

# Standardní EEG – základy, indikace a základní nálezy



Kurz specializačního vzdělávání  
Základy neurologie, 2016  
2. lékařská fakulta UK



*Hana Krijtová*  
*Centrum pro epilepsie Motol*



# EEG metodika

- Elektrofyziologická vyšetřovací metoda
- Časoprostorový záznam **bioelektrického potenciálu** na povrchu hlavy
  - Postsynaptické potenciály v povrchních vrstvách kortexu
- EEG
  - **Standardní**
  - Kontinuální EEG (cEEG) na JIP
  - V-EEG monitorování
  - Kortikografie
  - Stereo-EEG
- Snímací elektrody
  - **Skalpové**, sfenoidální, stripy, gridy, hluboké

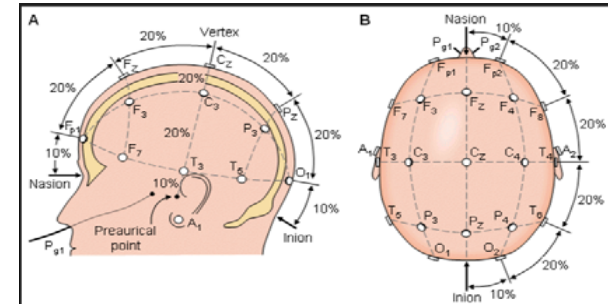
# Signál je zesilován a filtrován

- Elektrody registrují rozdíly elektrického napětí mezi jednotlivými oblastmi
- Vzniká EEG signál (uV)
- Zesilovač
  - **Citlivost** vyjadřuje počet uV na vstupu, který odpovídá 10 mm na křivce
  - Standardní citlivost **50 nebo 70 uV/10 mm**
- Filtry
  - Oddělení EEG signálu od šumu (artefakty)
  - Zvýraznění určité složky mozkové aktivity
  - Nízkofrekvenční a vysokofrekvenční
    - => vymezují **frekvenční rozsah**, ve kterém není signál zkreslen
  - Standardní nastavení = **0,5 – 70 Hz**
  - Síťový filtr – selektivně eliminuje síťovou frekvenci = 50 Hz

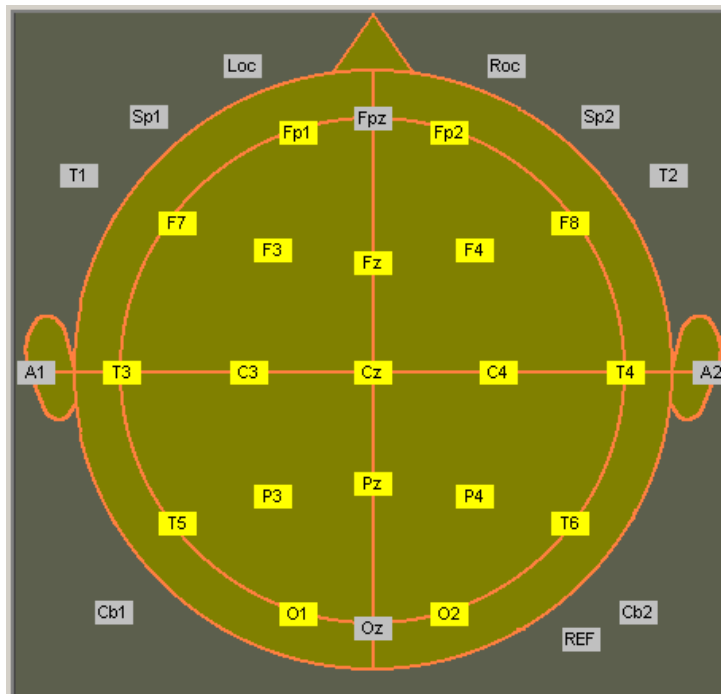
# Standardní umístění elektrod

- Mezinárodní systém **10-20**

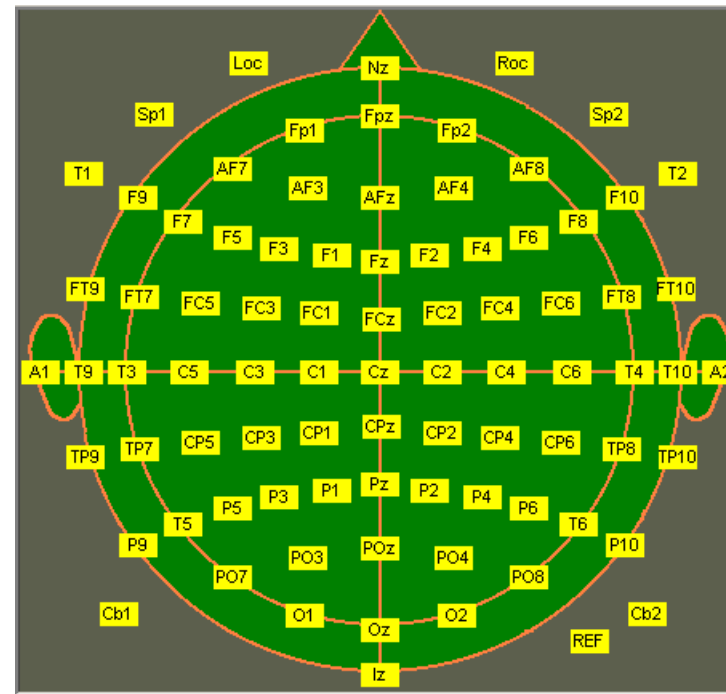
- Referenční body
- V sagitální rovině = nasion – inion
- V koronární rovině = levý a pravý preaurikulární bod
- Běžný počet snímacích elektrod = 19
  - 8 párových a 3 vertexové (nepárové)
- Elektrody jsou rozloženy tak, že na pomyslné spojnici mezi referenčními body jsou vzdáleny vždy stejně od referenčních bodů
- V 10-20-20-20-20-10% její celkové délky
- Systém 10/10 s dvojnásobným počtem elektrod (v epileptologii)
- Přídavné elektrody



# System 10-20



# System 10-10

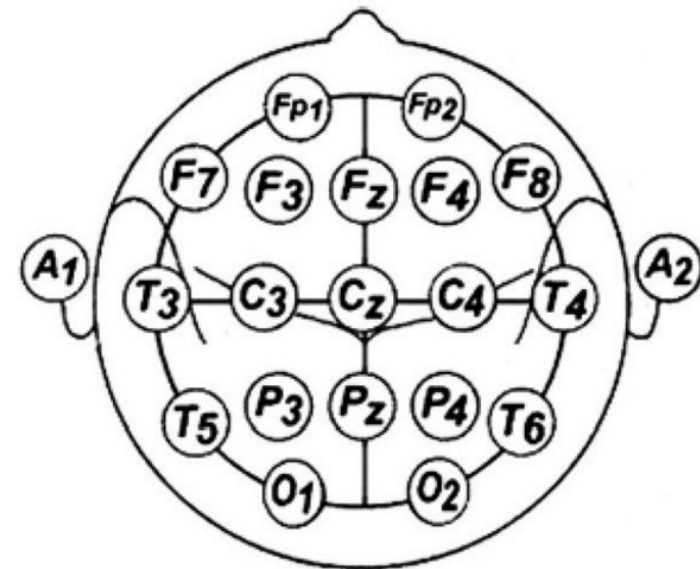


Označení elektrod podle oblasti

# Označení elektrod

- Každá elektroda je označena písmenem a číslicí
- **Písmena** označují předozadní lokalizaci podle oblastí

- Fp – frontopolární
- F - frontální
- P - parietální
- T - temporální
- O - okcipitální
- C - centrální



- Lichá čísla = levá hemisféra
- Sudá čísla = pravá hemisféra
- z - nepárové, vertexové

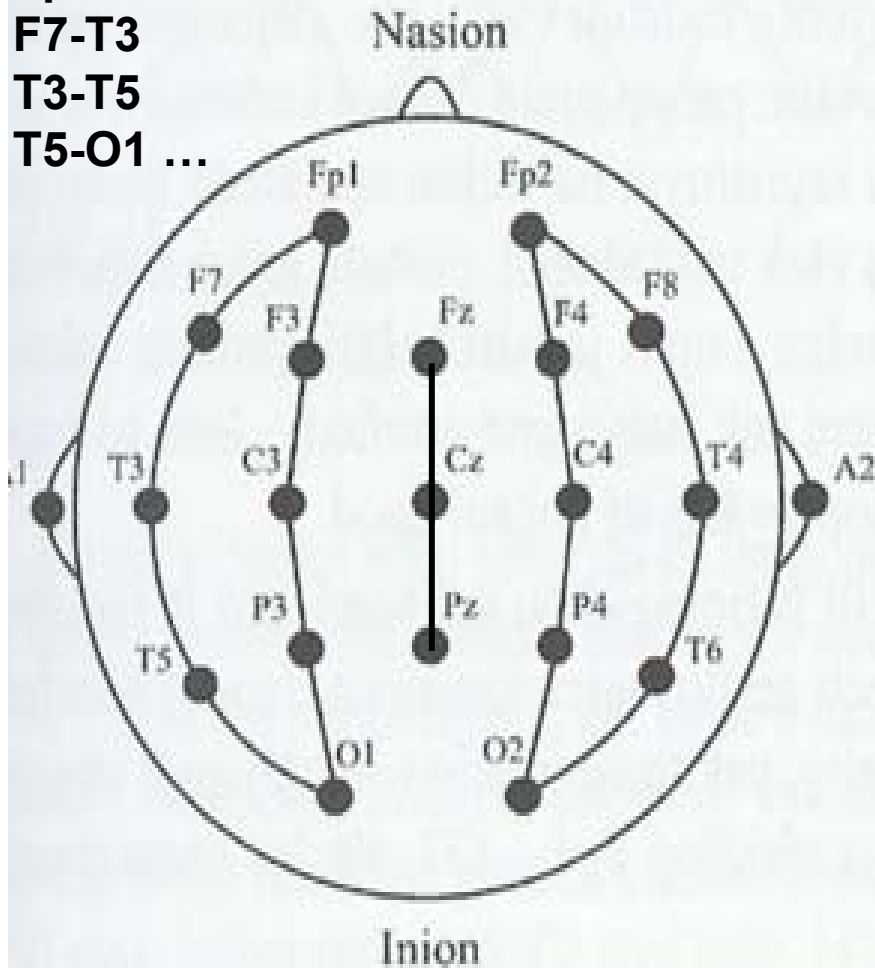
# Zapojení elektrod

- **Svod** - základní jednotka registrace elektrické aktivity
  - Dvě elektrody připojené na dva vstupy jednoho EEG kanálu
  - Explorační elektroda - zapojena na vstup 1
  - Referenční elektroda - zapojena na vstup 2
- Dva základní typy **zapojení**
  - Podle způsobu uspořádání svodů
- **Unipolární** – každá elektroda se zapojí k jedné „inaktivní“ elektrodě
  - Referenční – ucho, spojené uši, spojené elektrody
  - Zdrojové – porovnání aktivity každé elektrody s váženým průměrem voltáží ostatních elektrod
- **Bipolární** – elektrody jsou zapojeny postupně za sebou, takže vždy jedna referenční elektroda tvoří explorační el. dalšího svodu
  - Tvoří řetězce

# Bipolární zapojení

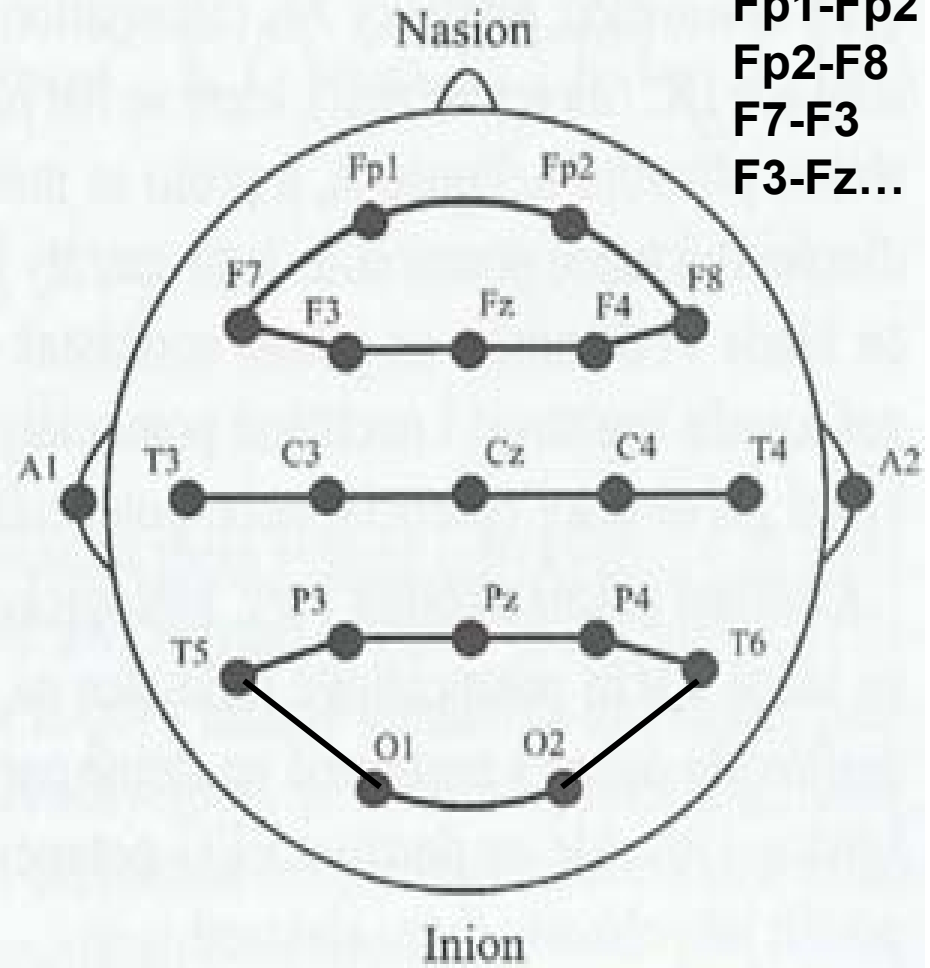
Svody:  
Fp1-F7  
F7-T3  
T3-T5  
T5-O1 ...

