



ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZA BIOSIGNÁLŮ



ELEKTROENCEFALOGRAM

ELEKTROENCEFALOGRAM

- ☑ **ELEKTROENCEFALOGRAM (EEG)** je (grafická) reprezentace časové závislosti rozdílu elektrických potenciálů, snímaných z elektrod umístěných zpravidla na povrchu hlavy (skalpu), výjimečně přímo z kůry mozkové (**elektrokortikogram**), které vznikají jako důsledek **spontánní** elektrické aktivity mozku.

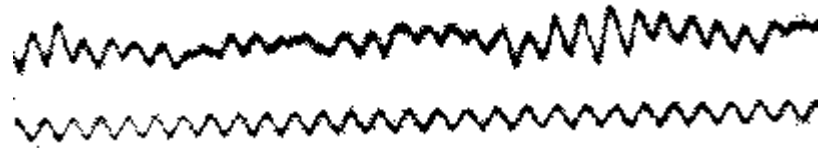
PROČ ELEKTROENCEFALOGRAM?

- ☑ diagnostika centrální nervové soustavy
- ☑ řízení prostředí
 - neuroprotetika
 - interface mozek x počítač
(Brain-Computer Interface – BCI)

ELEKTROENCEFALOGRAM

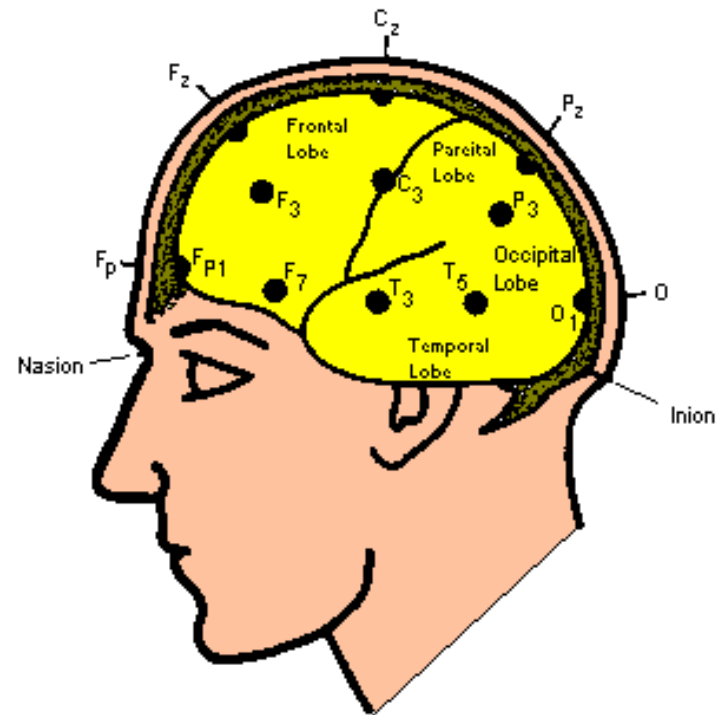
- ☑ **ELEKTROENCEFALOGRAM (EEG)** (mozkové vlny) umožňuje hodnotit různé formy poškození mozku, onemocnění epilepsií případně další poruchy centrální nervové soustavy. Podle legislativy v mnoha zemích se záznam EEG používá k definici mozkové smrti.

První záznam EEG, získaný Hansem Bergerem v 1924.

