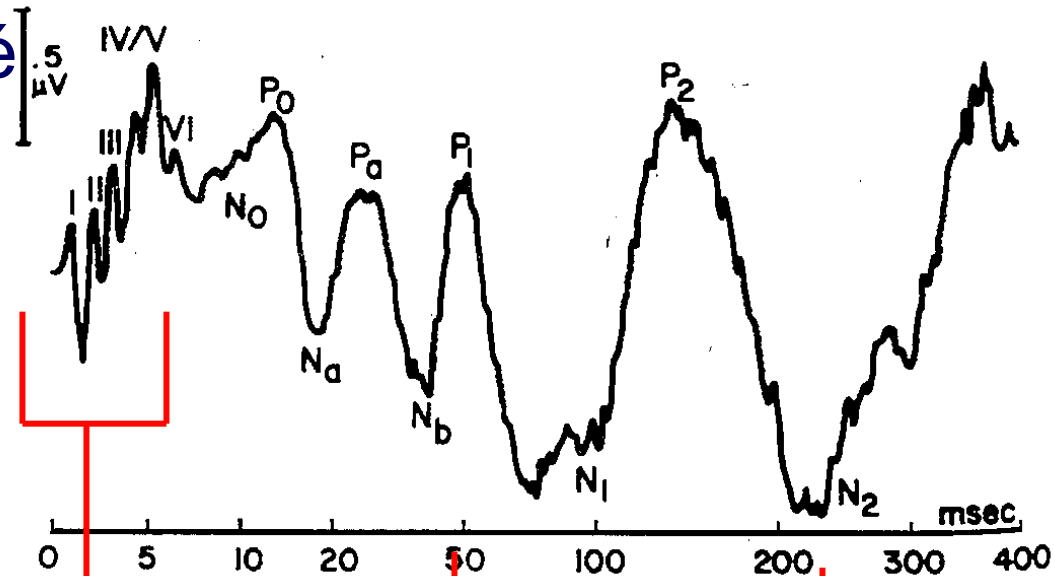
- věk
- pohlaví
- tělesná teplota

- **Technické vlivy**

- frekvence stimulace
- intenzita stimulace

Sluchové evokované potenciály – AEP (auditory evoked potentials)

- Sluchové korové



Auditory
Brainstem
Response
(ABR)

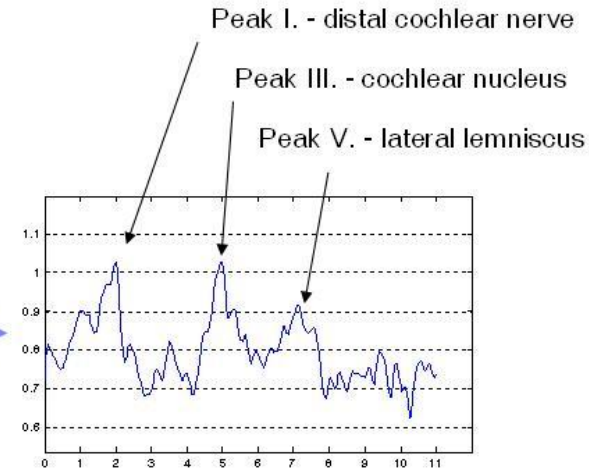
Cortical Auditory Evoked
Potential (CAEP)

Sluchové evokované potenciály – AEP (auditory evoked potentials)

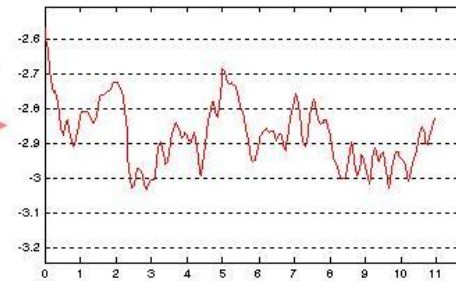
- Aplikace



Left ear



Right ear



Sluchové evokované potenciály – AEP

(auditory evoked potentials)

- Aplikace:

- Diagnózy při ztrátách sluchu a patologií v oblasti mozkového kmene
- Lze rozlišit zda se jedná poruchy hlemýždě, akustického nervu, léze mozkového kmene, ...
- Objektivní audiometrie
- Screening novorozenců
- Monitorování hloubky anestézie
- Monitorování během operací mozku
- Diagnóza RS (společně s VEP a SEP)

Senzorické evokované potenciály

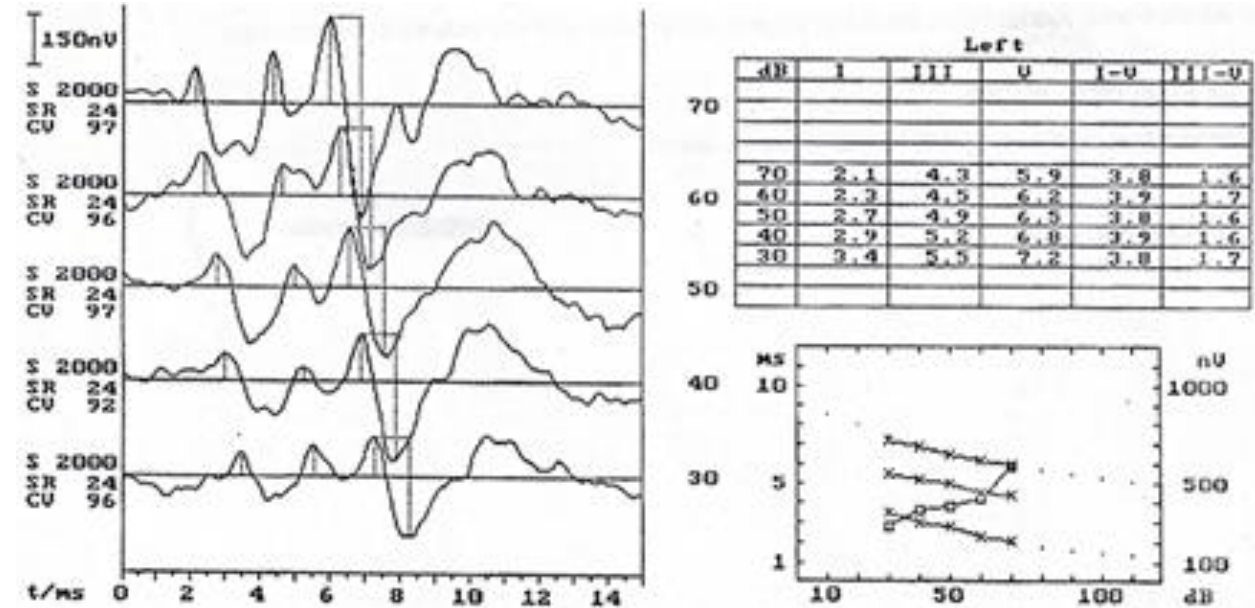
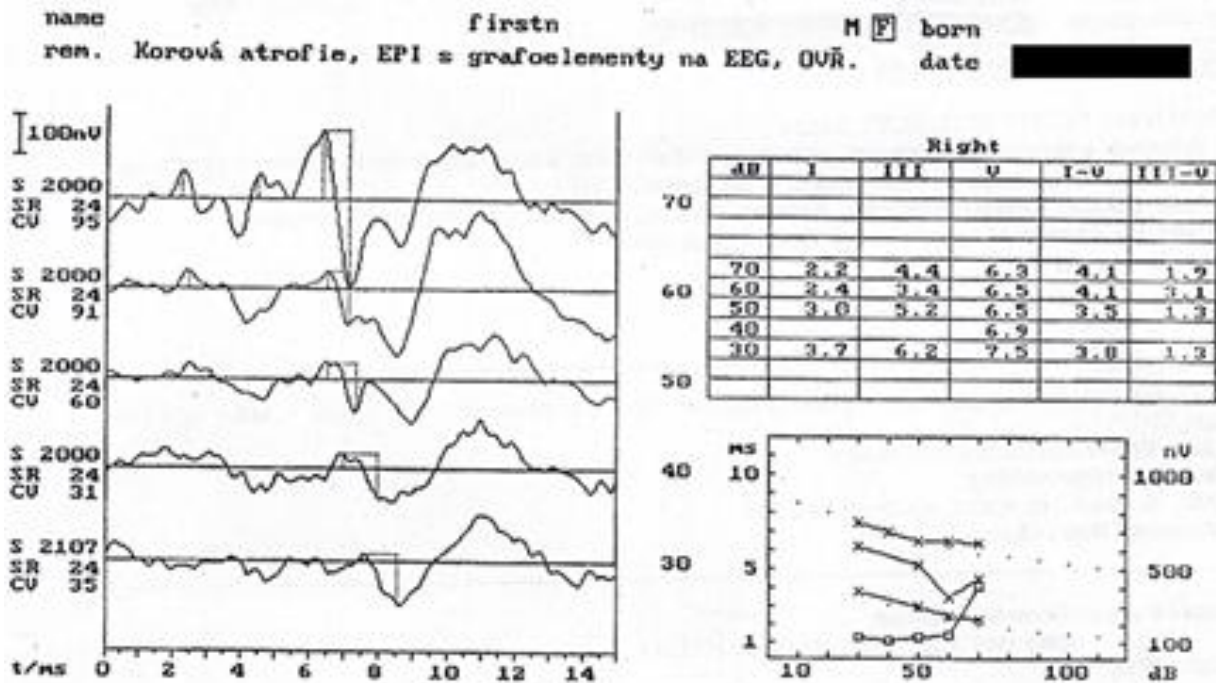
Sluchové evokované potenciály – AEP

(auditory evoked potentials)

- Diagnostické aplikace

Comment:

Pozn.: U přirozeném spánku.
 Závěr: Normální práh sluchu, vpravo mírně opožděná latence všech vln, výrazně horší diferenciacie I. a III. vlny může svědčit pro susp. lezi v oblasti VIII. nervu a kmeně vpravo.



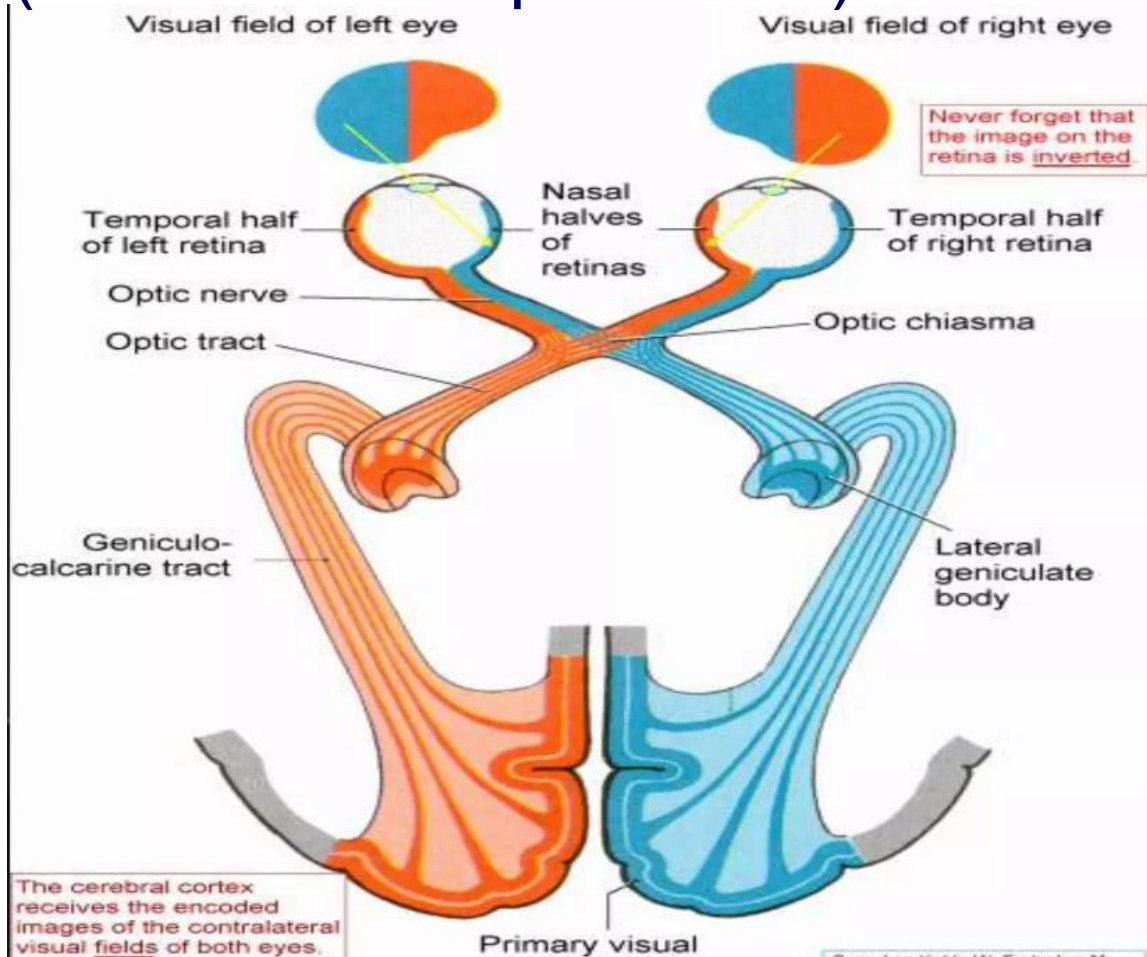
Zrakové evokované potenciály – VEP (visual evoked potentials)