Longitudinální



Transverzální

Svody:  
F7-Fp1  
Fp1-Fp2  
Fp2-F8  
F7-F3  
F3-Fz...





# Snímání EEG

- V EEG laboratoři standardně
  - **Vleže** nebo vsedě
  - V klidu – relaxace
- Součásti vyšetření
  - Reakce křivky na **otevření a zavření očí**
  - **Hyperventilace**
    - Pomalé hluboké dýchání nosem a ústy
    - Vede k hypokapnii
      - => vazokontrikce a reaktivní změny v EEG
  - Ne: při IKH, edému, krvácení, u těhotných
- **Aktivační metody**
  - Zvyšují šanci na záchyt epileptiformních výbojů, i záchvatu

# Aktivační metody

## – fotostimulace, SD, spánek

- **Fotostimulace**

- Blikání bílého světla – frekvence od 1 do 30 Hz a zpět.
- Normální odpověď
  - Photic driving – VEP  
(nad zadními kvadranty frekvence shodná, násobek či podíl s frekvencí FS)
- Fotoparoxysmální odpověď- epileptiformní výboje
  - Zadní stimulus-dependentní odpověď
  - Zadní stimulus-independentní odpověď – i po ukončení stimulace
  - Generalizovaná fotoparoxysmální odpověď
- Fotosenzitivita

- **Spánková deprivace**

- K zachycení prvních stadií NREM spánku

- **Spánek**

- I bez předchozí spánkové deprivace, po obědě

# EEG křivka

## atributy a deskriptory

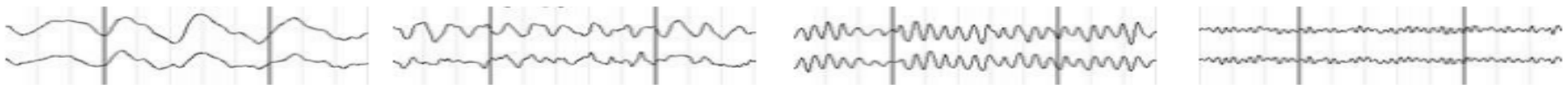
### Grafoelementy (vlny)

Nejjednodušší komponenty na které lze rozložit EEG křivku

- Frekvence
- Amplituda
- Morfologie
- Lokalizace
- Šíření
- Symetrie
- Synchronie
- Rytmicita
- Periodicita
- Kontinuálnost
- Reaktivita

# Grafoelementy

- **Frekvence** – počet grafoelementů za sekundu
- Frekvenční pásma
  - Delta  $\leq 3,5$  Hz
  - Theta 4-7,5 Hz
  - Alfa 8-13 Hz
  - Beta  $\geq 13,5$  Hz
- **Aktivita** – rytmus, rytmicky uspořádané vlny určité frekvence
  - **Základní aktivita**
    - Převažující aktivita registrovaná v určitém místě po většinu doby



- **Amplituda** – výška měřená peak-to-peak
  - Nízká  $< 20$   $\mu$ V
  - Střední 20-50  $\mu$ V
  - Vysoká  $> 50$   $\mu$ V

# Grafoelementy

## – typy podle morfologie

- **Grafoelement** – vlna

- Pravidelná (symetrická vzestupná i sestupná část)
- Nepravidelná
- Mono-, bi-, trifázická



- **Tranzient**

- Vzorec, který jasně vystupuje proti pozadí (amplitudou, frekvencí)
- Vlna, skupina vln

- **Výboj**

- Skupina vln, která se náhle objeví a náhle zmizí

- **Komplex**

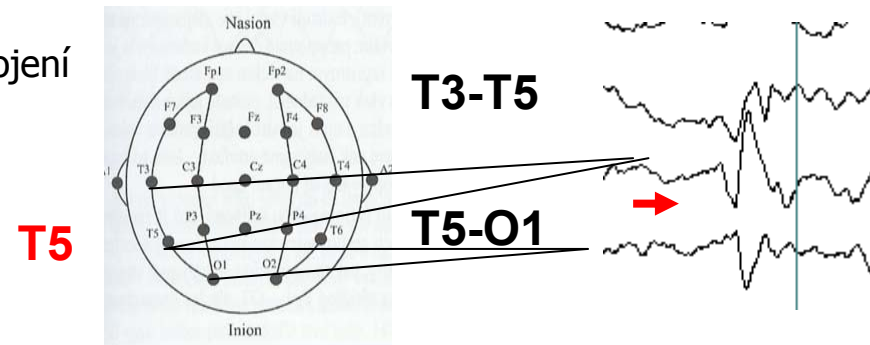
- Skupina 2 a více vln, odlišující se od okolní frekvence, víceméně konstantního tvaru

- **Rytmus**

- Skupina pravidelných vln určité frekvence
- Podle tvaru sinusoidní, pilovitý, arkádovitý

# Grafoelementy

- **Lokalizace** na elektrodě (elektrodách)
  - Lokalizační principy
    - Maximum amplitudy – referenční zapojení
    - **Zvrat fáze** (bipolární zapojení)



- **Šíření**
  - Regionální, lateralizovaná, bilaterální – difúzní , generalizovaná
  - Na další - sousední elektrody
  - Kontralaterálně
- **Výskyt v čase**
  - kontinuální, intermitentní, rytmická, periodická
- **Synchronie**
  - současný výskyt určité aktivity nad oběma hemisférami
- **Symetrie**
  - výskyt aktivit stejného charakteru nad homologními oblastmi hemisfér
- **Reaktivita** na určitý podnět

# Popis EEG křivky

- **Aktivita pozadí**
  - Rámec, ve kterém se vyskytují normální i abnormální vzorce
- **Abnormita**
  - Interiktální nálezy – mimo záchvaty
    - Vzorce/tranzienty, které se odlišují od pozadí a považují se za abnormní
  - Iktální abnormita – epizody
    - Klinické nebo elektrografické záchvaty
- **Vzorce**
  - Fyziologické – které se považují za normální
  - Nejasného významu – podobají se abnormním, ale nejsou sdruženy s patologií
  - Artefakty

# Artefakty

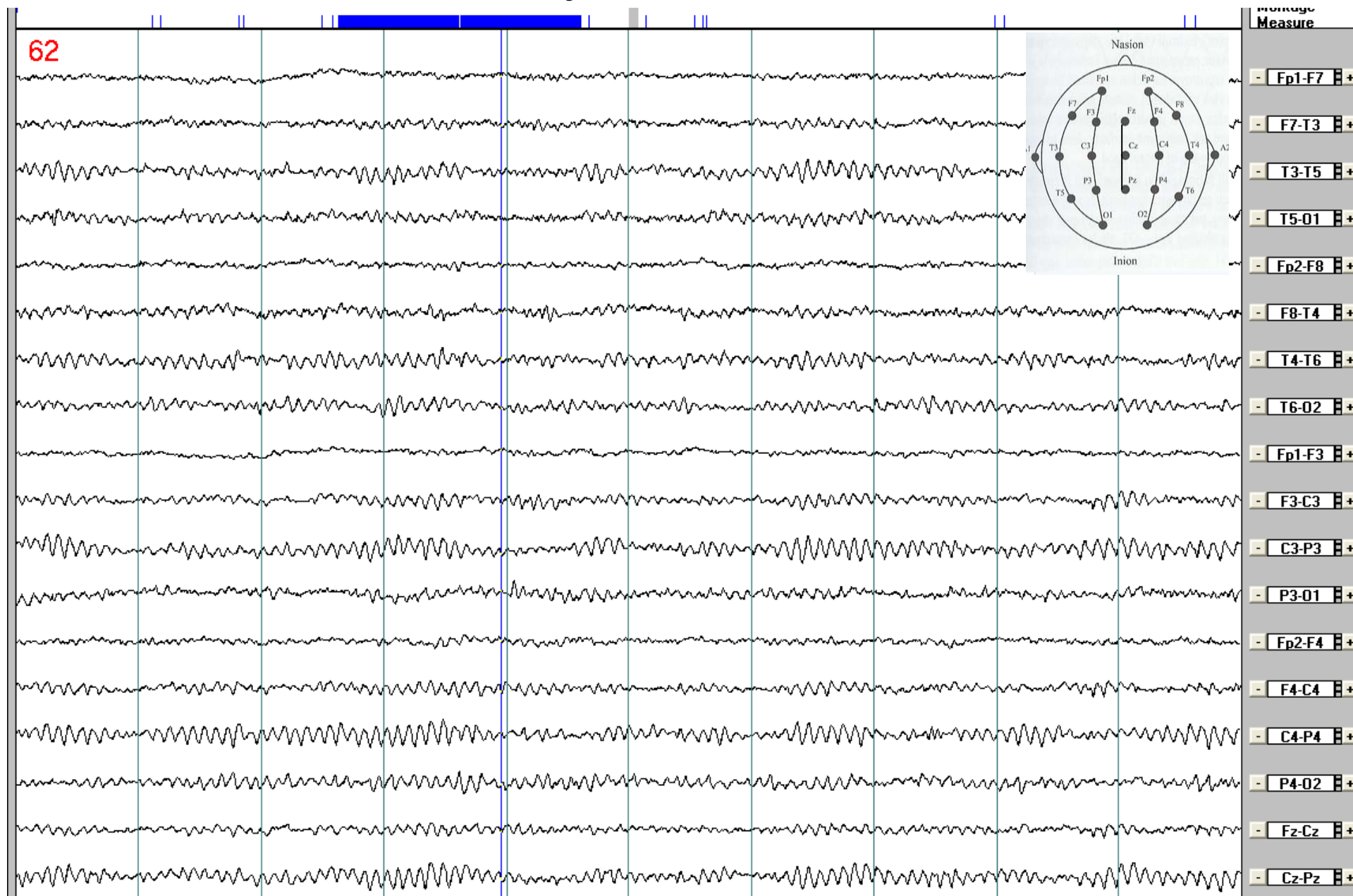
- Z pacienta
  - EKG
  - Pulzové
  - Pohybové
  - EMG
  - Z pocení
  - Oční
    - Mrkání
    - Horizontální pohyby oční – m. rectus lat.
    - Vertikální pohyby oční
  - Breech
    - Kostní defekt – po operaci
    - Zesílení rychlých frekvencí
- Z přístroje – technické
  - Elektrodové
  - Indukované (z okolních přístrojů)
  - Síťový 50 Hz
  - Můstek mezi elektrodami
- Z okolí
  - Krokové
  - Elektrostatické