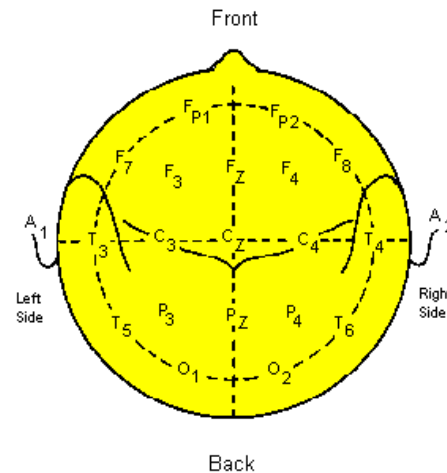
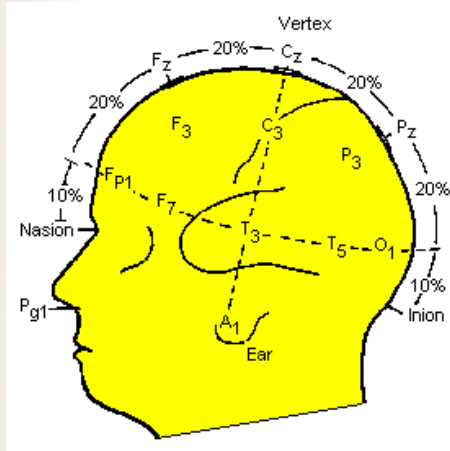


MOZEK • ZÁKLADNÍ ČÍSLA

- ☑ 2 hemisféry – na nich 4 laloky – čelní (frontální), temenní (parietální), týlní (occipitální), spánkový (temporální)