- **stimulace:** zrakové stimuly
 - monitor s černobílou šachovnicí, ve které se rytmicky střídají černá a bílá pole
 - frekvence 1 Hz
 - 100 stimulů
 - průměrovaný signál 5 až 10 μV
 - záblesky
- **snímání:** elektrody jsou v okcipitální oblasti O1, O2, Cz
- VEP odráží funkčnost zrakové dráhy



Senzorické evokované potenciály

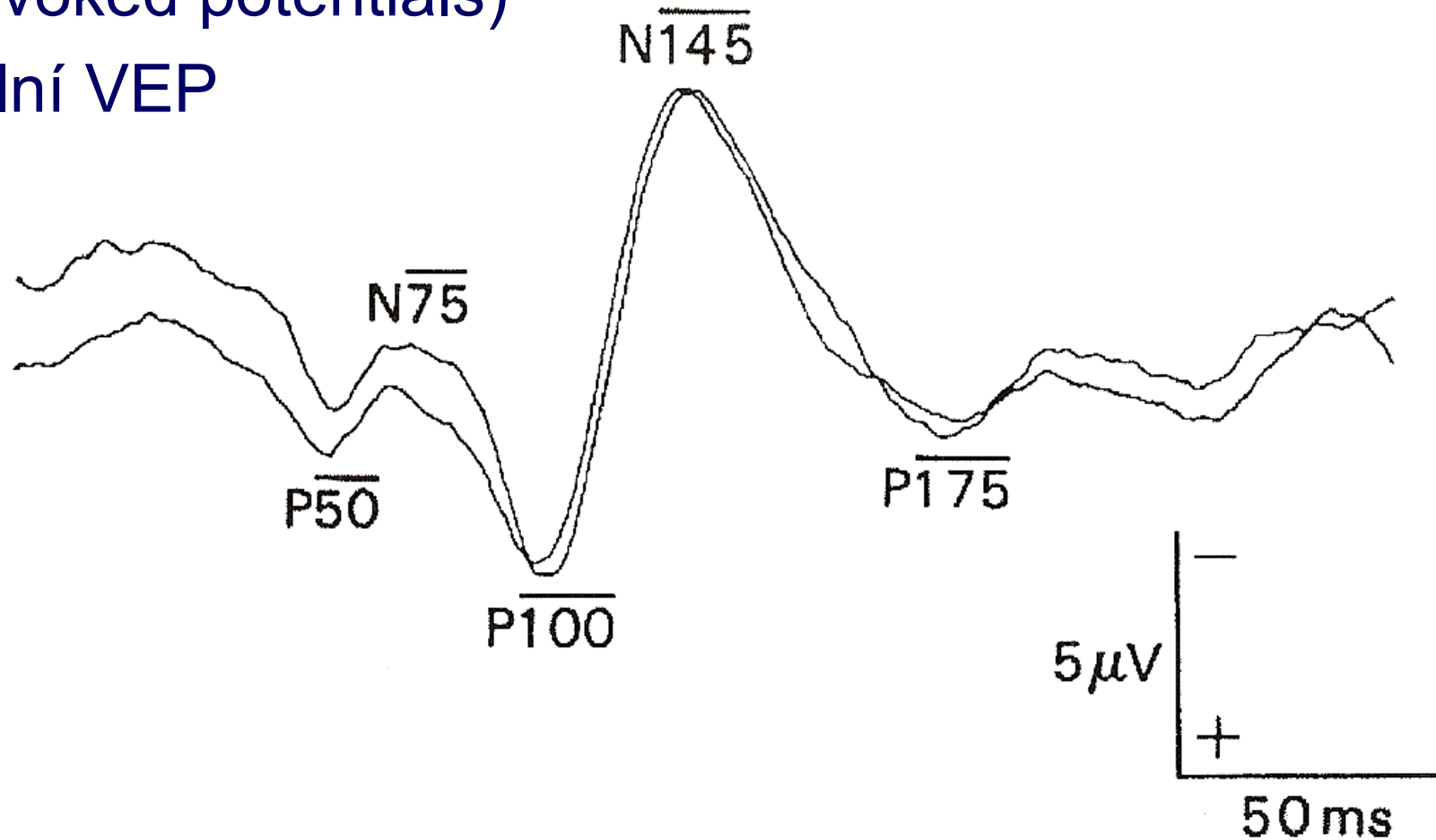
- **Zrakové evokované potenciály – VEP**
(visual evoked potentials)



Zrakové evokované potenciály – VEP

(visual evoked potentials)

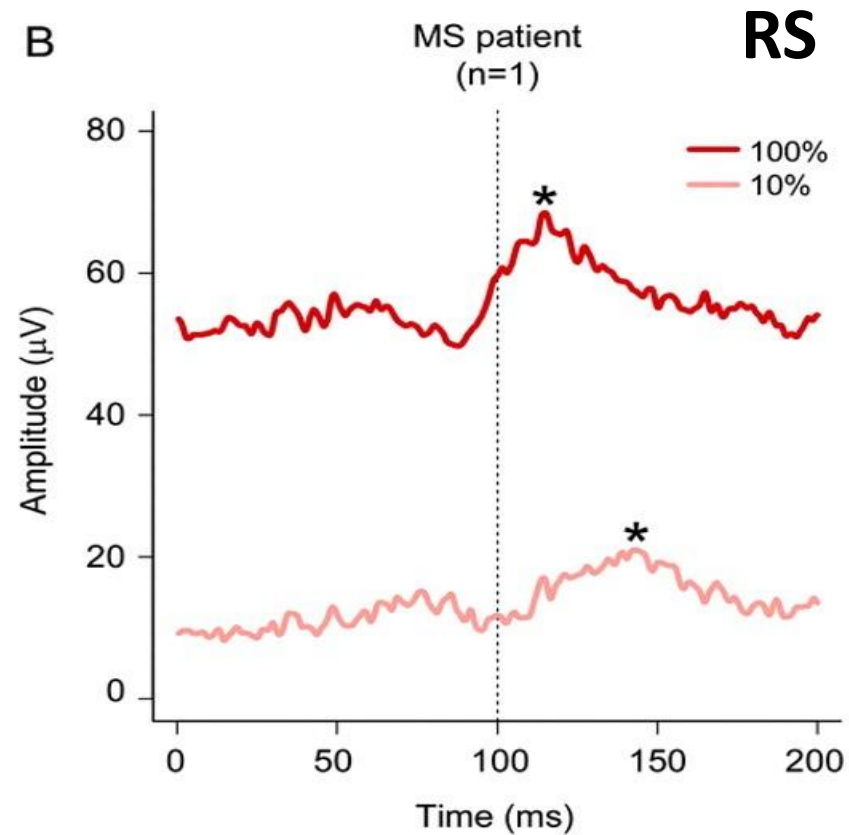
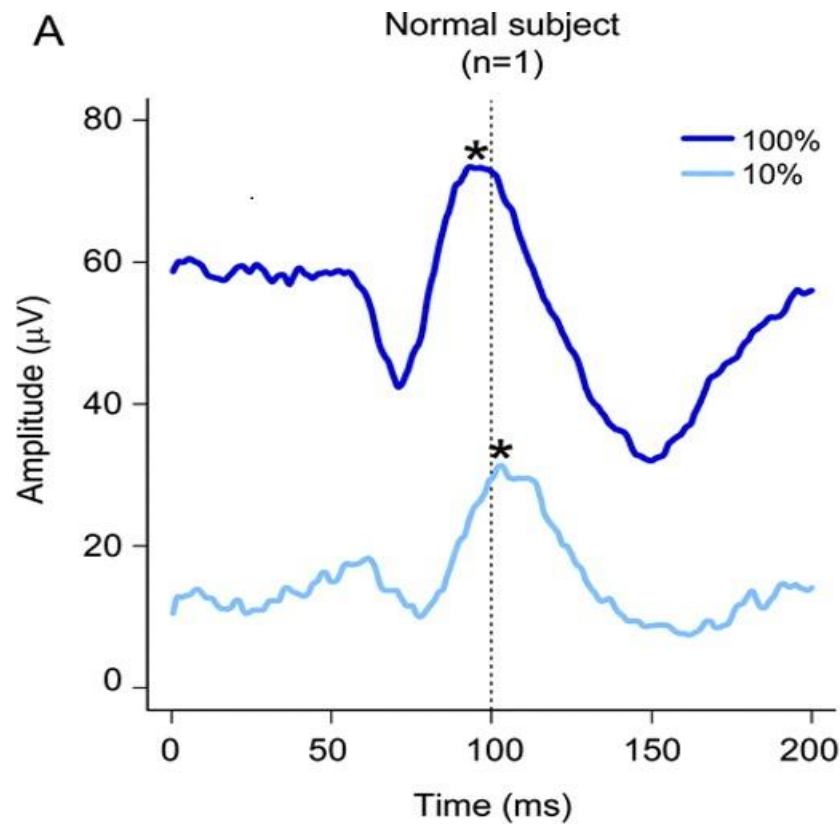
- Normální VEP



Zrakové evokované potenciály – VEP

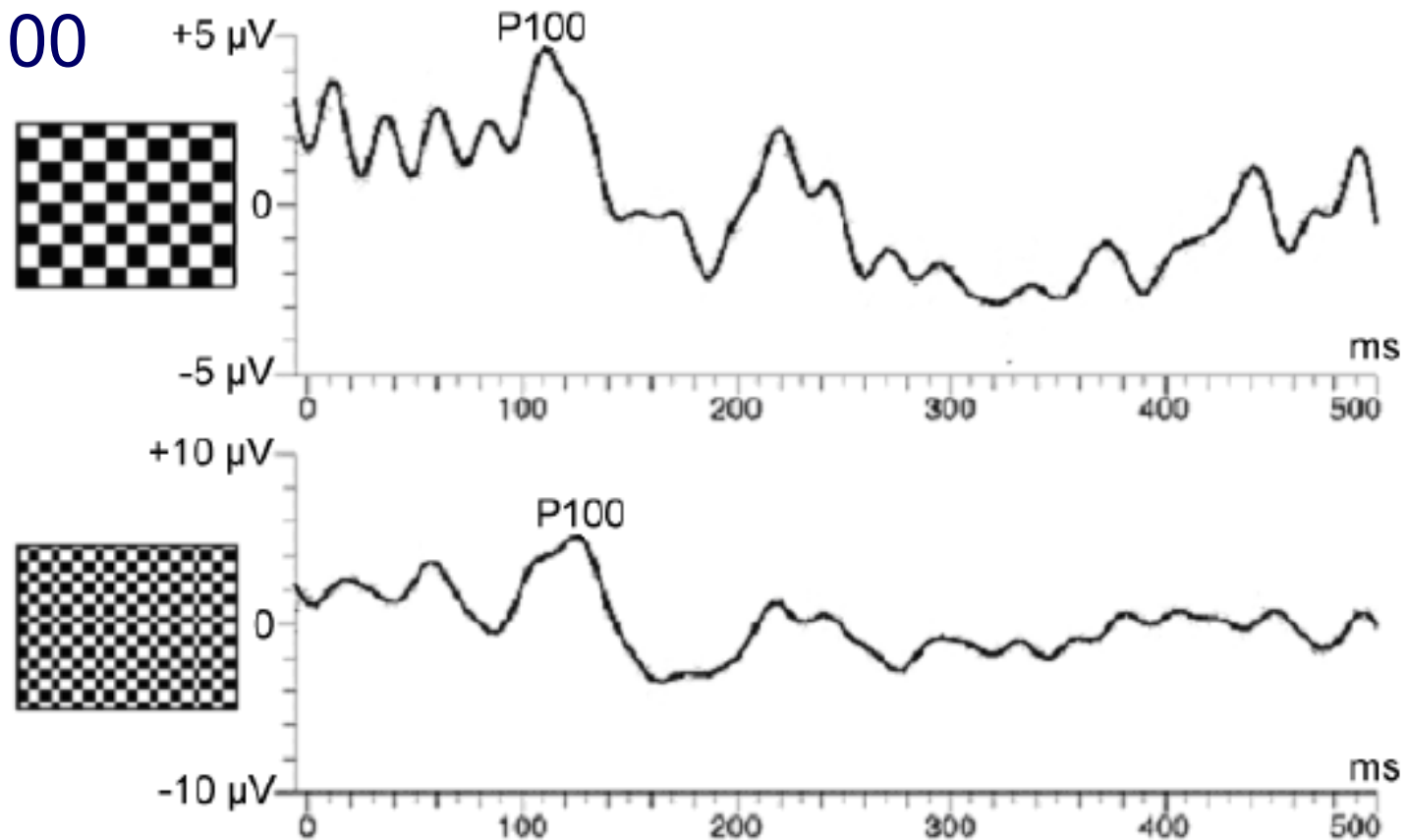
(visual evoked potentials)