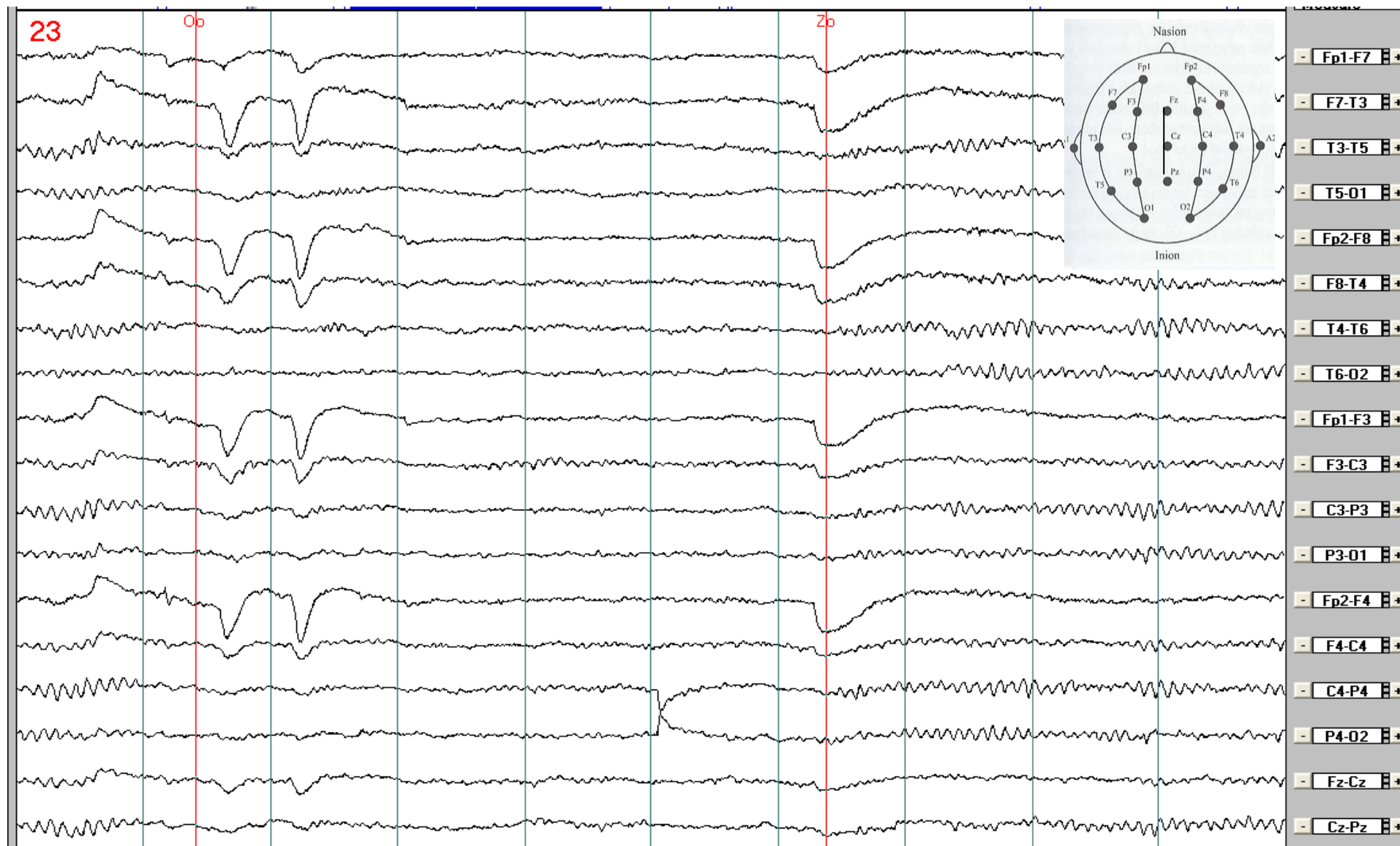
# Normální aktivita pozadí u bdělých dospělých

- **Aktivita pozadí** (background activity)
  - Rámec, ve kterém se vyskytují normální i abnormální vzorce
- **Zadní dominantní alfa rytmus** – alfa aktivita
  - Reaktivita OO, ZO
    - Alfa atenuační reakce
    - Rebound fenomen
  - Alfa varianty
    - Rychlá 14-20 Hz
    - Pomalá 4-5 Hz
- Beta – nízkovoltážní, nad předními kvadranty, OO netlumí
  - MU – arkádový – v pásmu alfa, subharmonická varianta, tlumí pohyb kontralat. končetin
- Theta – nízkovoltážní, nad předními částmi, při ospalosti
- **Pomalá aktivita v NREM a během ontogenetického vyžívání CNS**
  - **Delta** – u kojenců, a v NREM, jinak abnormní

# Normální EEG – longitudinální zapojení, zadní dominantní alfa rytmus – 10 Hz



# Normální EEG – longitudinální zapojení, OO – ZO alfa atenuační reakce, rebound fenomen



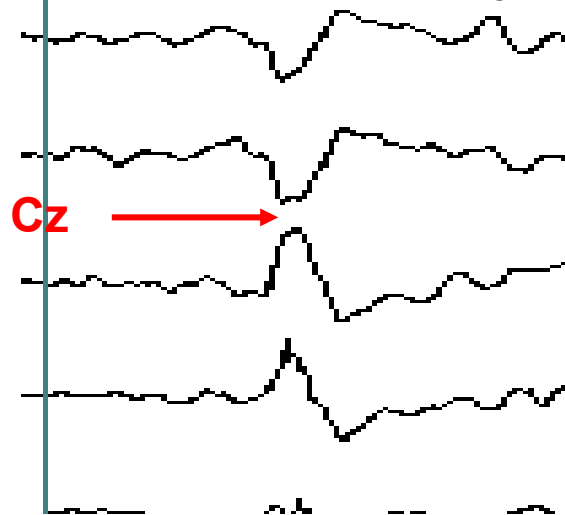
# Spánek ve standardním EEG

- Běžně – nuda, únava, relaxace
- **NREM** – stádia N1-2 (N3 vzácně), ne REM
- **N1**
  - Atenuace, rozpad, zpomalení ZA, vymizení artefaktů, pomalé oční pohyby, synchronizace theta nad předními kvadranty
  - Vertexové vlny, POSTs
- **N2**
  - Tranzienty z N1
  - Vřetena
  - K komplexy
  - Delta vlny do 20%
- **N3**
  - Dominují delta vlny, postupně mizí tranzienty
- Riziko záměny spánkových tranzientů za epileptiformní výboje

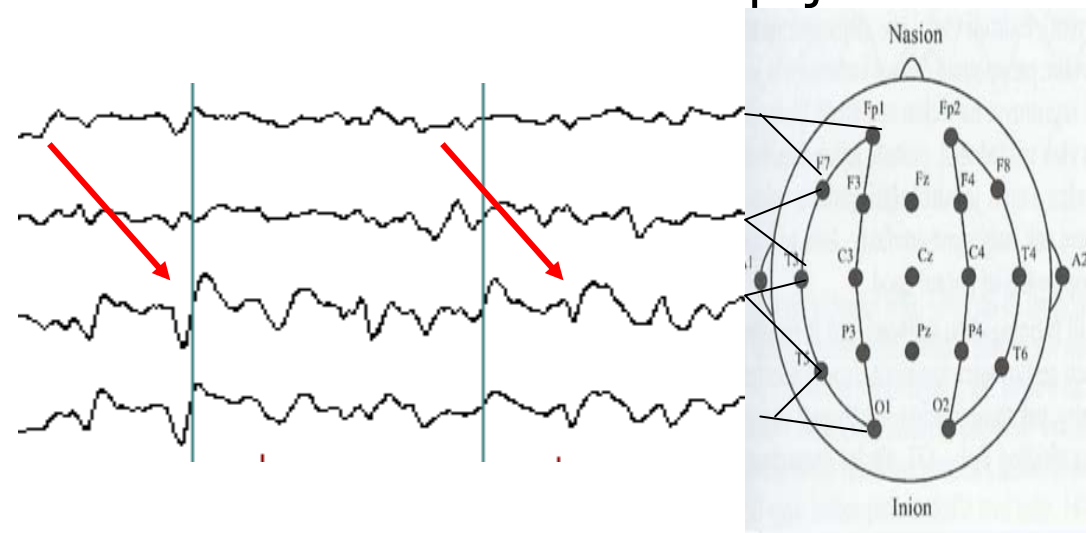
# Spánkové tranzienty – N1

- Vertexové ostré vlny
  - Bifázické – max na Cz

V transverzálním zapojení

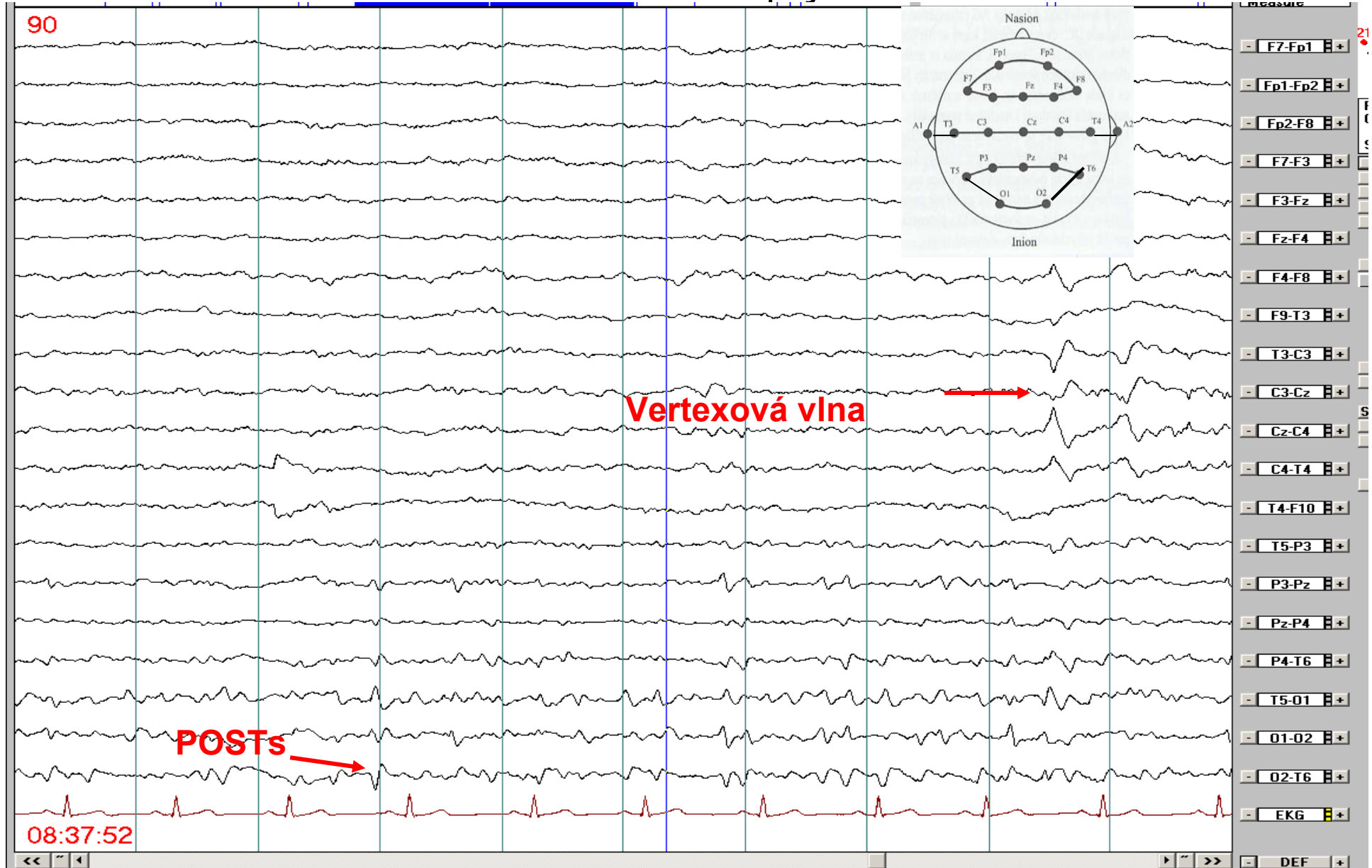


- POSTs
  - Monofázické ostré
  - Positive occipital sharp transients of sleep
  - Pozitivní v L zapojení