EEG – SVODOVÝ SYSTÉM



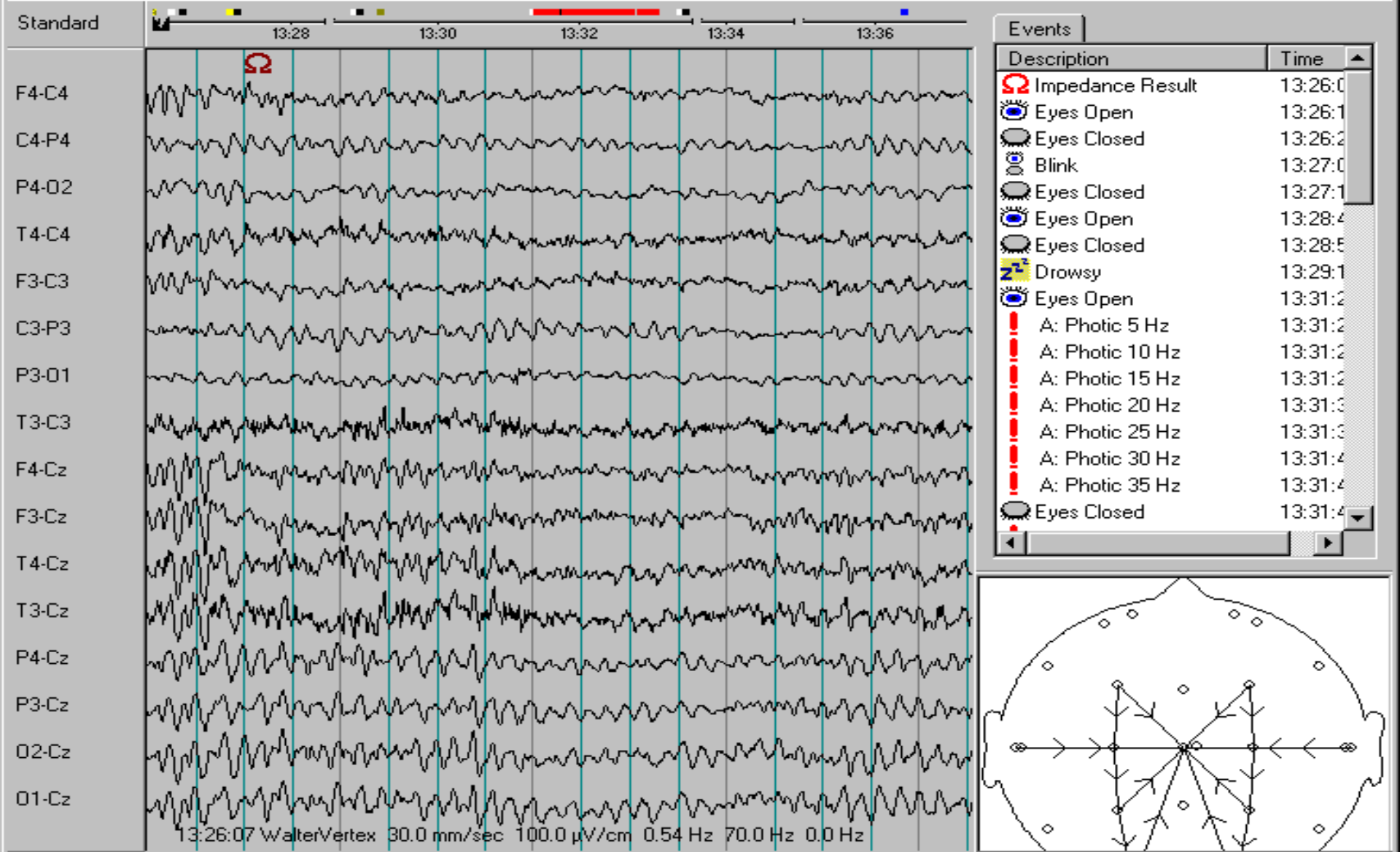
dr. Jaspers
od 1958

System **10/20** je založen na vztahu mezi pozicemi elektrod a pod nimi ležící mozkovou kůrou. Pozice jednotlivých elektrod jsou definovány podle poměru 10/20% mezi kořenem nosu a týlní jamkou a mezi ušními lalůčky. Identifikace elektrod je založena na označení písmenem **F** (frontální), **Fp** (frontopolární), **T** (temporální), **C** (centrální), **P** (parietální) a **O** (occipitální) a zpravidla číslem – sudá čísla (2, 4, 6, 8) označují pozice nad pravou hemisférou, lichá čísla (1, 3, 5, 7) nad levou hemisférou, (čím menší hodnota, tím blíže ke středu). Písmeno **z** označuje elektrody v centrální linii.