- Pacient s RS



Zrakové evokované potenciály – VEP (visual evoked potentials)

- VEP – P100



Zrakové evokované potenciály – VEP

(visual evoked potentials)

- Vliv na záznam
 - věk
 - zraková ostrost
 - tělesná teplota
 - pohlaví
 - vědomá nespolupráce

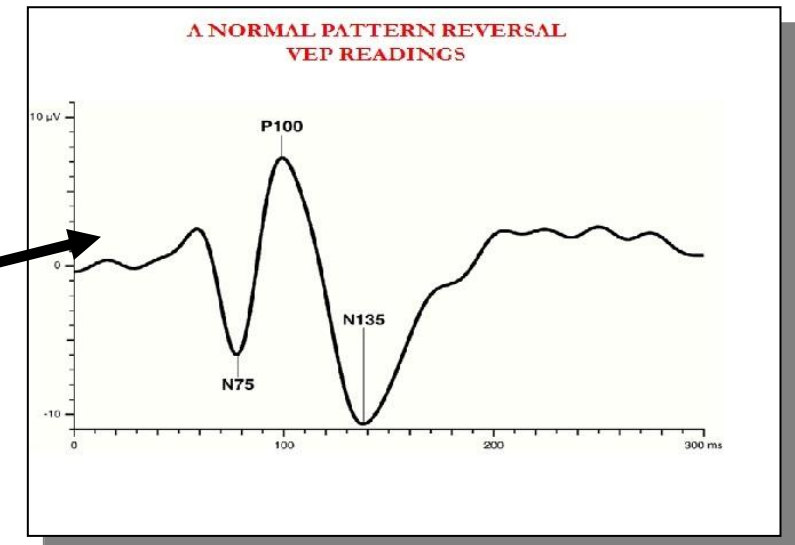
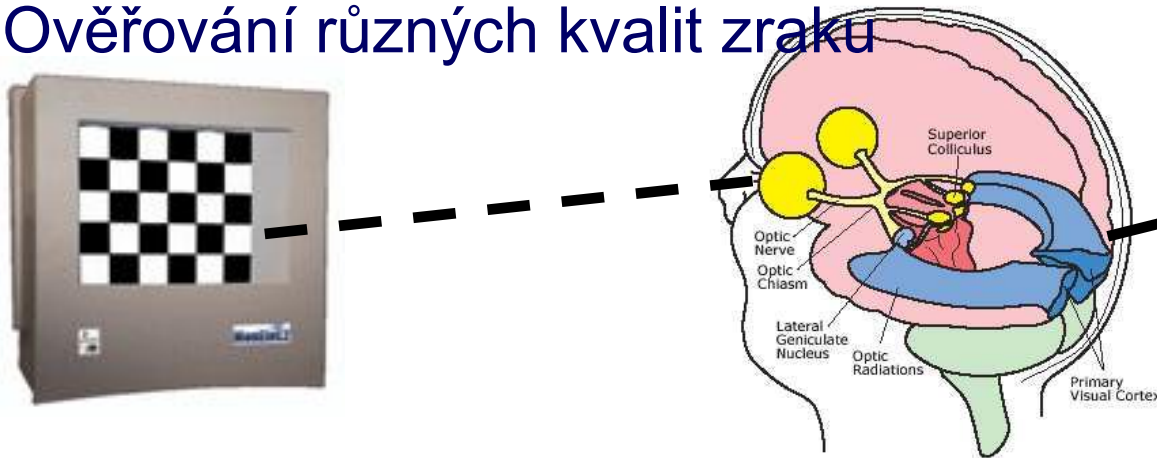
- Další vlivy
 - dominance oka
 - užití léků

Zrakové evokované potenciály – VEP

(visual evoked potentials)

- Aplikace:

- Diagnózy roztroušené sklerózy (demyelinizace očního nervu)
- Patologie dráhy očního nervu
- Diagnóza rozdílu mezi levým a pravým viděním
- Ověřování různých kvalit zraku

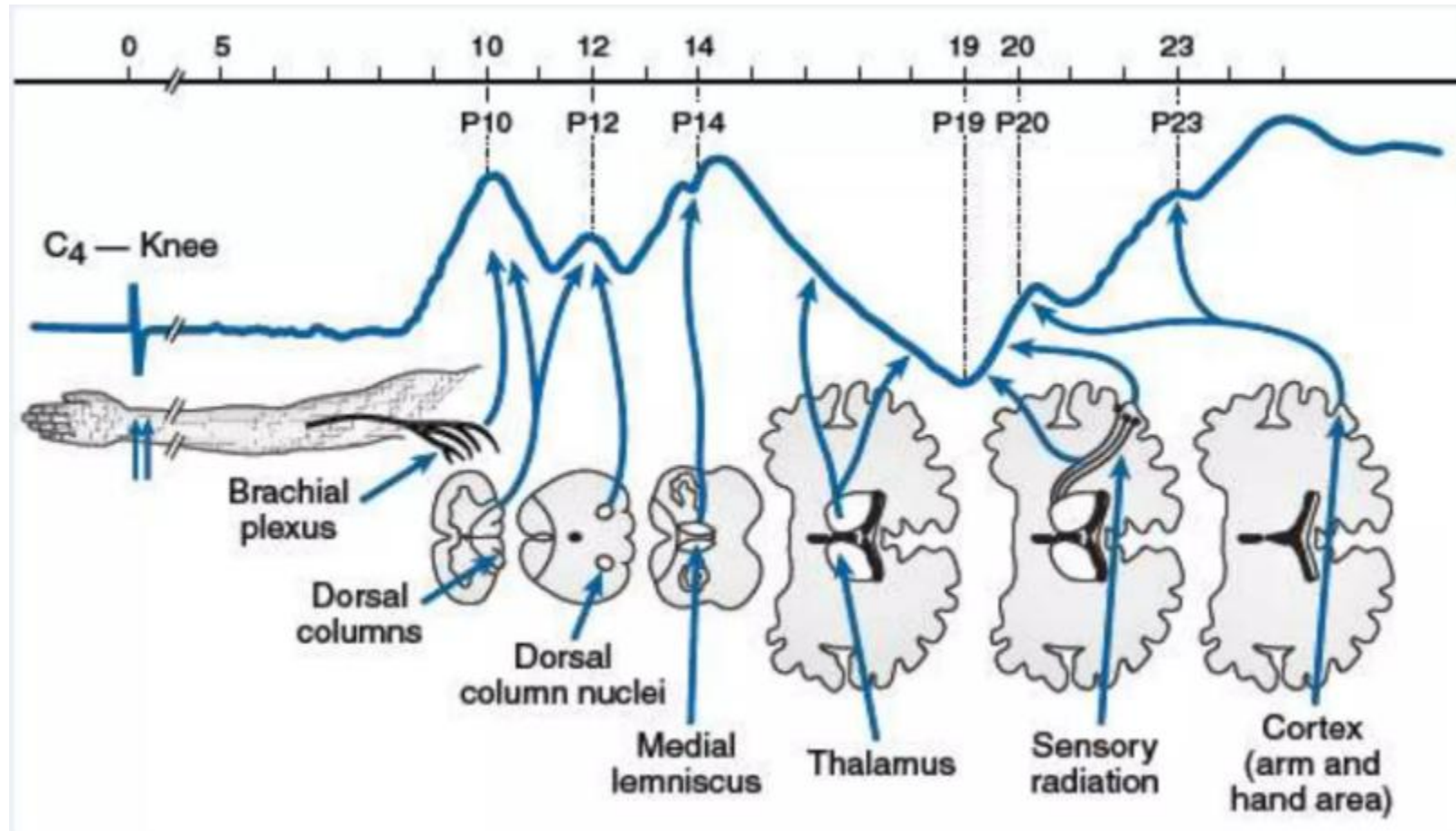


Somatosenzorické evokované potenciály – SEP (somatosensory evoked potentials)

- odezvy na elektrické stimuly periferních nervů nejčastěji horních a dolních končetin
 - elektrické stimuly
 - (obdélník o délce 50 až 200 us)
 - laserové stimuly
 - opakovací frekvence stimulů 3 až 6 Hz
 - 200 stimulů
 - průměrované napětí 5 až 10 uV
- elektrody jsou v senzomotorické oblasti C3, C4, Cz
- SEP poskytuje informace o vedení nervů páteří do kortexu