# POSTS a V vlna

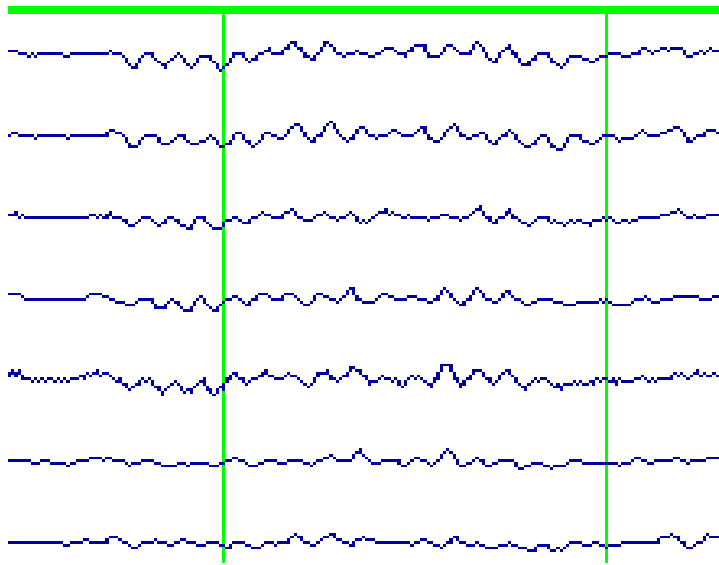
transverzální zapojení



# Spánkové tranzienty – N2

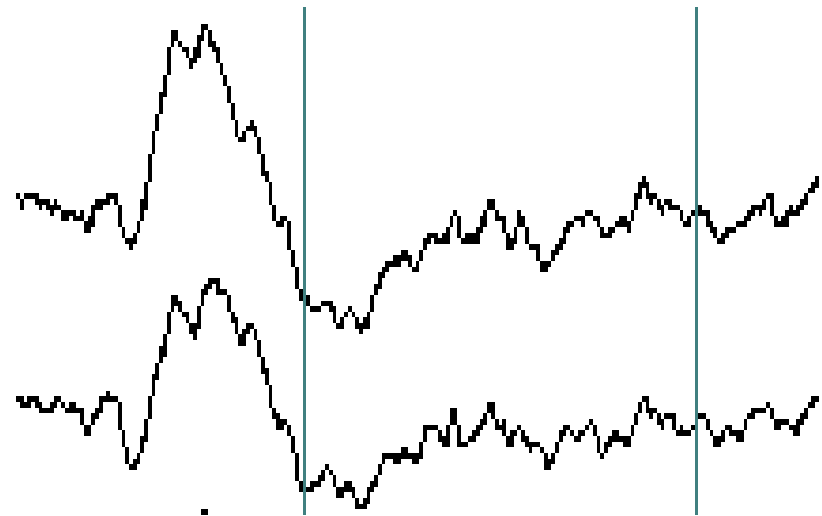
- Vřetena

- Sinusoidní vzorce 10-15 Hz
- Maximum F a C



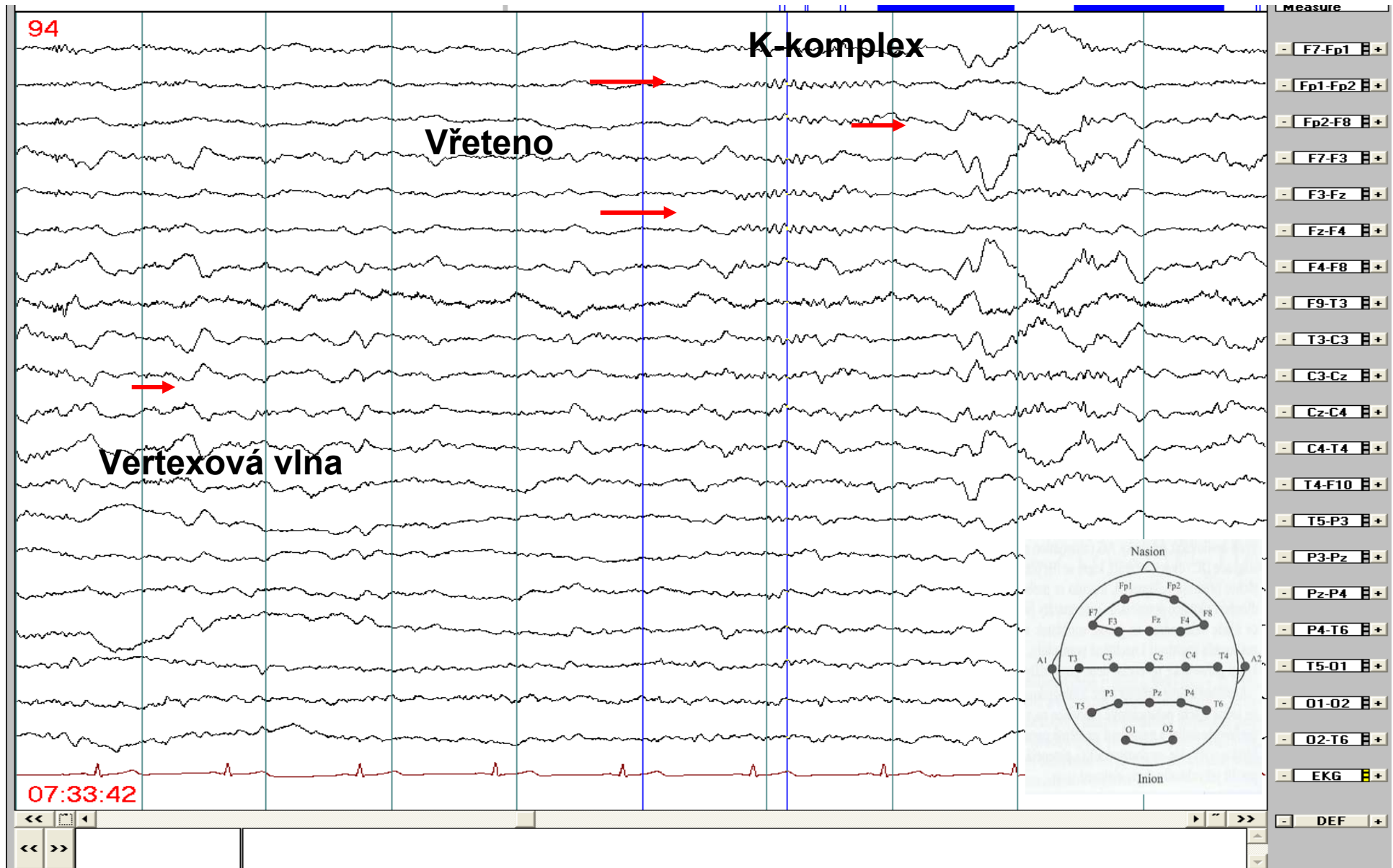
- K Komplexy

- Bifázická pomalá vlna
- Max. biF a Cz
- Sekundární komponenty sluchového evok. potenciálu



# V vlny, vřetena, K komplexy – N2

transverzální zapojení





# Abnormita

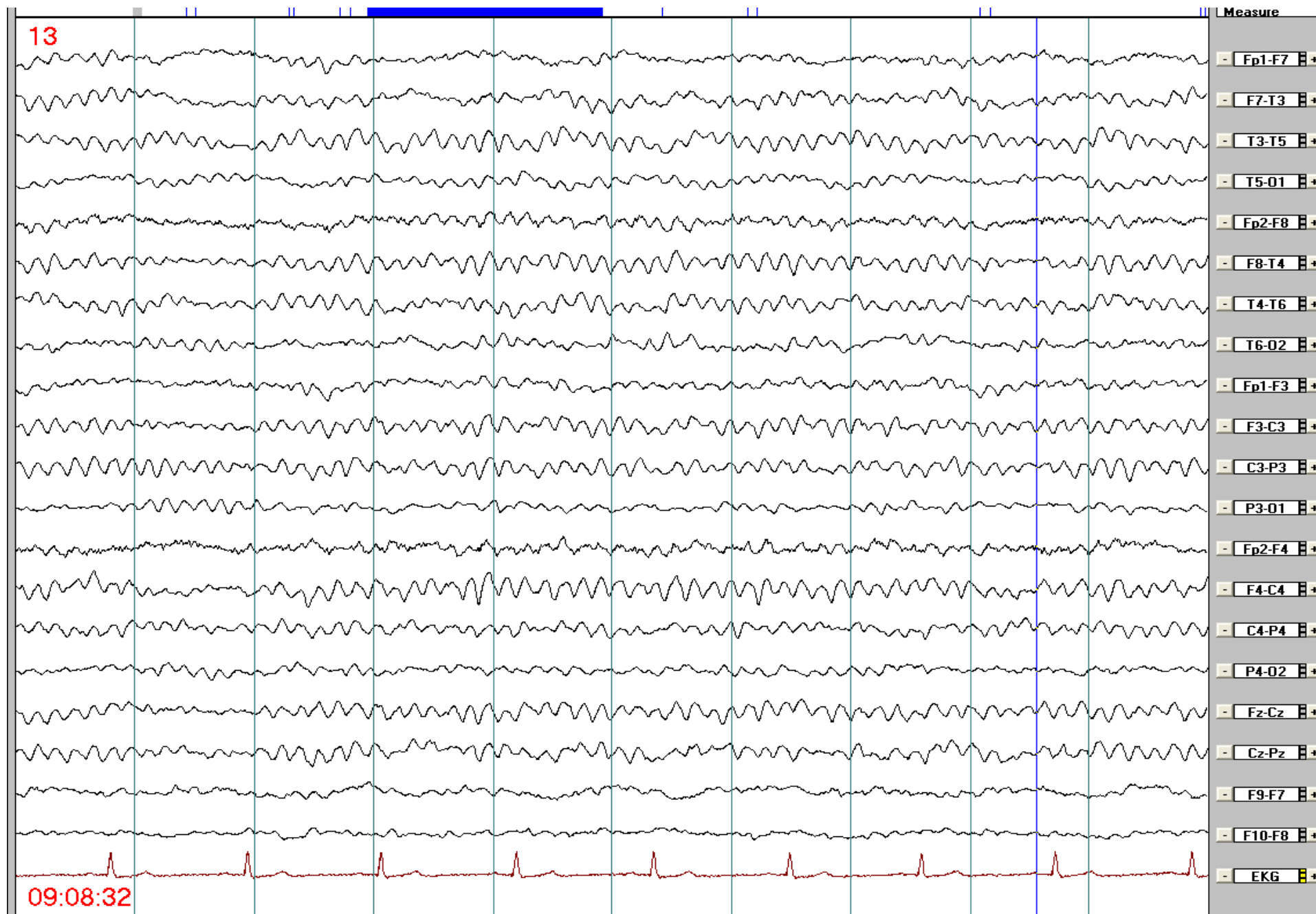
- Pozadí

- Vymizení normálního vzorce či výrazné snížení amplitudy
  - Ložiskově či generalizovaně
- Zpomalení
  - Frekvence  $< 8$  Hz
  - Zpomalení o 1-2 Hz proti kontralat. homologní oblasti
  - Zpomalení o 1-2 Hz proti minulému EEG
  - Theta, delta neodpovídající věku a stavu bdělosti
- Atypická lokalizace

- Speciální rysy

- Nízkovoltážní EEG ( $< 20$   $\mu$ V)
- Vzorec burst-suppression
- Suprese aktivity pozadí

# Zpomalené pozadí 6,5 Hz, longitudinální zapojení



# Interiktální abnormita

- Abnormita vyskytující se na pozadí, odlišující se od tohoto pozadí, se dále rozlišuje podle významu pro dg. epilepsie jako
  - **Nespecifická** (abnormální pomalá)
    - Ložisková
    - Generalizovaná
  - **Epileptiformní specifická**
    - Ložisková
    - Generalizovaná
  - **Speciální vzorce** (u kriticky nemocných)
    - Periodická
    - Rytmická delta

# Nespecifická – abnormální pomalá aktivita

- **Kontinuální theta, delta**
  - Nepravidelná polymorfní
  - Rytická theta či delta aktivita
- **Intermitentní**
  - Nepravidelná
  - Rytická
    - Frontální – FIRDA – sinusoidní vlny 1,5-2,5 Hz
      - Nespecifická encefalopatie
    - Okcipitální – OIRDA – u dětí
    - Temporální – TIRDA – často jednostranně, asociace s TLE
- V souvislosti s **ložiskovými lézemi a encefalopatiemi**

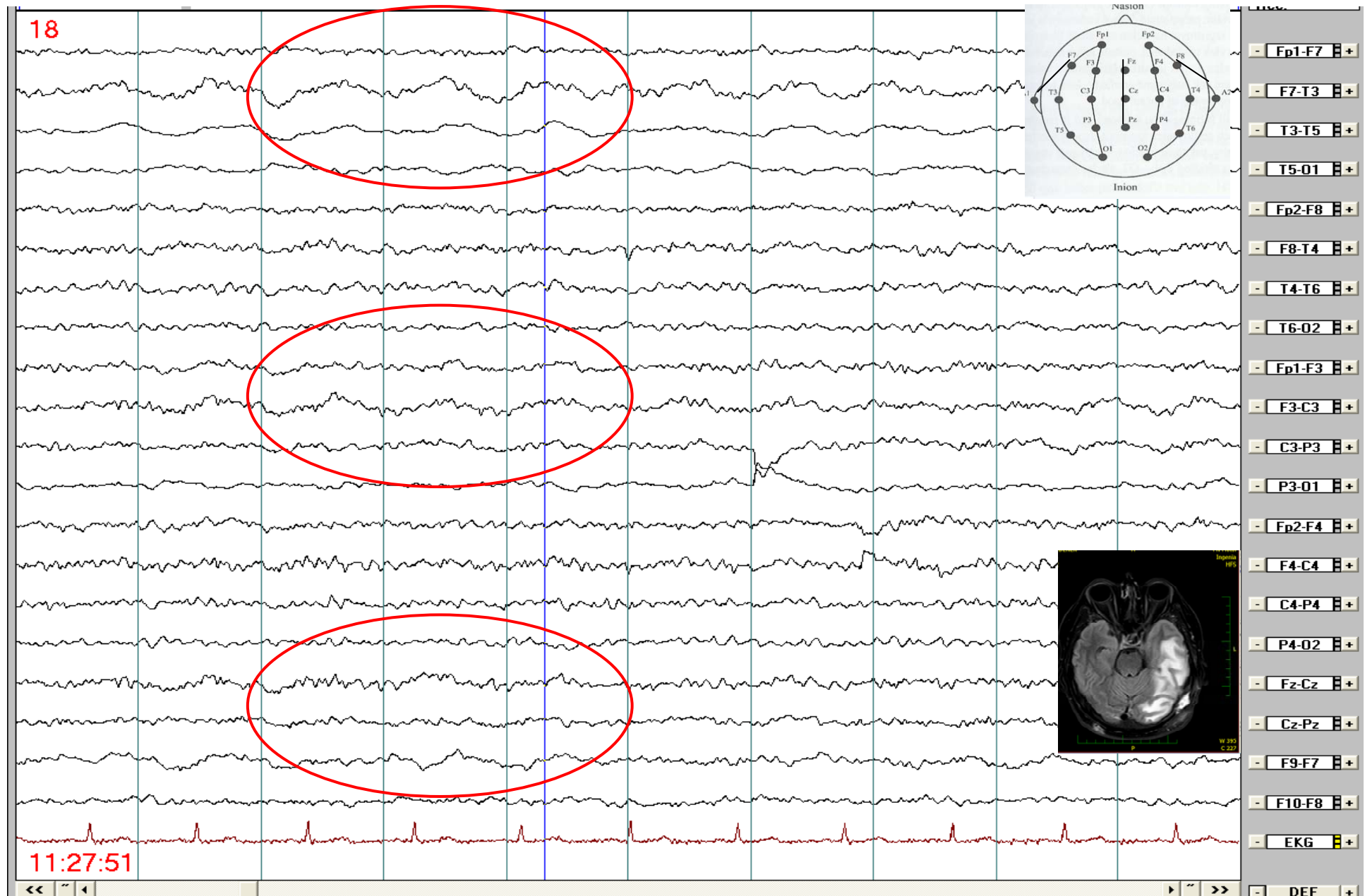
# Nespecifická – abnormální pomalá aktivita