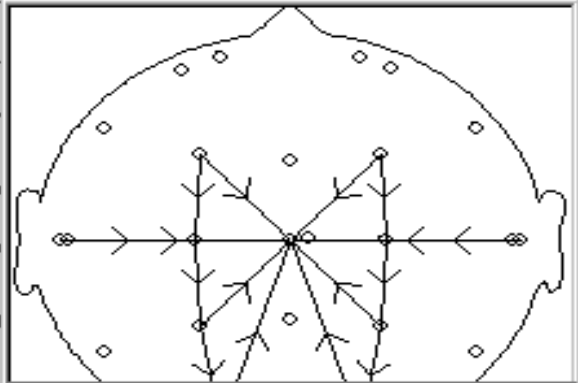
EEG – SVODOVÝ SYSTÉM



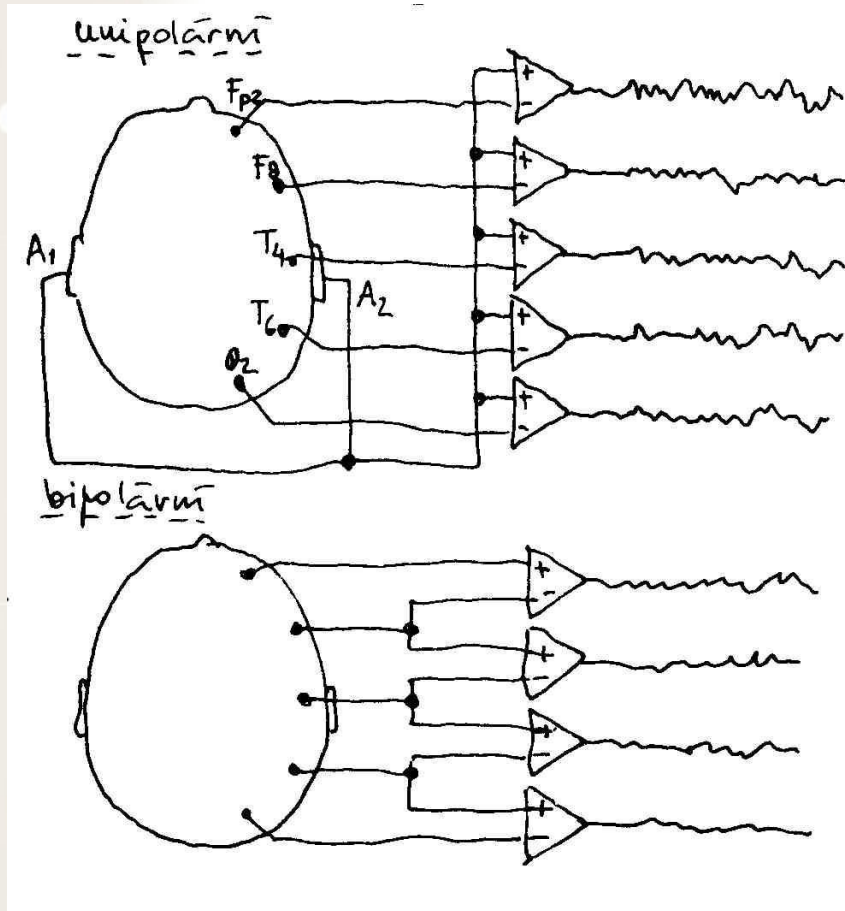
ACC 100.0 μ V/cm



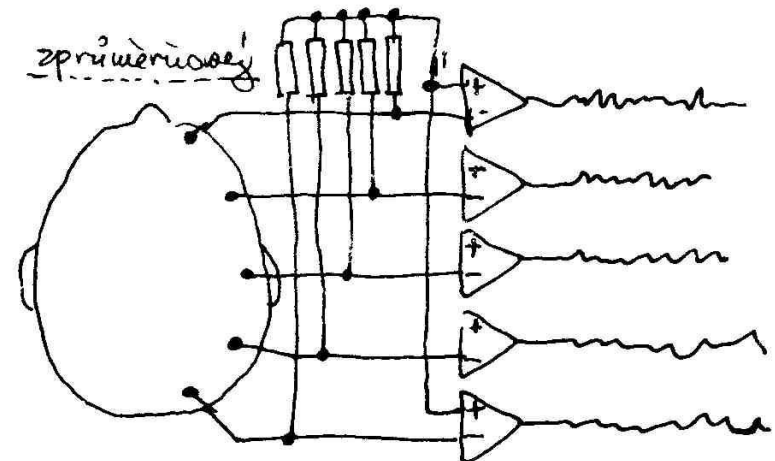
Events	
Description	Time
Impedance Result	13:26:0
Eyes Open	13:26:1
Eyes Closed	13:26:2
Blink	13:27:0
Eyes Closed	13:27:1
Eyes Open	13:28:4
Eyes Closed	13:28:5
Drowsy	13:29:1
Eyes Open	13:31:2
A: Photic 5 Hz	13:31:2
A: Photic 10 Hz	13:31:2
A: Photic 15 Hz	13:31:2
A: Photic 20 Hz	13:31:3
A: Photic 25 Hz	13:31:3
A: Photic 30 Hz	13:31:4
A: Photic 35 Hz	13:31:4
Eyes Closed	13:31:4



REŽIMY SNÍMÁNÍ



unipolární – větší vlny, větší dynamika; horší lokalizace než u bipolárního zapojení;



EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

☑ aktivita

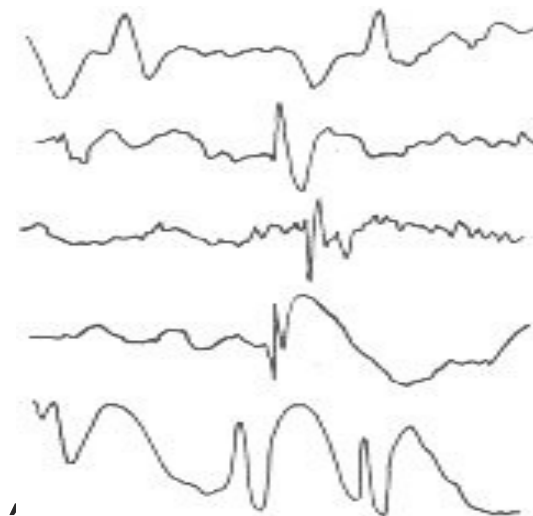
→ rytmická

- ☐ monomorfní (dominantní frekvence)
- ☐ polymorfní (více frekvenčních složek)