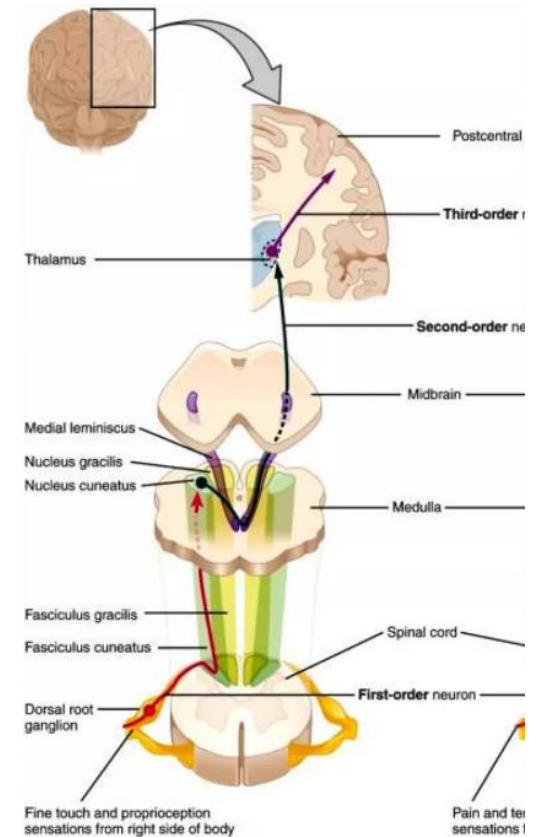
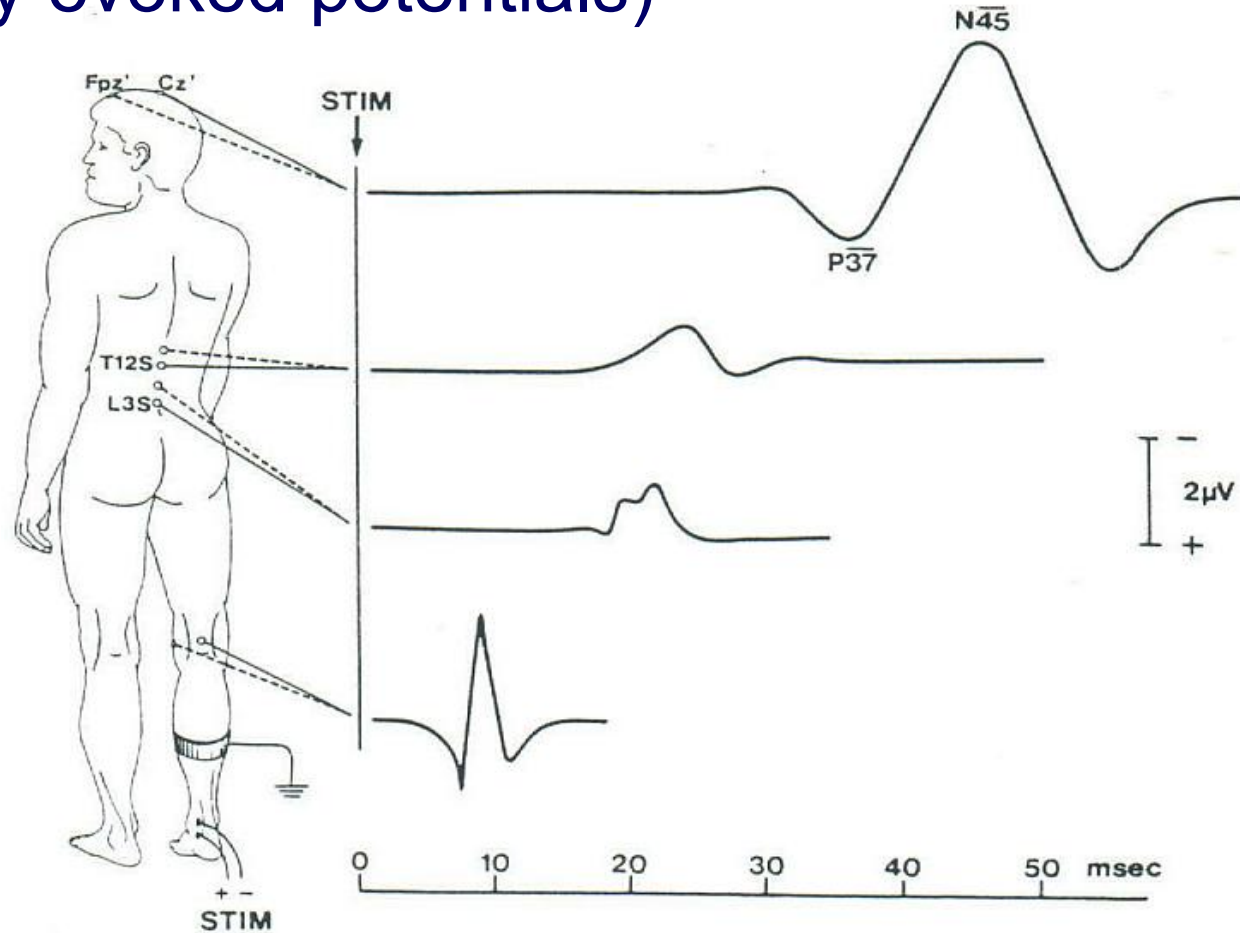
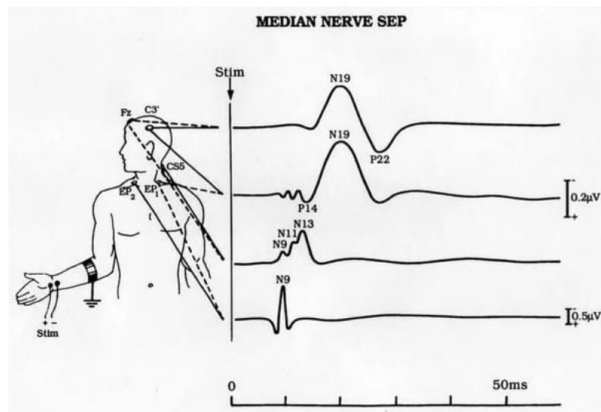
Senzorické evokované potenciály

- **Somatosenzorické evokované potenciály – SEP**
(somatosensory evoked potentials)

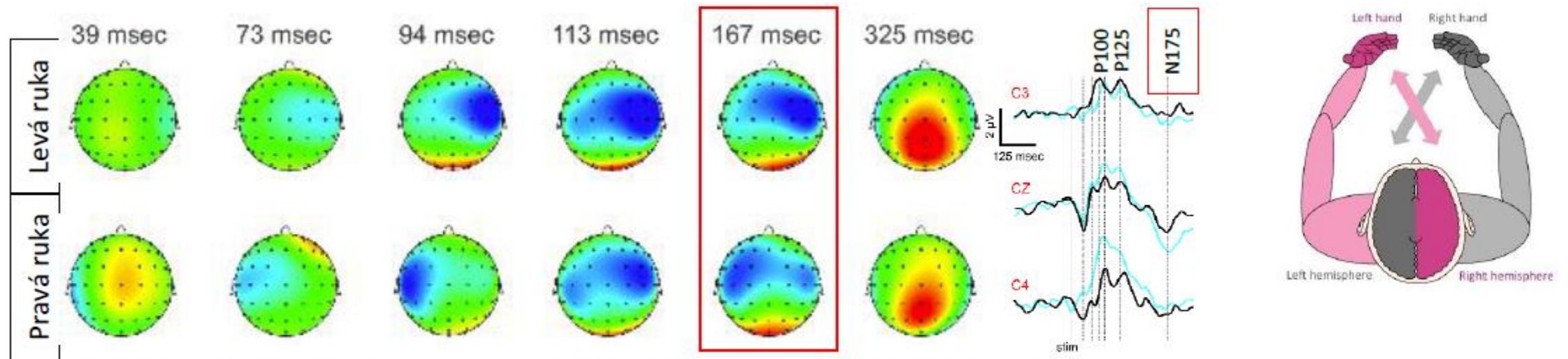


Senzorické evokované potenciály

Somatosenzorické evokované potenciály – SEP (somatosensory evoked potentials)



Somatosenzorické evokované potenciály – SEP (somatosensory evoked potentials)



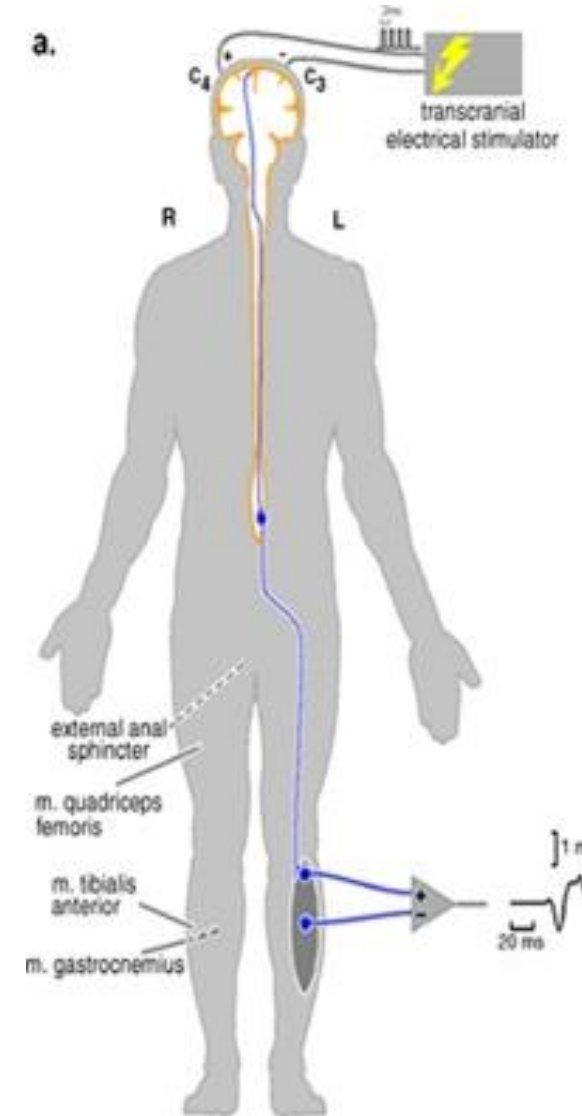
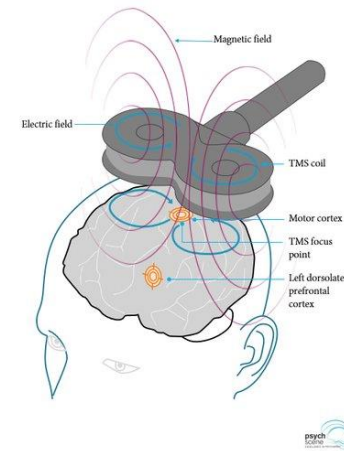
Legon, W., Rowlands, A., Opitz, A., Sato, T. F., and Tyler, W. J. (2012). Pulsed Ultrasound Differentially Stimulates Somatosensory Circuits in Humans as Indicated by EEG and fMRI. *PLoS One* 7, e51177. doi:10.1371/journal.pone.0051177.

Somatosenzorické evokované potenciály – SEP (somatosensory evoked potentials)

- Aplikace:
 - Diagnózy neuropatií
 - Diagnózy roztroušené sklerózy a demyelinizace nervů
 - Hodnocení postižení krční míchy na podkladě útlaku při degenerativních změnách krční páteře
 - Monitorování během operací páteře

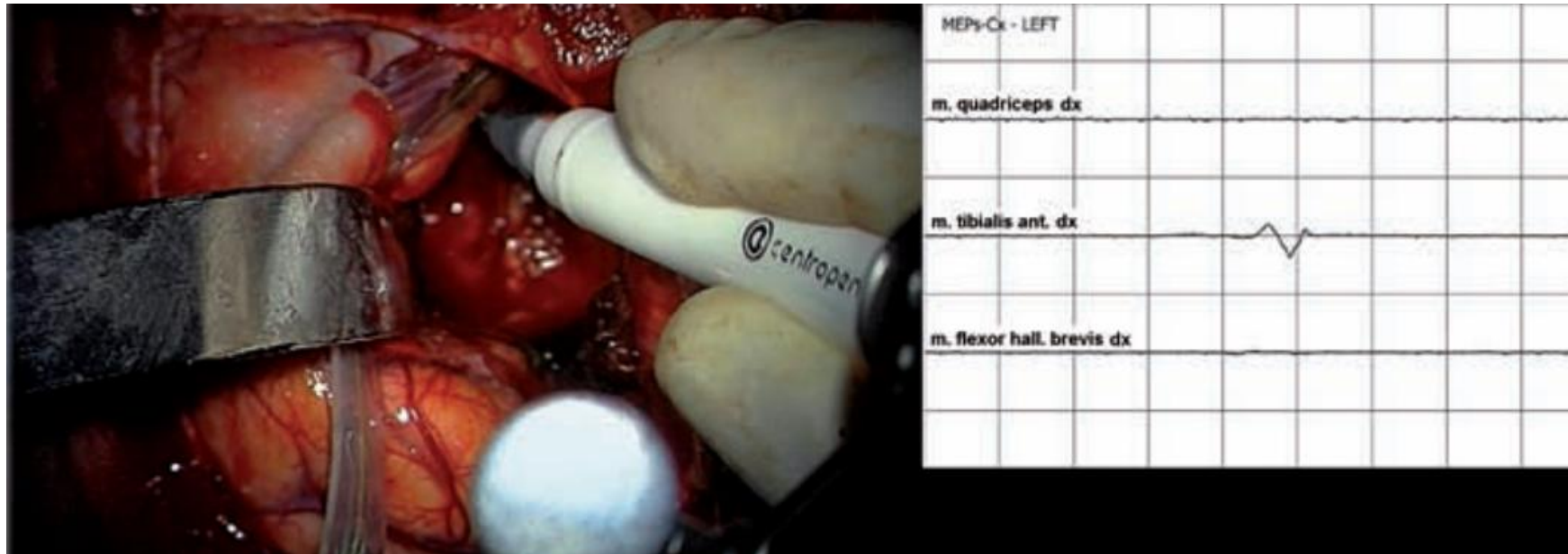
Motorické evokované potenciály – MEP

- Diagnostika funkční integrity motorických drah
- Možnosti vyšetřování:
 - a) Elektrická stimulace pyramidových buněk
 - b) Magnetická stimulace eferentních motorických drah
⇒ stimulace kořenů nad krční/bederní míchou vyvolává odpověď s kratší latencí než z kortexu
 - c) Intraoperační monitorování (invazivní)
- Zpracování nevyžaduje průměrování