- **Kontinuální theta, delta**
  - Nepravidelná – polymorfní
  - Rytická theta či delta aktivita
- **Intermitentní**
  - Nepravidelná
  - Rytická
    - Frontální – FIRDA – sinusoidní vlny 1,5-2,5 Hz
      - Nespecifická encefalopatie
    - Okcipitální – OIRDA – u dětí
    - Temporální – TIRDA – často jednostranně, asociace s TLE
- V souvislosti s **ložiskovými lézemi a encefalopatiemi**

**Ložisková  
regionální  
hemisferální**

**Bilaterální  
Generalizovaná**

# Kontinuální pomalá sin. hemisferálně + atenuace základní aktivity laterálně, longitudinální zapojení (absces vlevo FTPO)



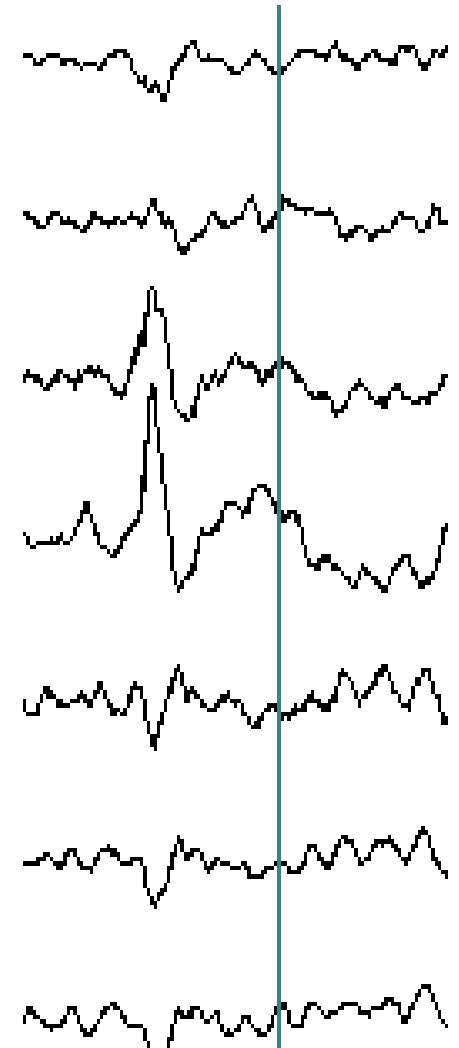
# Specifická epileptiformní abnormalita

- **Interiktální epileptiformní výboje**
  - IED (Interictal Epileptiform Discharge)
- Ostrý tranzient (zřetelně) odlišitelný od pozadí
- Vyskytují se typicky, ale ne výlučně a ne vždy u pacientů s epilepsií
- **Ostrá vlna**
  - 70-200 ms
- **Hrot**
  - 20-70 ms
- Mezi ostrou vlnou a hrotem není v diagnostickém přínosu rozdíl

*Beniczky et al., 2013*

# Kritéria odlišení variant normy od OV a hrotů

- **Amplituda**
  - nápadná – vzhledem k pozadí
- **Odlišná frekvence**
  - od okolních vln
    - Ne: vyšší vlna ostrého tvaru v sekvenci vln stejné frekvence
- **Narušené pozadí**
  - následná pomalá vlna
- **Morfologie**
  - Asymetrický tvar – první část strmější
  - Difázická či trifázická morfologie
- **Pole**





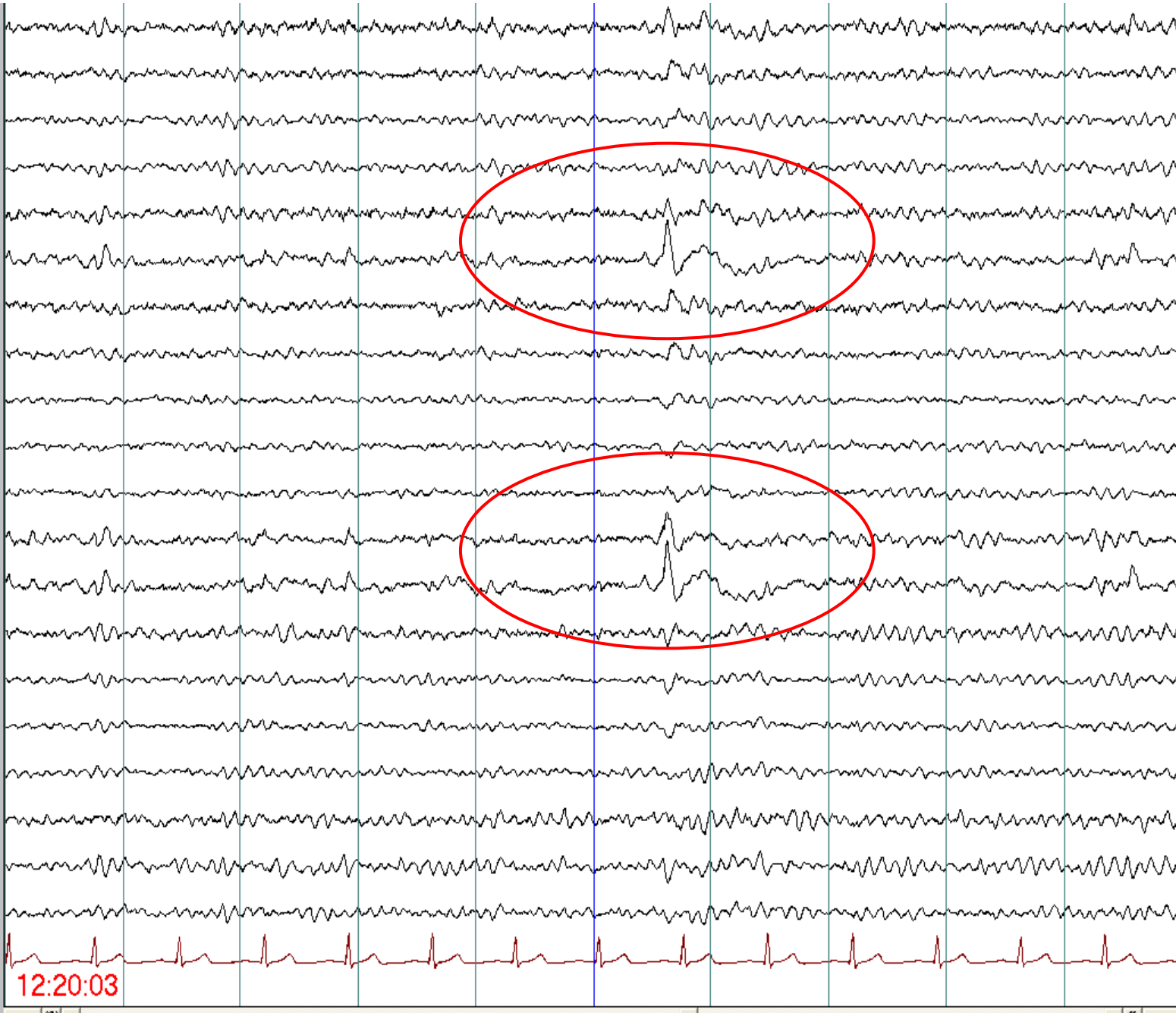
# Epileptiformní abnormita

- **Polyspike (PS)**
  - Nejméně 3 hroty (>10 Hz)
  - Lokalizovaný výskyt někdy u FCD
- **PS**
  - Běhy rychlých hrotů 10-25 Hz > 2 sek., LGS
- **Generalizovaný komplex PSW**
  - PS/pomalá vlna typicky u JME
- **SW komplex**
  - Hrot/vlna generalizované výboje klasické 3 Hz - IGE
  - Rychlé 4-5 Hz
  - Pomalé SW komplexy (1-2,5 Hz), u LGS
- **PLEDs**
  - Periodické (lateralizované) epileptiformní výboje
  - V souvislosti s NCSE – speciální vzorce

# Iktální vzorce

- **Iktální vzorec, záchvat**
  - Rytmičtý výboj hrotů a vln s vývojem frekvence, amplitudy, s šířením – behaviorální korelát, semiologie
  - Elektrografický >10 sek.
- **Status vzorec**
  - Odlišuje především délka a klinické pozorování
  - Menší změny – kolísání