Motorické evokované potenciály – MEP

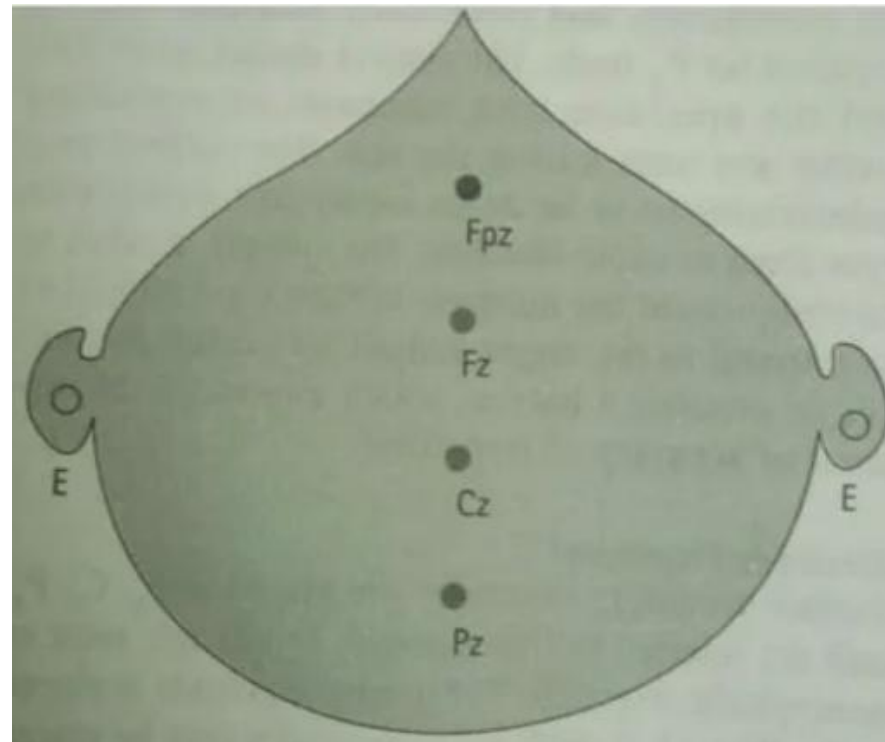
- **Aplikace:**
 - Diagnózy RS
 - Onemocnění motorického neuronu
 - **Monitorování operací**



Kognitivní evokované potenciály – ERP

ERP – Event Related Potentials

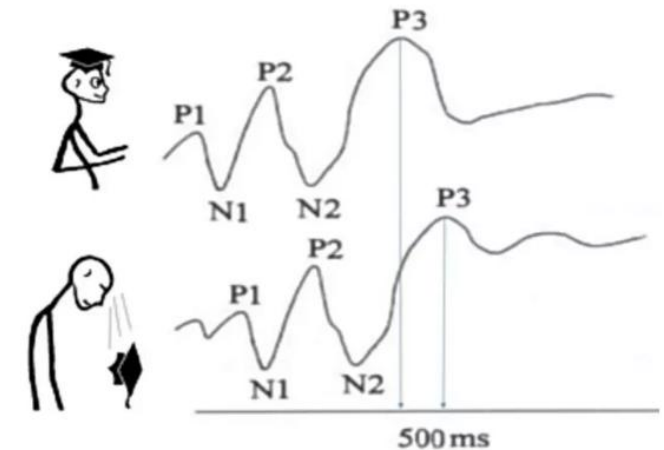
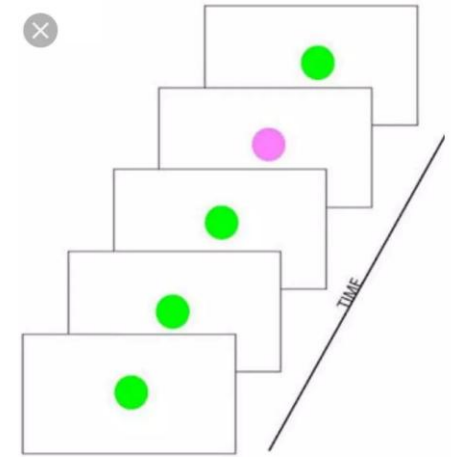
- Změnu EEG vyvolají **identifikovatelné podněty** a nebo **události**
 - Podněty mohou být sluchové i zrakové (samostatné i současně)
 - Pozdní korové potenciály ⇒ **zesílené, zpomalené, neprůměrují se**



Kognitivní evokované potenciály – ERP

ERP – Event Related Potentials

- Při vyšetření jsou probandovi zadávány různé úkoly
 - P3: 300 - 600 ms, asociována s konkrétní reakcí na stimul /uvědoměním si stimulu osobou
 - N400: 250 - 500 ms, může se vázat např. na rozpoznání slova, známé tváře, obrázku, jiného zvuku, ..
- Prodloužení P300
 - Demence
 - Neurodegenerativní onemocnění (RS, PN, ALS, ...)
 - Schizofrenie
 - Autismus
 - Prognóza v kómatu



multiple sclerosis

Detekce epileptiformní aktivity

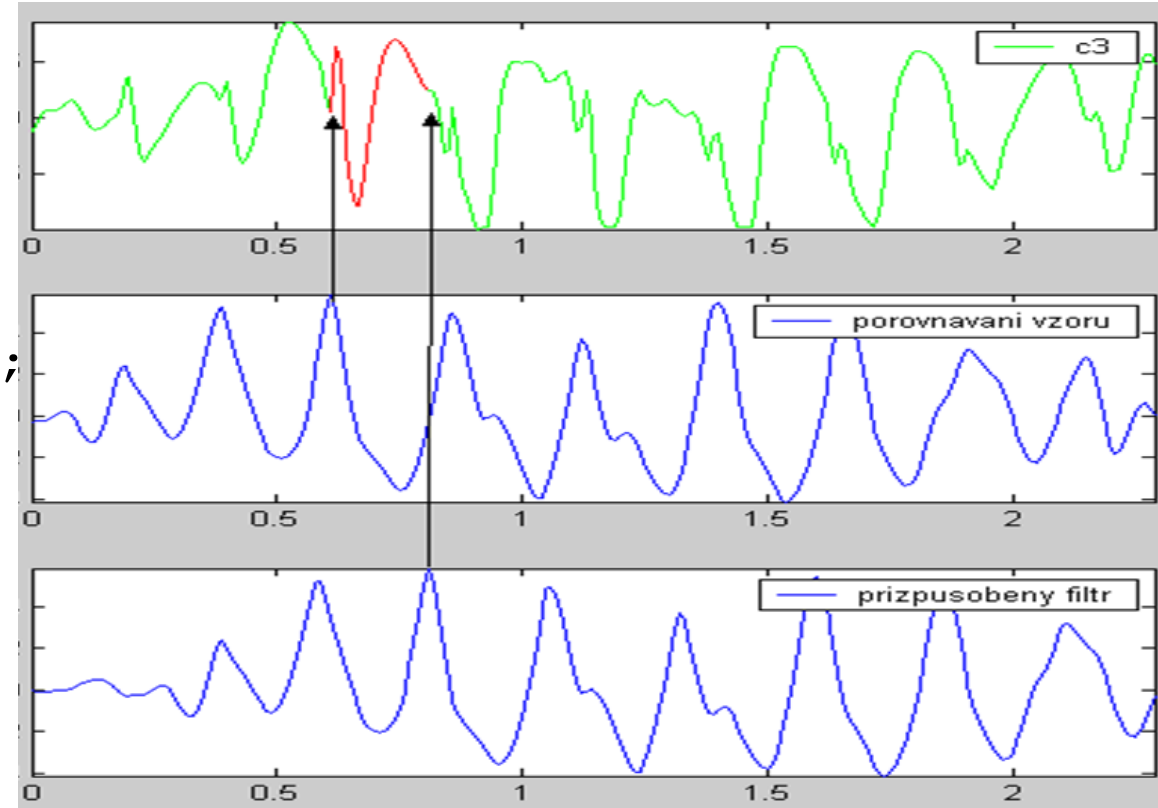
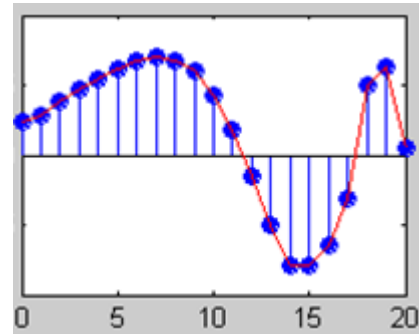
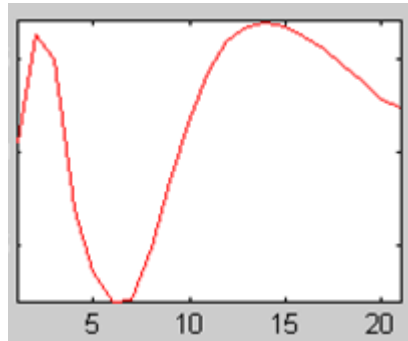
- Porovnání vzorů

```
xc=xcorr(signal,vzor);
```

```
xc=xc(round(length(xc)/2):end);
```

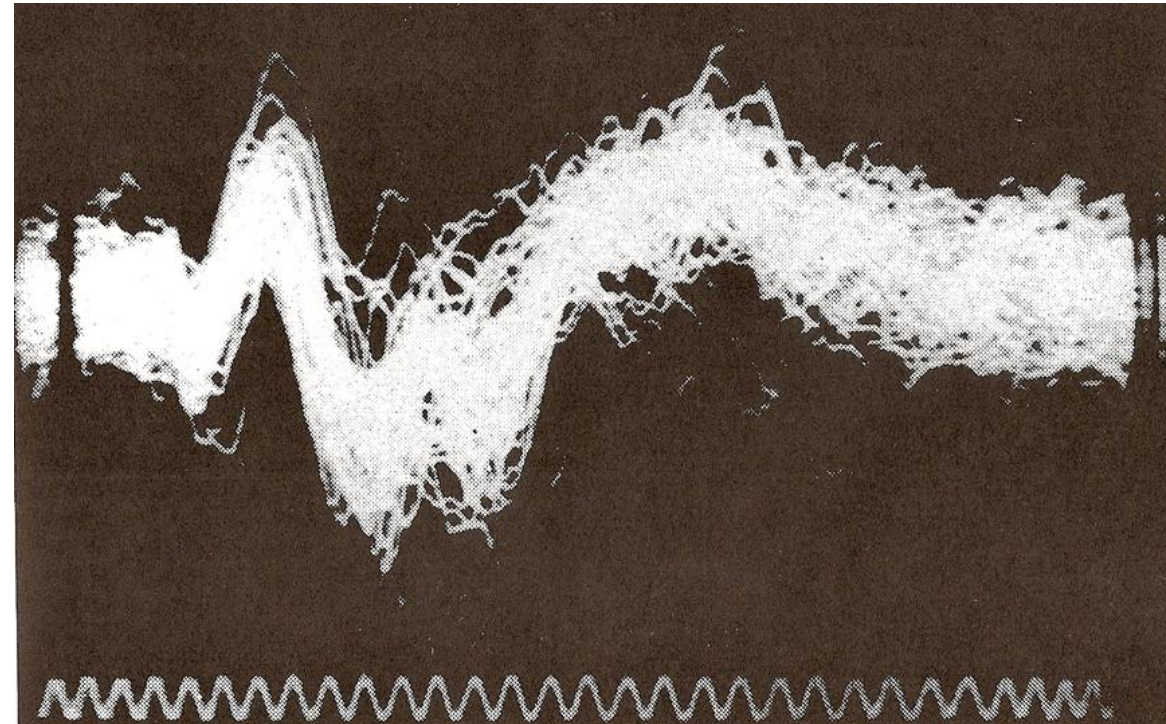
- Přizpůsobené filtry

```
xf=filter(vzor(end:-1:1),1,signal);
```



Synchronní průměrování

- George Dawson 1947
- technika používaná pro analýzu evokovaných potenciálů
- předpoklady
 - odpověď je časově invariantní
 - aditivní šum
 - stacionární
 - nekorelovaný
 - střední hodnota rovna nule



Synchronní průměrování

$$x_i(t) = s(t) + n_i(t)$$

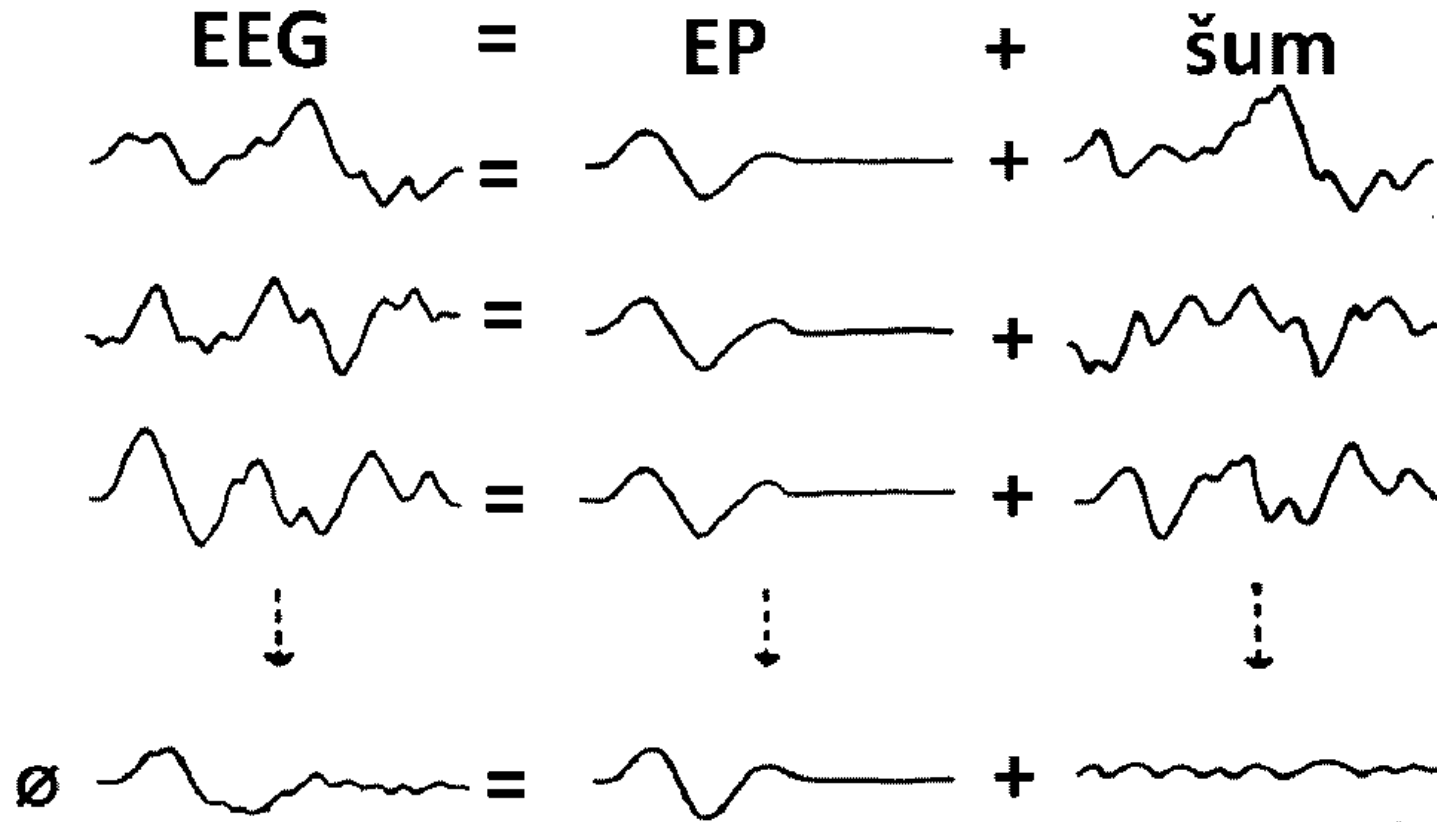
$$\bar{x}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t) = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N s(t) + \sum_{i=1}^N n_i(t) \right)$$

$$\bar{x}(t) = s(t) + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i(t)$$

$$E \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i(t) \right] = 0$$

$$E(\bar{x}(t)) = s(t)$$

Synchronní průměrování



Synchronní průměrování

$$\sum_{i=1}^N s(t) = Ns(t)$$

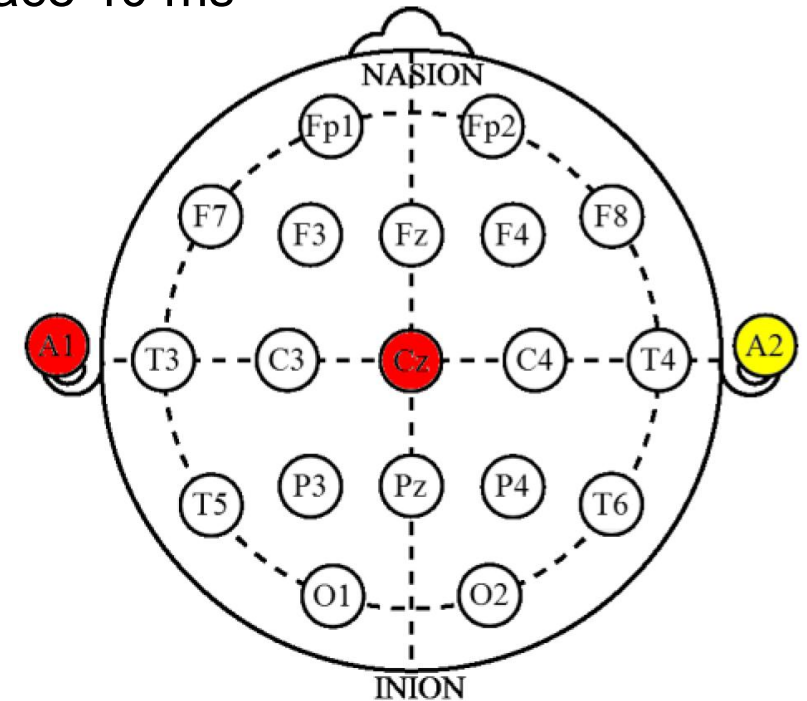
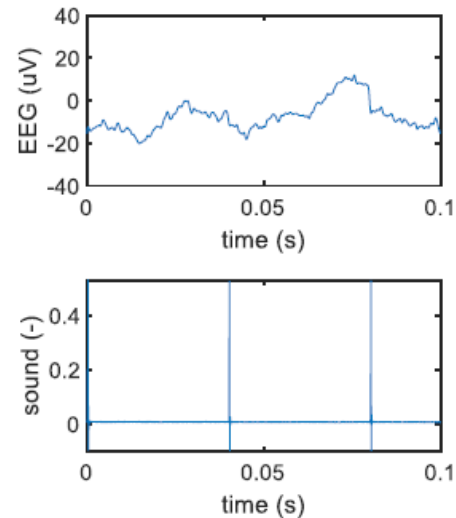
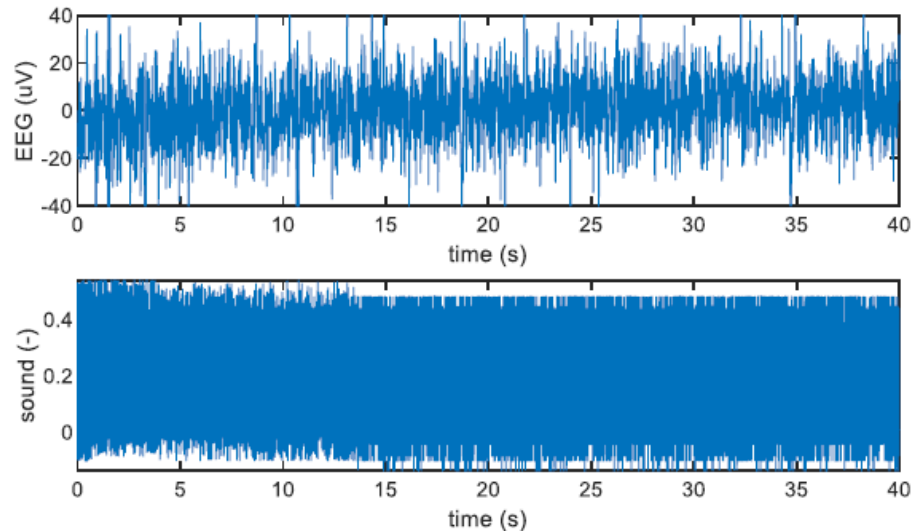
$$\sum_{i=1}^N n_i(t) = N\sigma_{n(t)}^2$$

$$\frac{S}{N} \rightarrow \sqrt{N}$$

• Sluchové evokované potenciály - AEP

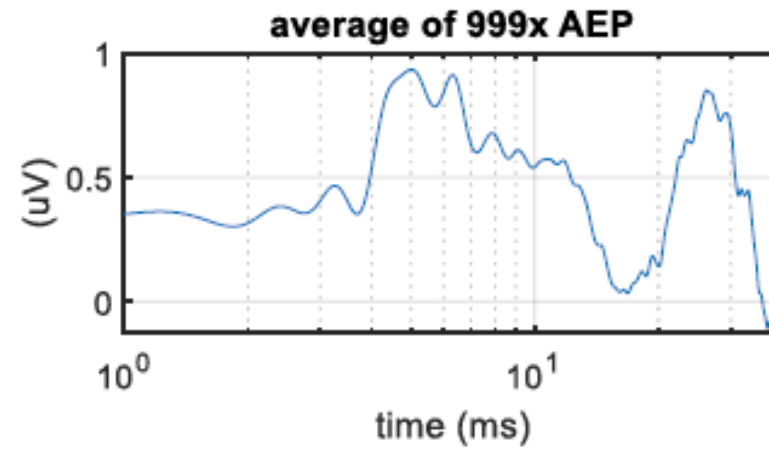
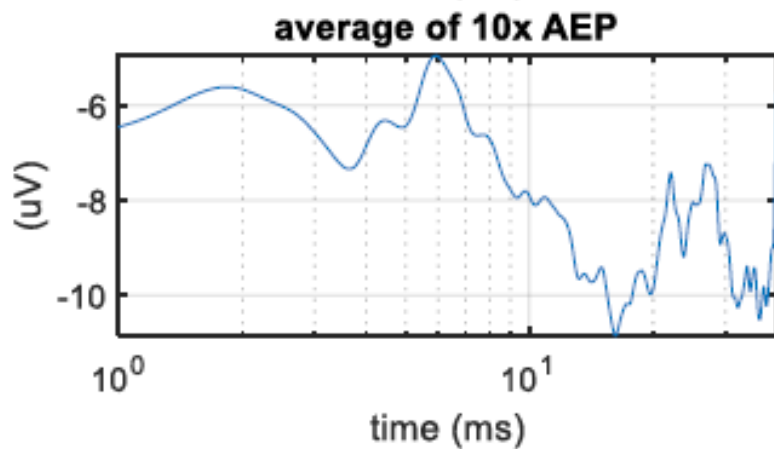
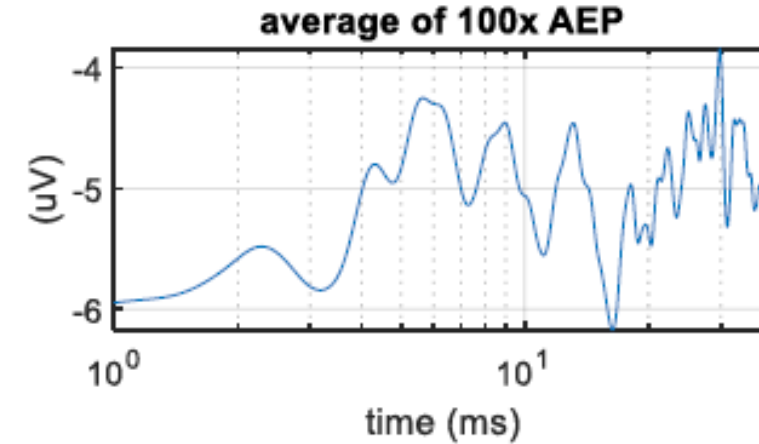
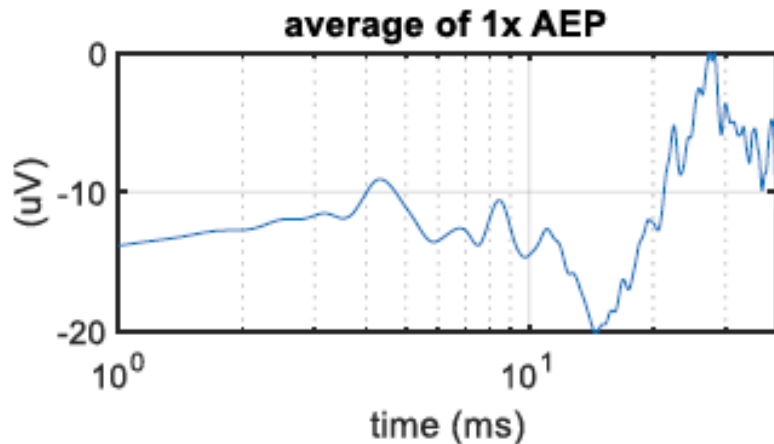
- bipolární svod z centrální oblasti
– A1(-) + Cz(+)
- referenční elektroda A2(ref)
- aktivní výstup ze sluchátek je do levého ucha