# Fokální OV anterotemporálně vpravo, referenční zapojení



FP2-G19 +

F7-G19 +

F3-G19 +

FZ-G19 +

F4-G19 +

F8-G19 +

F9-G19 +

T3-G19 +

C3-G19 +

CZ-G19 +

C4-G19 +

T4-G19 +

F10-G19 +

T5-G19 +

P3-G19 +

PZ-G19 +

P4-G19 +

T6-G19 +

O1-G19 +

O2-G19 +

EKG +

DEF +

Scale: 10 secs

Invalid	
Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	

Select

SV SEEG

S3

Zoom In

Zoom out

DSens

SRate  Sens

LF  HF

DLF  DHF

DNotch

AutoScore

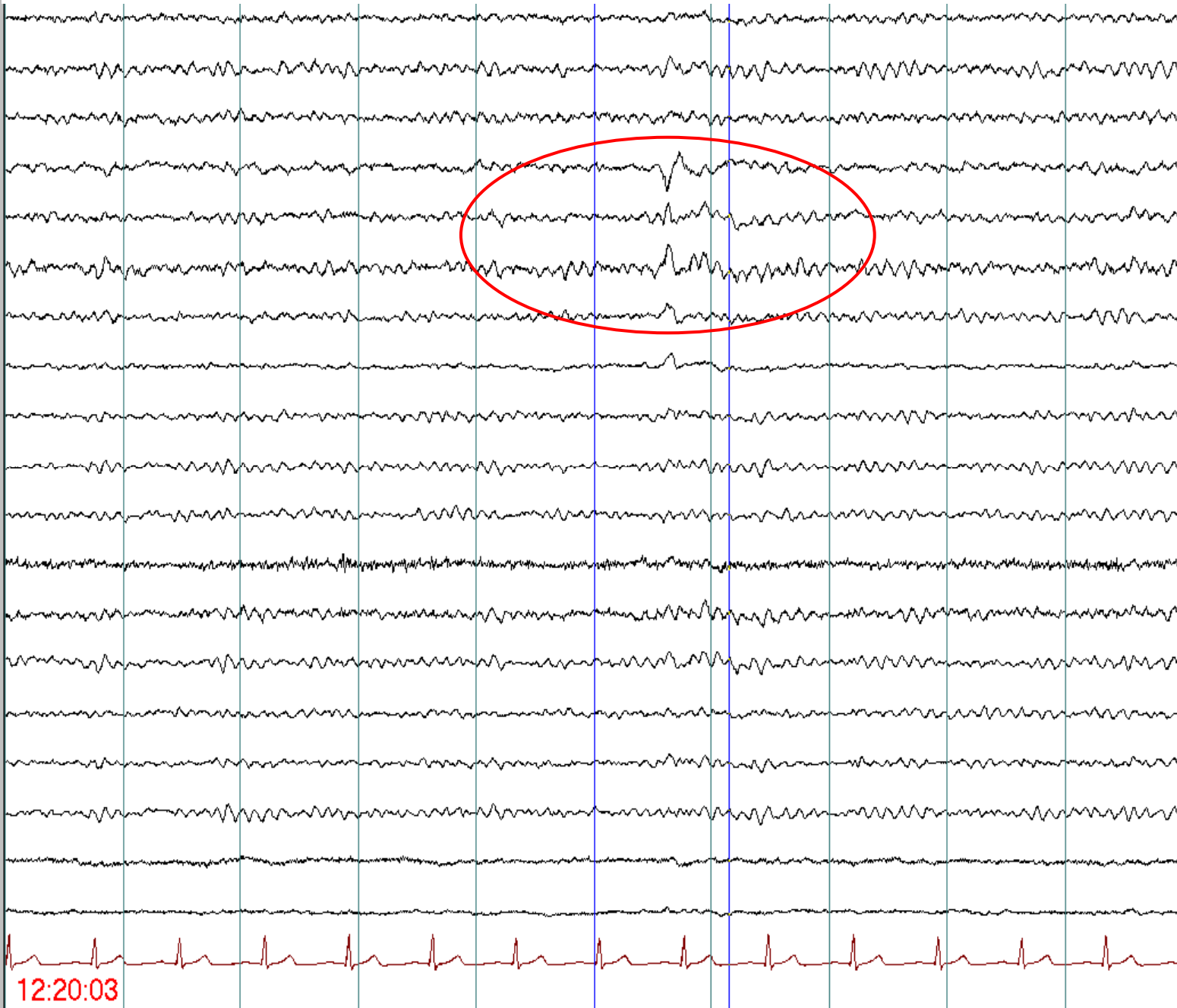
<< >>

150  $\mu$ V

OFF

OFF

# OV anterotemporálně vpravo, longitudinální zapojení

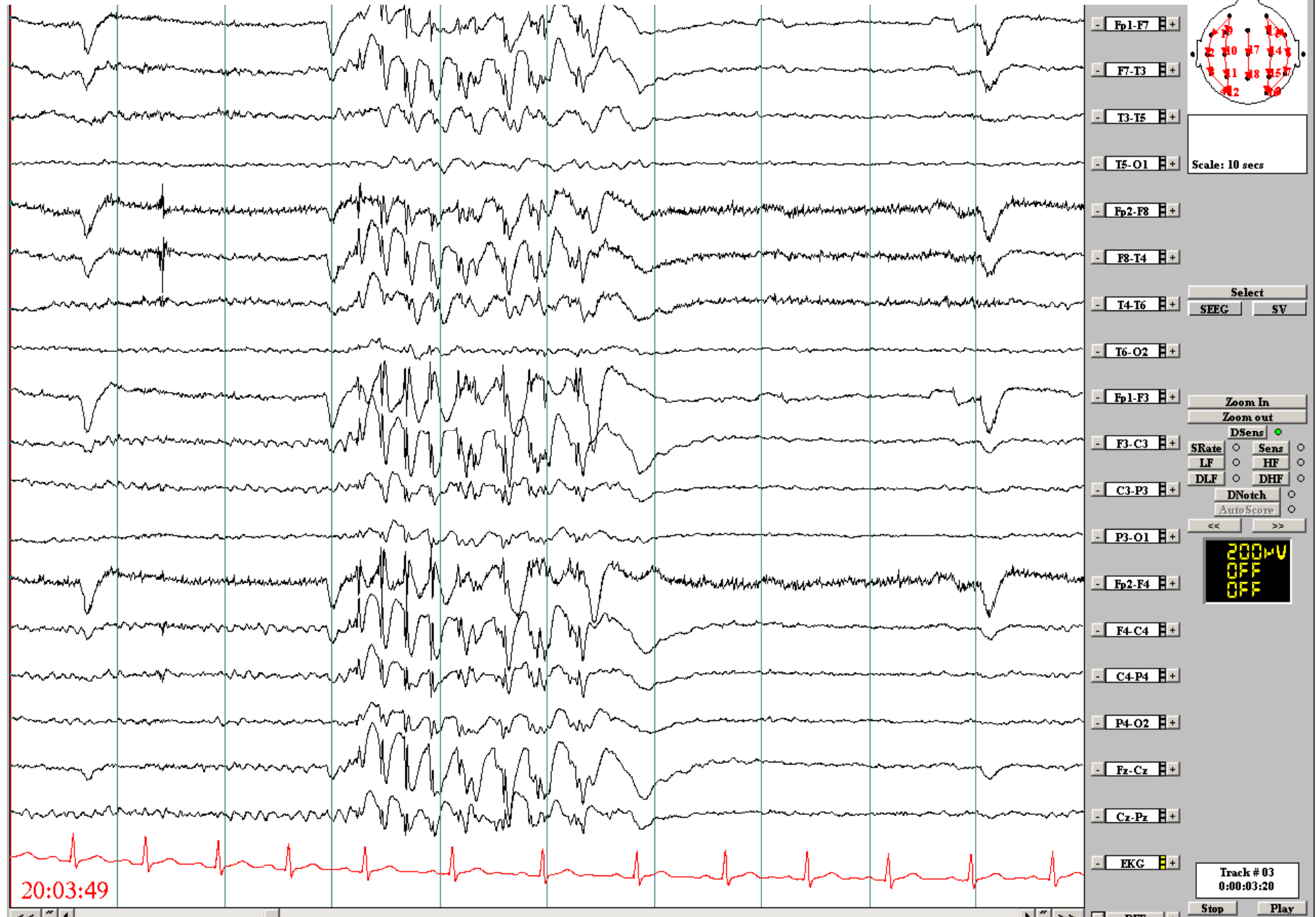


Control panel for the EEG recording software, including channel selection, zoom, and filter settings.

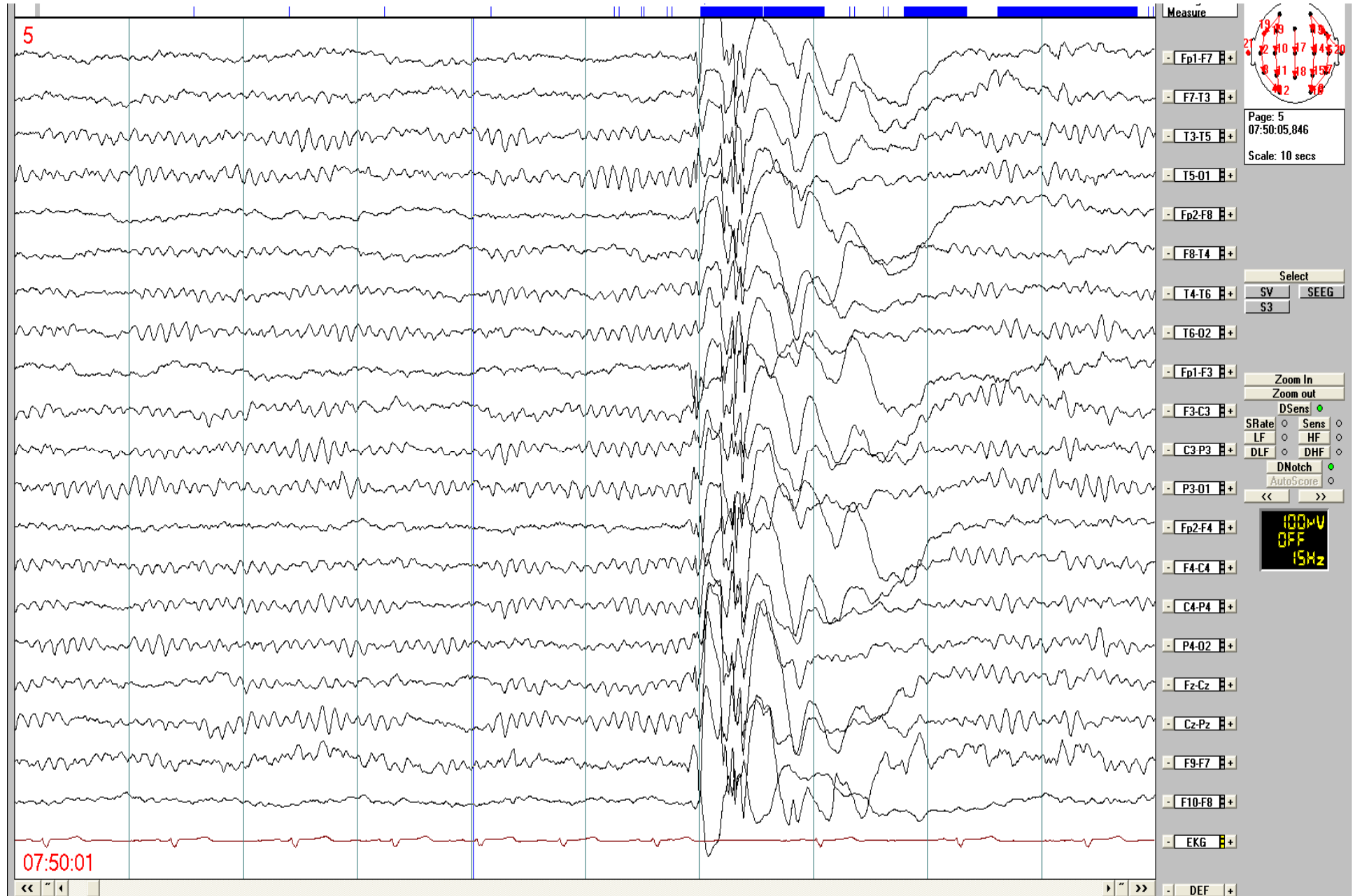
- Channel selection: Fp1-F7, F7-T3, T3-T5, T5-O1, Fp2-F8, F8-T4, T4-T6, T6-O2, Fp1-F3, F3-C3, C3-P3, P3-O1, Fp2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2, Fz-Cz, Cz-Pz, F9-F7, F10-F8, EKG.
- Page: 73, Time: 12:20:09,653, Scale: 10 secs.
- Invalid table:

Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	
- Select: SV, SEEG, S3.
- Zoom In, Zoom out, DSens (checked).
- SRate, Sens, LF, HF, DLF, DHF, DNotch, AutoScore.
- Navigation: <<, >>
- Display: 150 V, 0 Hz, 0 Hz.

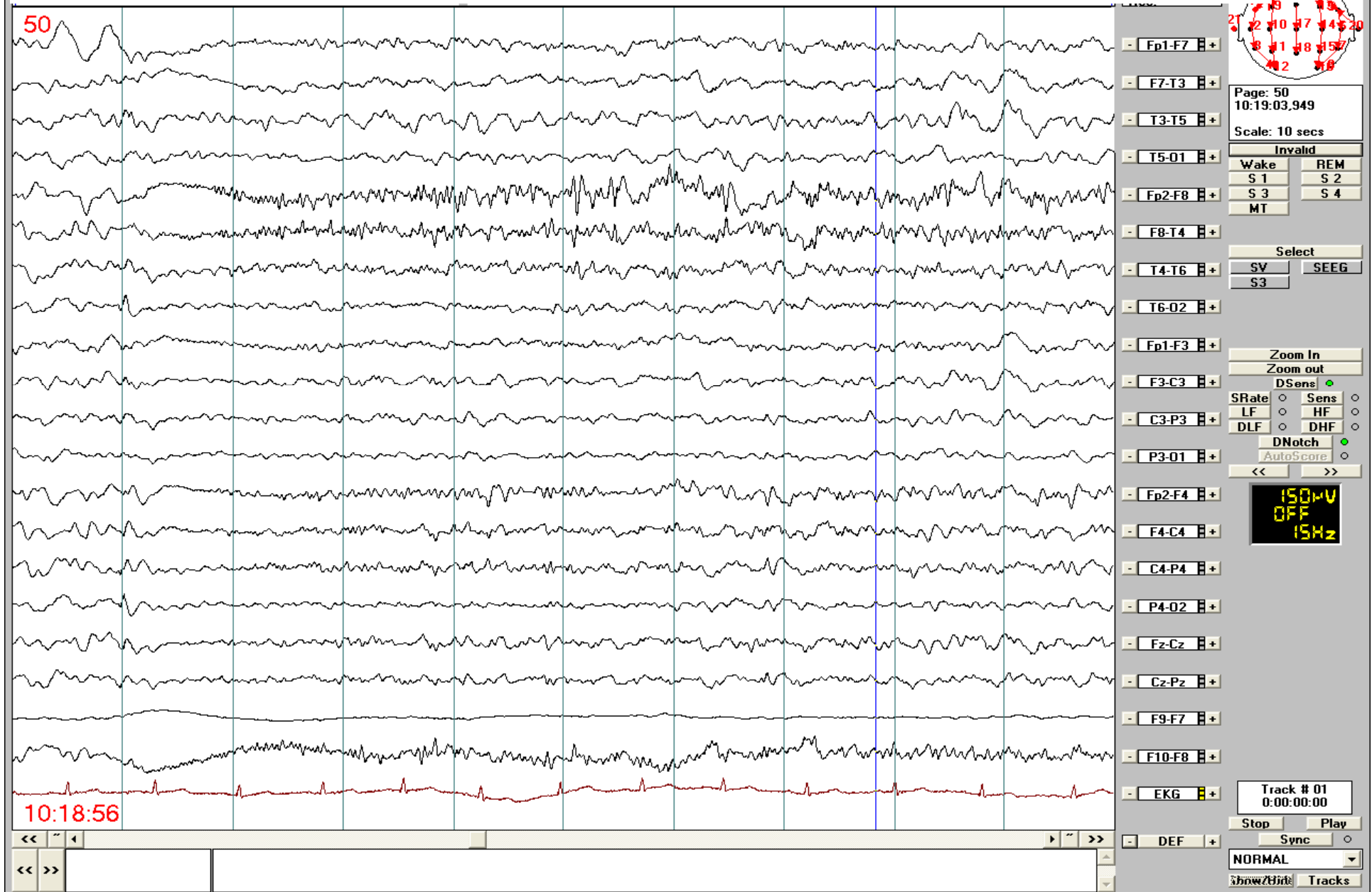
# Generalizované SW výboje (4-3 Hz), longitudinální zapojení



# Generalizované PSW výboje po SD, longitudinální zapojení, JME

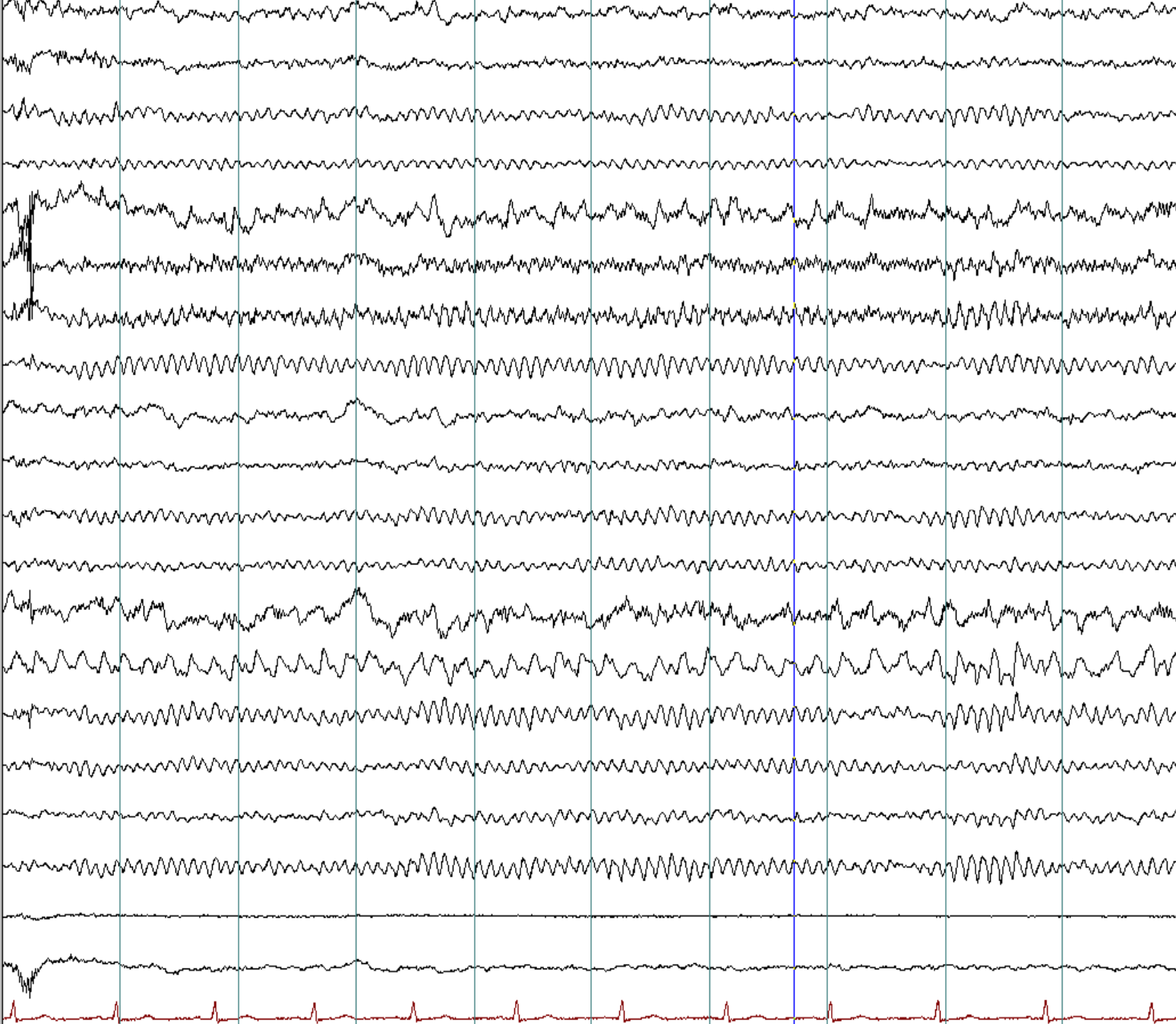


# Iktální vzorec F dx. – krátký fokální záchvat tonický sin. tváře a pohyb trupu, longitudinální zapojení









Page: 96  
 10:39:04,985  
 Scale: 10 secs

Invalid	
Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	

Select

SV	SEEG
S3	

Zoom In  
 Zoom out

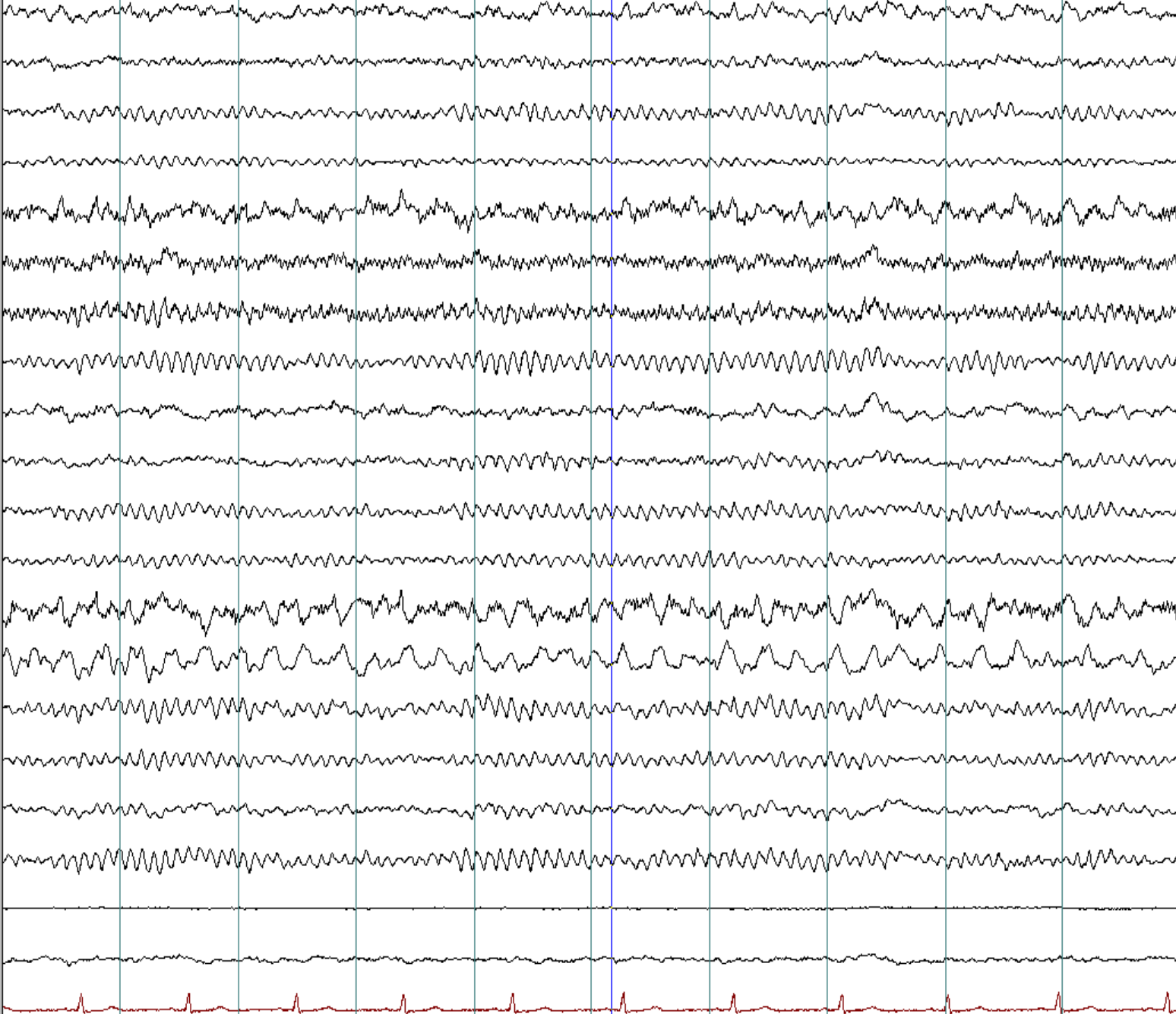
DSens

SRate <input type="radio"/>	Sens <input type="radio"/>
LF <input type="radio"/>	HF <input type="radio"/>
DLF <input type="radio"/>	DHF <input checked="" type="radio"/>

DNotch   
 AutoScore

<< >>

100-uV  
 OFF  
 15Hz



- Fp1-F7 +
- F7-T3 +
- T3-T5 +
- T5-O1 +
- Fp2-F8 +
- F8-T4 +
- T4-T6 +
- T6-O2 +
- Fp1-F3 +
- F3-C3 +
- C3-P3 +
- P3-O1 +
- Fp2-F4 +
- F4-C4 +
- C4-P4 +
- P4-O2 +
- Fz-Cz +
- Cz-Pz +
- F9-F7 +
- F10-F8 +
- EKG +



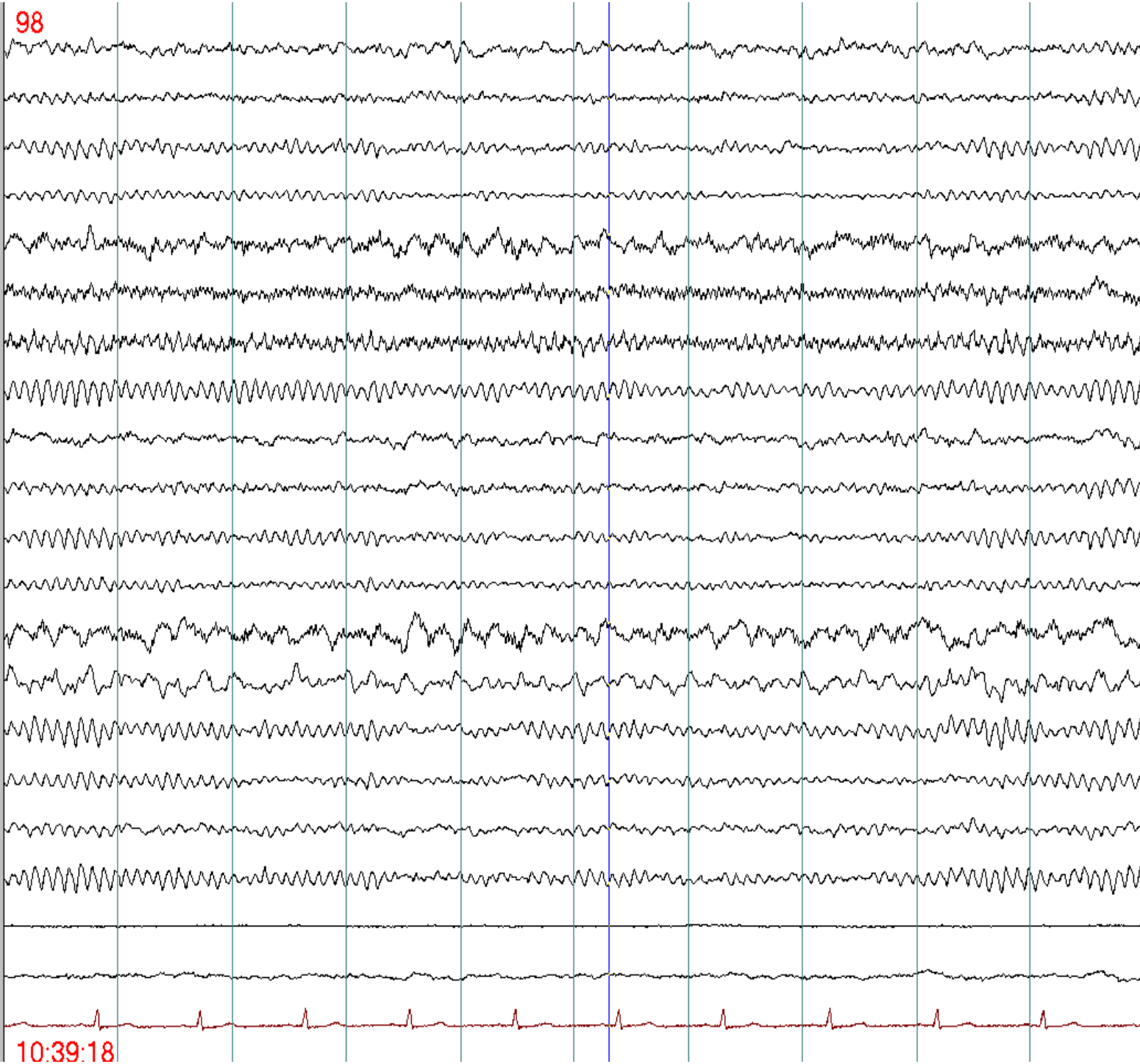
Page: 97  
 10:39:13.434  
 Scale: 10 secs