- jednokanálový záznam EEG
- fs = 25 kHz
- v sedě, v klidu, zavřené oči
- 1000 pulsů, 100 μ s
- registrace 40 ms



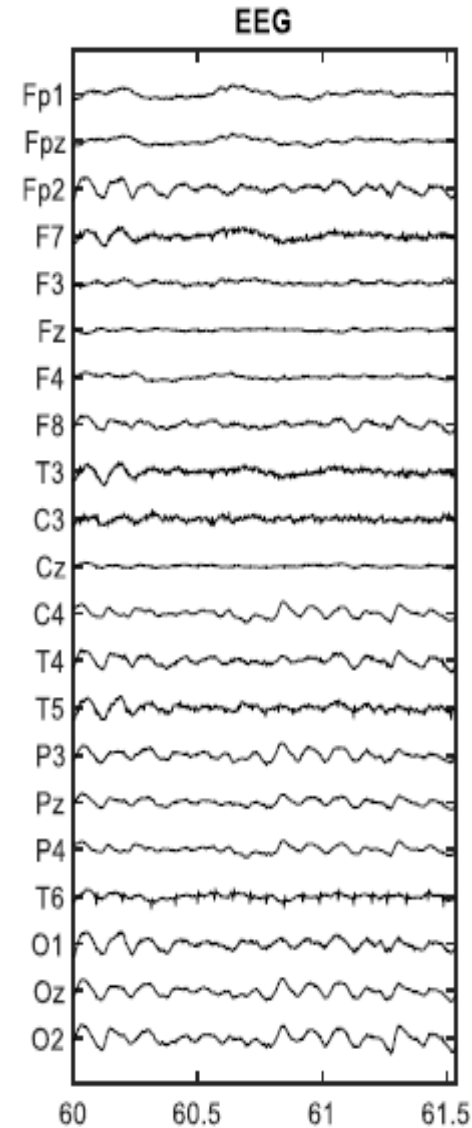
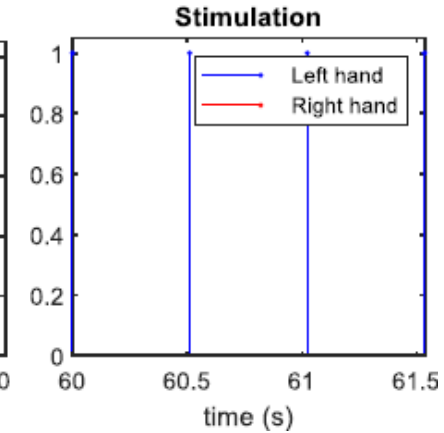
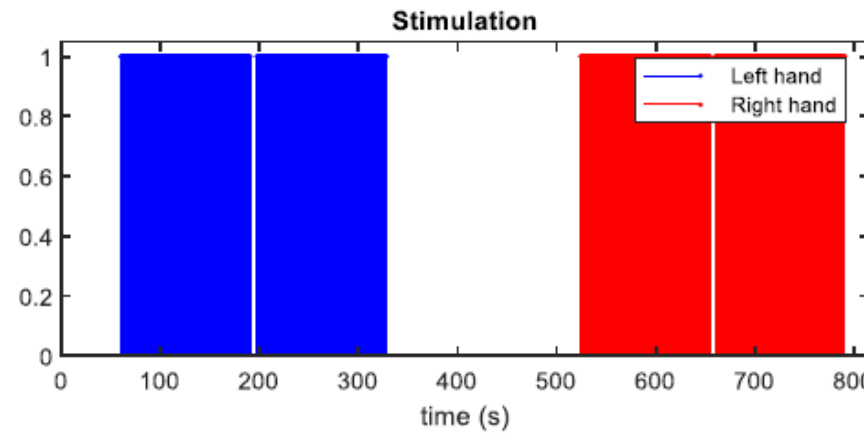
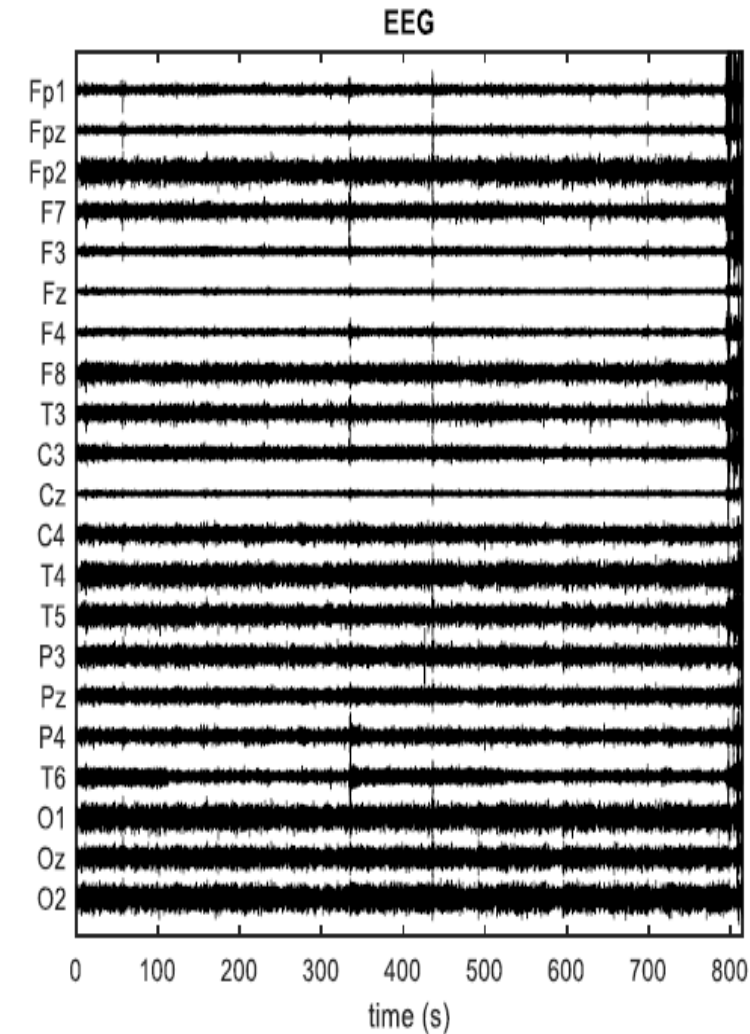
Zpracování senzoričkých AEP

- **Jednokanálové sluchové evokované potenciály – AEP**
 - nalezení času V. vlny (~6 ms)



• Somatosenzorické evokované potenciály – SEP

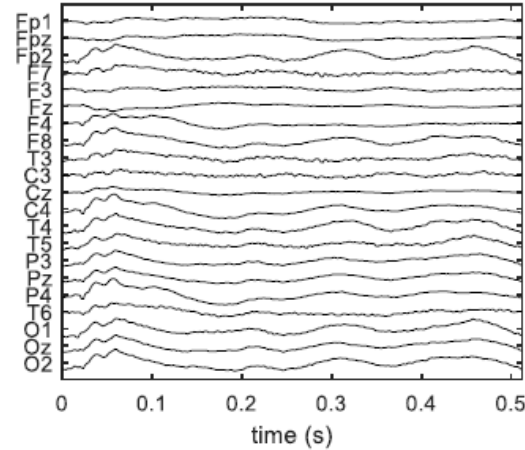
- multikanálový záznam EEG 10-20 (21 svodů)
- fs - 512 Hz
- t - časová osa (s)
- M_LH & M_RH - časy stimulací na levé a pravé ruce (s)
- labels - buňky s názvy elektrod



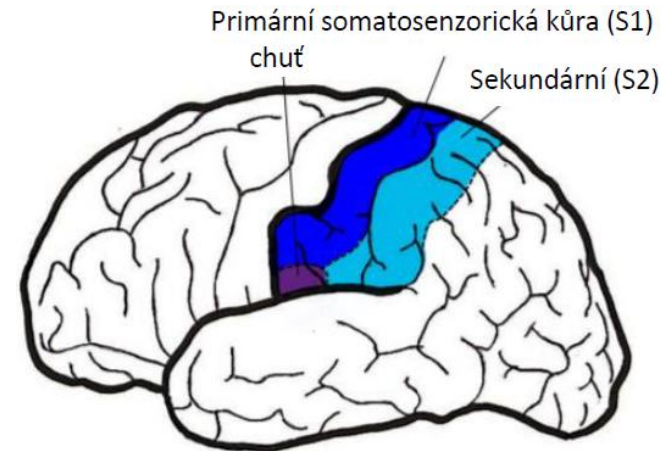
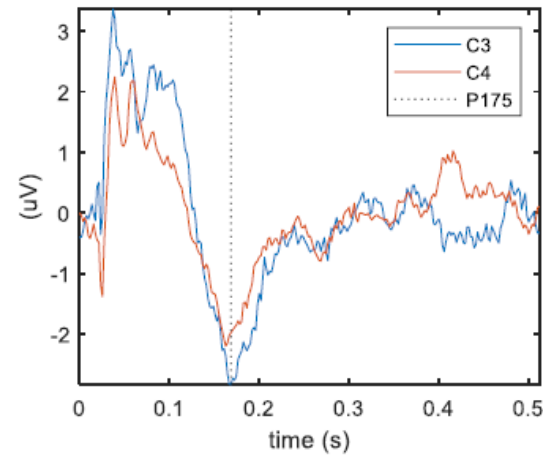
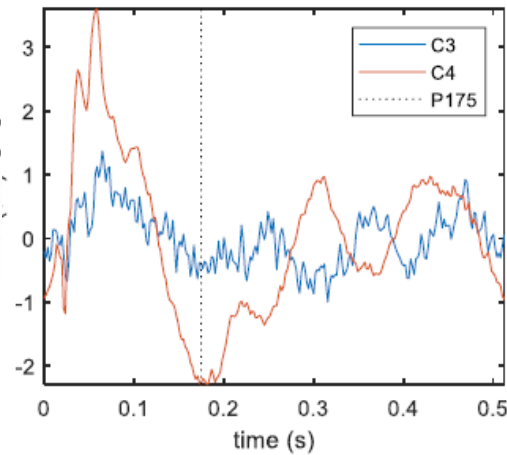
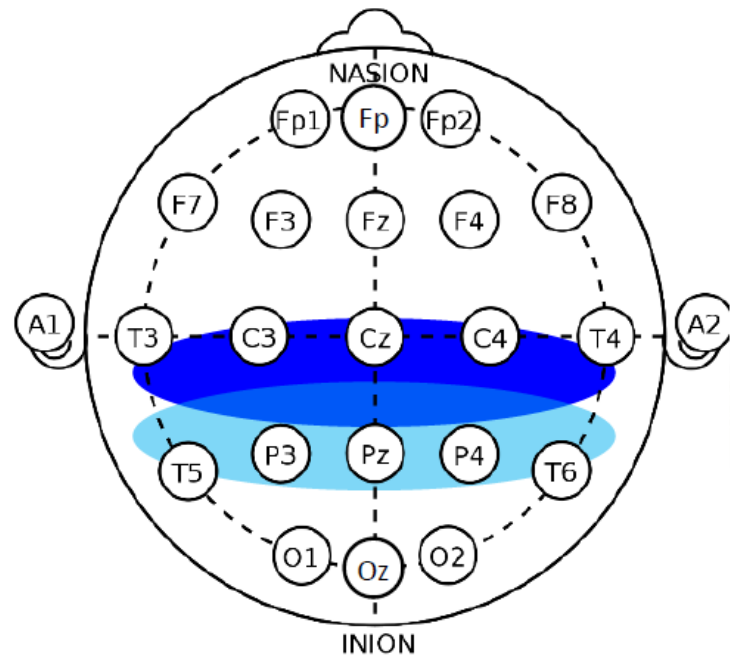
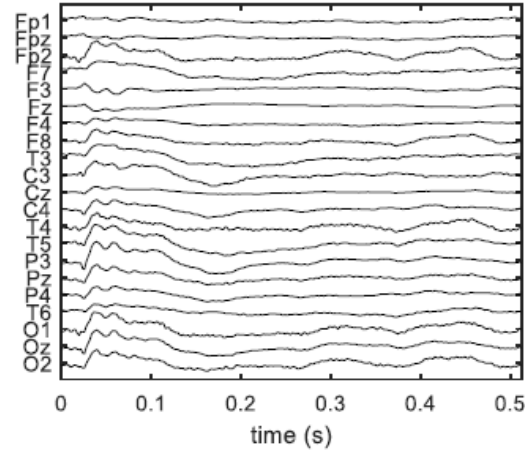
- Somatosenzoričké evokované potenciály – SEP