Invalid	
Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	

Select  
 SV SEEG  
 S3

Zoom In  
 Zoom out  
 D.Sens  
 SRate  Sens   
 LF  HF   
 DLF  DHF   
 DNotch  
 AutoScore  
 << >>

100.0V  
 OFF  
 15Hz



Page: 98  
10:39:23,570

Scale: 10 secs

Invalid	
Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	

Select	
SV	SEEG
S3	

Zoom In  
Zoom out

DSens

SRate  Sens

LF  HF

DLF  DHF

DNotch

AutoScore

<< >>

100.0V  
OFF  
15Hz

- Fp1-F7
- F7-T3
- T3-T5
- T5-O1
- Fp2-F8
- F8-T4
- T4-T6
- T6-O2
- Fp1-F3
- F3-C3
- C3-P3
- P3-O1
- Fp2-F4
- F4-C4
- C4-P4
- P4-O2
- Fz-Cz
- Cz-Pz
- F9-F7
- F10-F8
- EKG



Page: 100  
 10:39:45.217  
 Scale: 10 secs

Invalid	
Wake	REM
S 1	S 2
S 3	S 4
MT	

Select	
SV	SEEG
S3	

Zoom In  
 Zoom out  
 DSens   
 SRate  Sens   
 LF  HF   
 DLF  DHF   
 DNotch   
 AutoScore   
 << >>

100µV  
 OFF  
 15Hz

- Fp1-F7 +
- F7-T3 +
- T3-T5 +
- T5-O1 +
- Fp2-F8 +
- F8-T4 +
- T4-T6 +
- T6-O2 +
- Fp1-F3 +
- F3-C3 +
- C3-P3 +
- P3-O1 +
- Fp2-F4 +
- F4-C4 +
- C4-P4 +
- P4-O2 +
- Fz-Cz +
- Cz-Pz +
- F9-F7 +
- F10-F8 +
- EKG +

# Jaká je v současnosti role „klasického“ EEG?

- **Funkční vyšetření**
  - Zaznamenává elektrickou aktivitu mozku na povrchu hlavy
  - S rozvojem zobrazovacích metod přestalo být využíváno jako orientační metoda k průkazu intrakraniální léze
  - Lézi nevidíme – pouze její důsledky pro poruchu funkce
- Poskytuje informace o funkčních změnách zejména u
  - **Epilepsie**
  - Encefalopatie
    - Difúzní dysfunkce – vývoj
  - U ložiskových lézí
    - Informace o funkční poruše – včetně doprovodné epilepsii

# Indikace EEG

- **Epilepsie**
  - Dif.dg. klinických záchvatů
  - Pochybnosti o dg.
  - Klasifikace záchvatů a syndromů
  - Efekt léčby – četnost výbojů
  - Změna charakteru záchvatů
  - Podezření na NCSE
  - Změny AET – vysazování
  - Zvažování epileptochirurgického výkonu
  - ŘP
  - Podezření na PNES
- **Porucha vědomí**
- **Encefalopatie**
- **Encefalitidy**
- **Kóma**
- **Smrt mozku**
- **Demence**
- **Poruchy chování**
- **Genetické syndromy**
- **Metabolické poruchy**
- **Cerebrovaskulární onemocnění**
- **Ložiskové léze**

# EEG u encefalopatií různé etiologie

- EEG abnormita
  - Posouzení difúzního funkčního postižení
  - Sledování jeho vývoje
  - Difúzní zpomalení (základní aktivity, intermit. delta)
  - Většinou **z hlediska etiologie nespecifická**
  - Někdy může pomoci nasměrovat dg. pátrání
  - Pseudoperiodické epileptiformní výboje u Creutzfeld Jacobovy choroby, herpetické encefalitidy
  - Akutní průběh – výraznější nález
- Etiologie
  - Metabolické, ischemické, toxické, polékové, zánětlivé

# EEG u ložiskových lézí CNS

- Pomalá abnormita ložisková, intermitentní nebo kontinuální
  - Závisí na lokalizaci a charakteru léze, rychlosti vzniku
  - Nedostupnost některých oblastí skalpovými elektrodám
- CMP, KCT, tumory apod.
  - EEG může přinést informace o
    - Rozsahu
    - Závažnosti
    - Vývoji
    - O související epilepsii
- **Ale**
  - Nejedná se o metodu volby ke sledování třeba růstu tumoru
  - Indikaci zobrazovací metody nepodmiňujeme abnormitou na EEG
    - Cefalea
    - Akutní trauma - potraumatické stavy



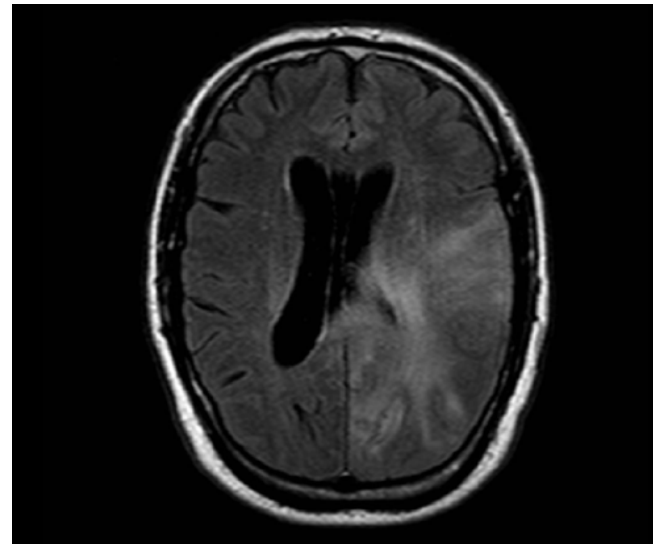
# EEG u ložiskových lézí CNS

- Pomalá abnormita ložisková, intermitentní nebo kontinuální
  - Závisí na lokalizaci a charakteru léze, rychlosti vzniku
  - Nedostupnost některých oblastí skalpovými elektrodám
- CMP, KCT, tumory apod.
  - EEG může přinést informace o
    - Rozsahu
    - Závažnosti
    - Vývoji
    - O související epilepsii
- **Ale**
  - Nejedná se o metodu volby ke sledování třeba růstu tumoru
  - Indikaci zobrazovací metody nepodmiňujeme abnormitou na EEG
    - Cefalea
    - Akutní trauma - potraumatické stavy

**EEG nemusí vždy lézi vyloučit**

# Normální EEG

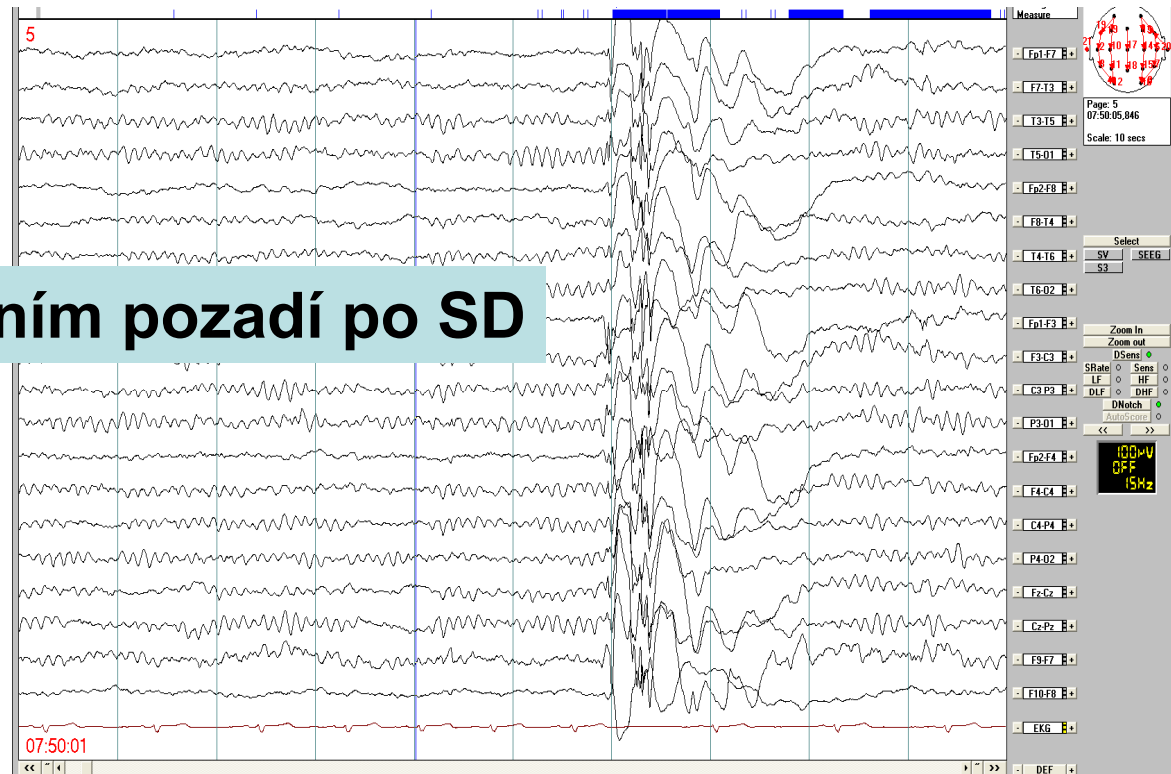
- Nevylučuje lézi
  - Charakter a lokalizace léze
  - Abnormita se objeví jen někdy
  - Lokalizace abnormity nevýhodná z hlediska EEG záchytu



# Normální EEG

- Nevylučuje epilepsii
- Mnoho pacientů s epilepsií má normální EEG

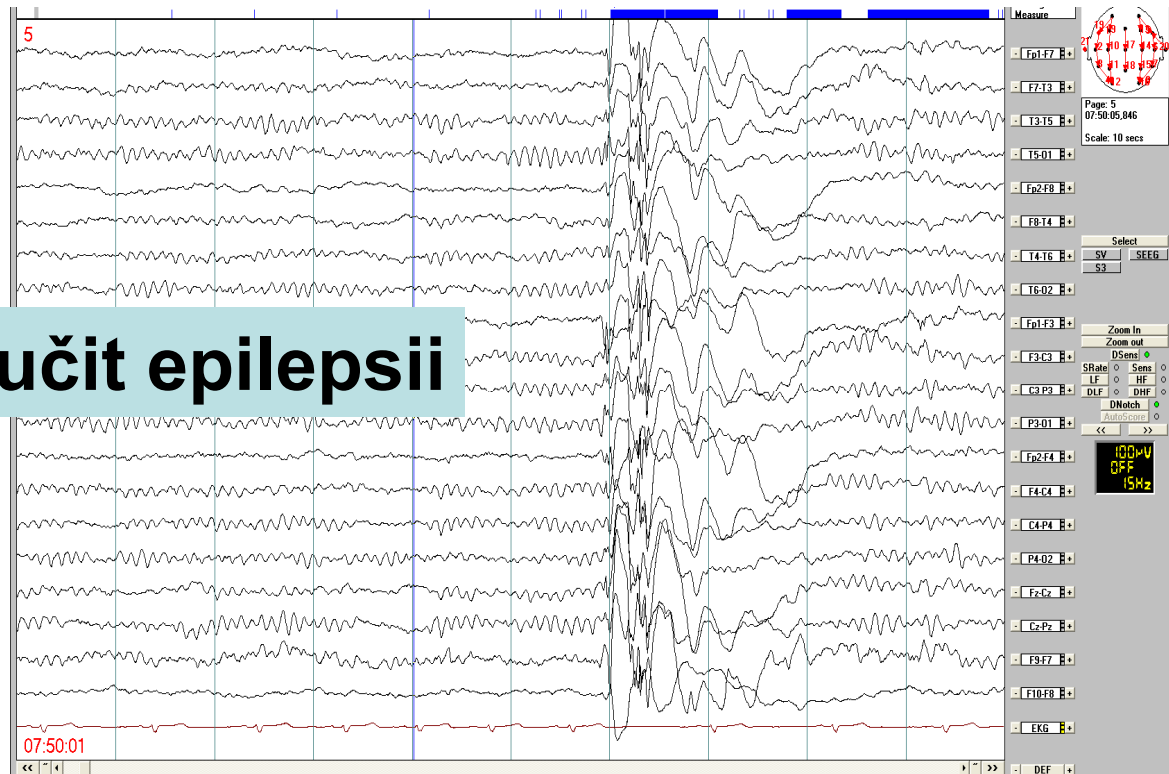
Oj. výboj na normálním pozadí po SD



# Normální EEG

- Epilepsii nevylučuje
- Mnoho pacientů s epilepsií má normální EEG

**EEG neumí vyloučit epilepsii**





Není každá vlna EEG,  
není každá ostrá vlna epilepsie ...