- vlna N175

SEP of left hand



SEP of right hand



Zpracování senzoričkých SEP

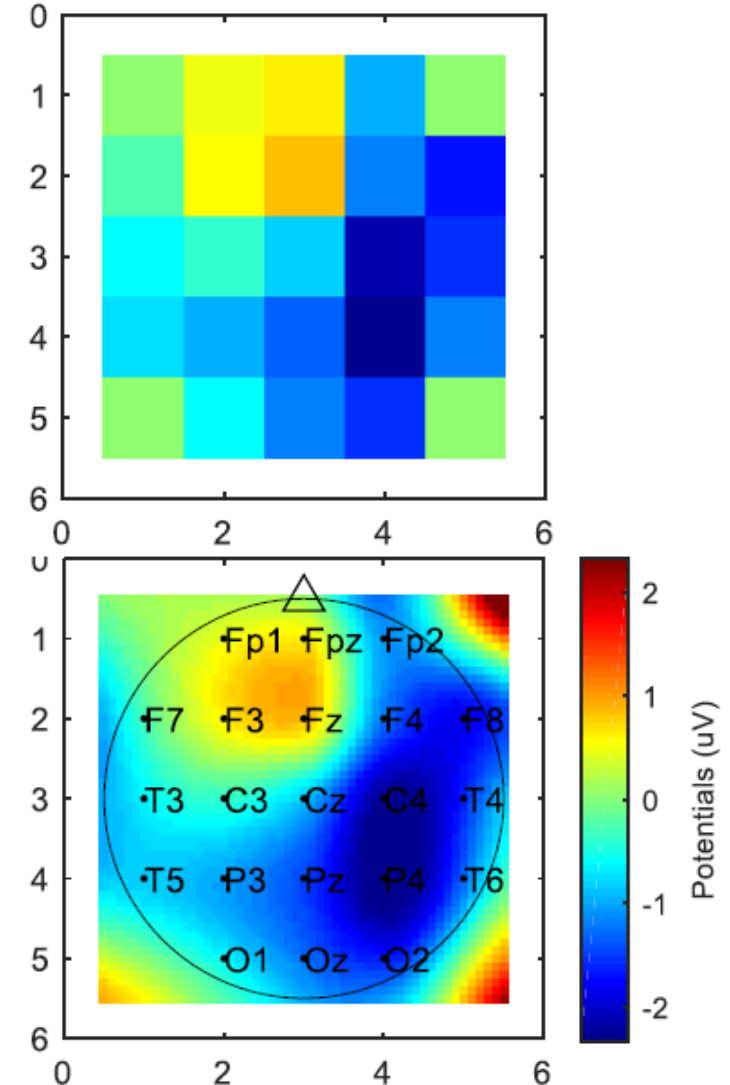
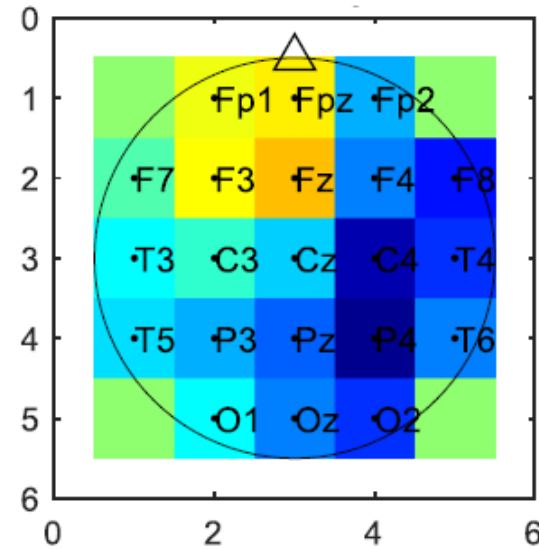
• Mapování multikanálových SEP (v čase 175 ms)

```
% INPUT: MAP_10_20 - rozložení kanálů
% labels - názvy kanálů
% avr_sep_LH - zprůměrovaná odezva pro levou ruku
% avr_sep_RH - zprůměrovaná odezva pro pravou ruku
% N175_C4 - pozice vlny N175 v kanálu C4
% N175_C3 - pozice vlny N175 v kanálu C3
% cmap - colormap.
```

MAP_10_20

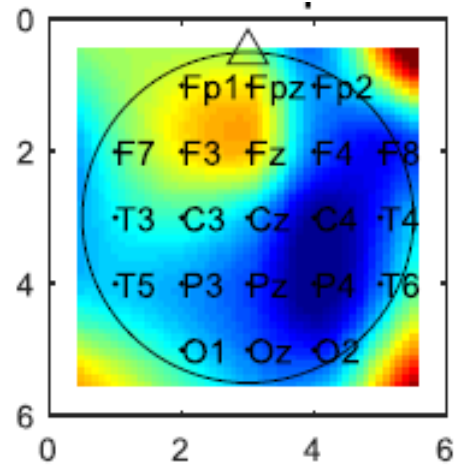
5x5 cell

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|------|-------|-------|-------|------|
| 1 | NaN | 'Fp1' | 'Fpz' | 'Fp2' | NaN |
| 2 | 'F7' | 'F3' | 'Fz' | 'F4' | 'F8' |
| 3 | 'T3' | 'C3' | 'Cz' | 'C4' | 'T4' |
| 4 | 'T5' | 'P3' | 'Pz' | 'P4' | 'T6' |
| 5 | NaN | 'O1' | 'Oz' | 'O2' | NaN |

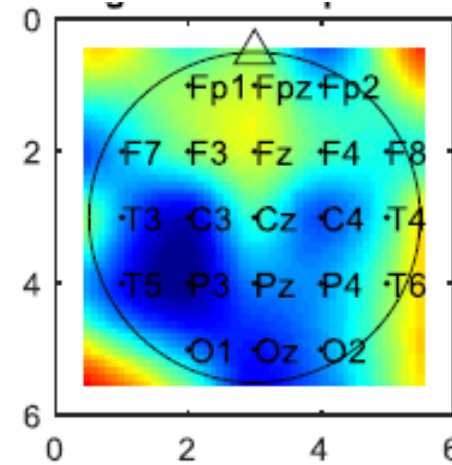


Zpracování senzoričkých SEP

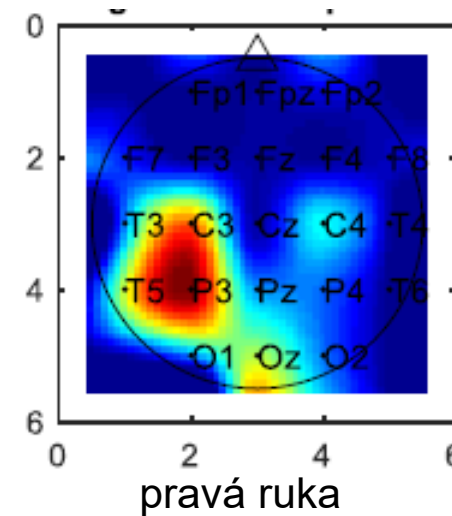
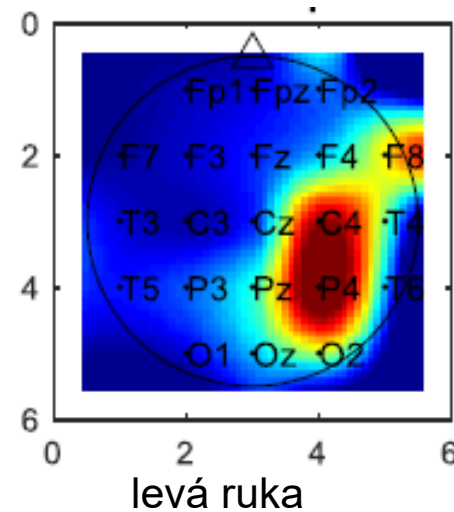
• Mapování multikanálových SEP



○ Mapování potenciálu
v čase 175 ms

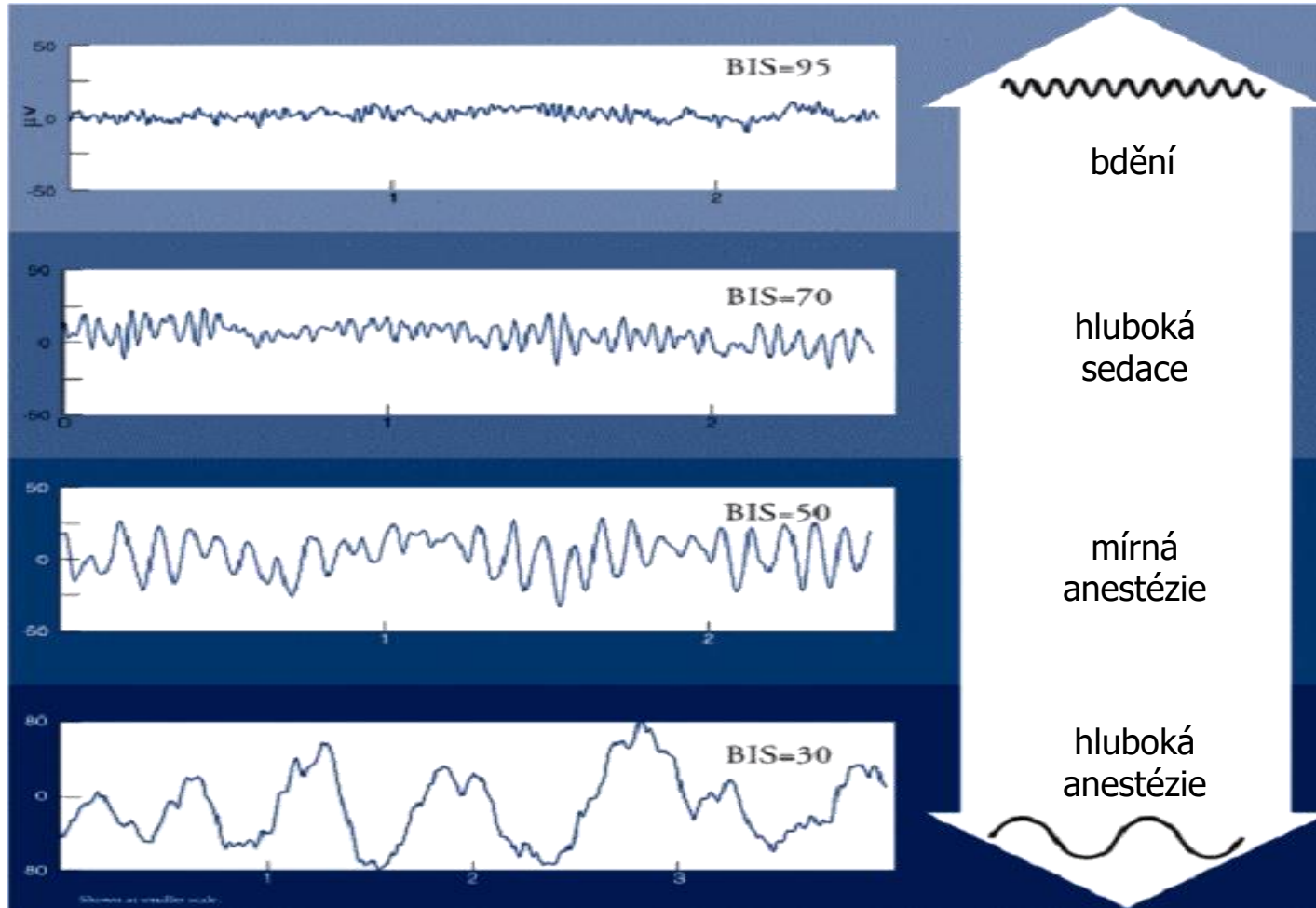


○ Mapování energie
v čase 175 ms



Monitorování hloubky anestézie

- Bispektrální index (BIS)



Změny v EEG signálu
při anestézii