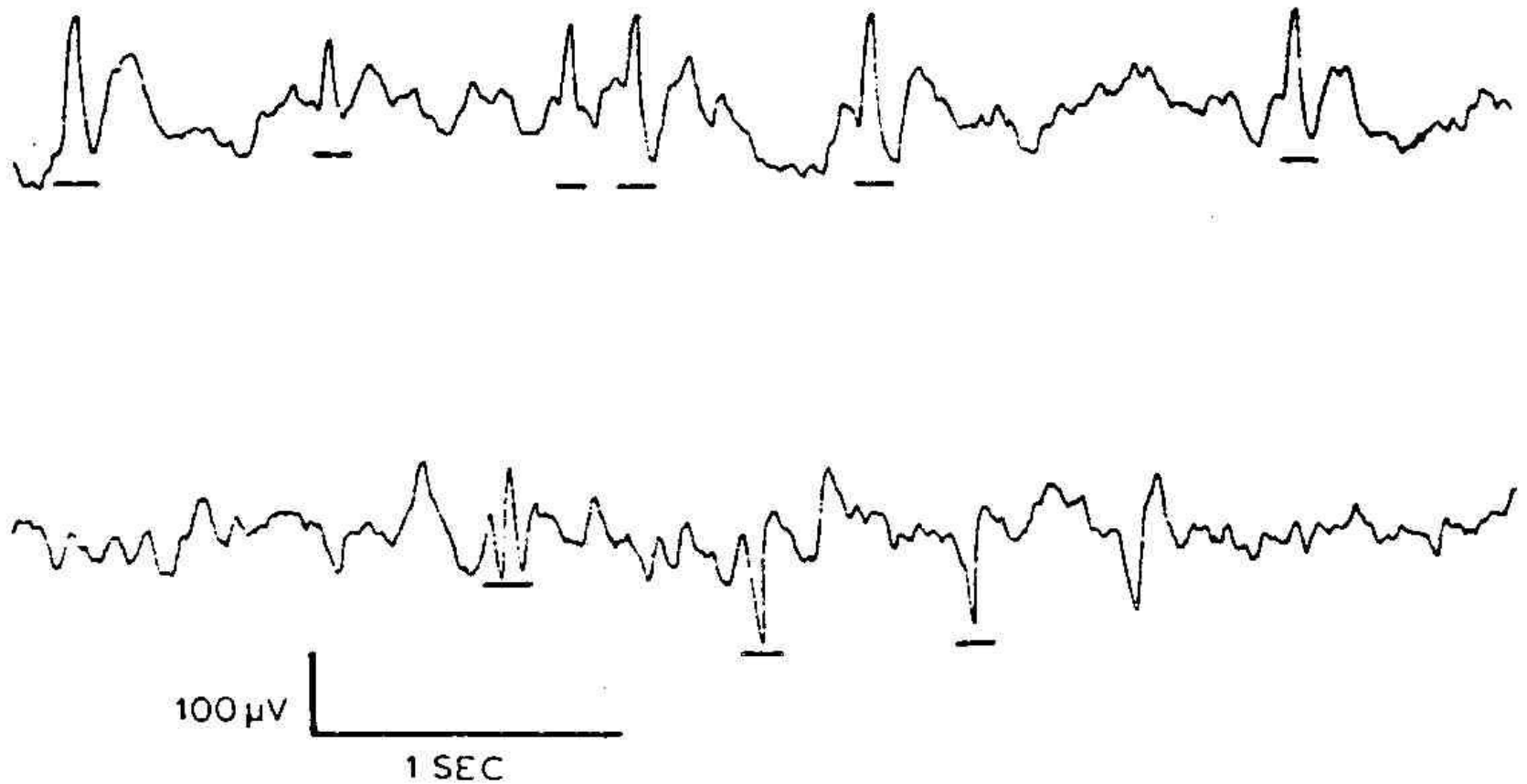
→ arytmická (sled vln)

☑ ojedinělé útvary

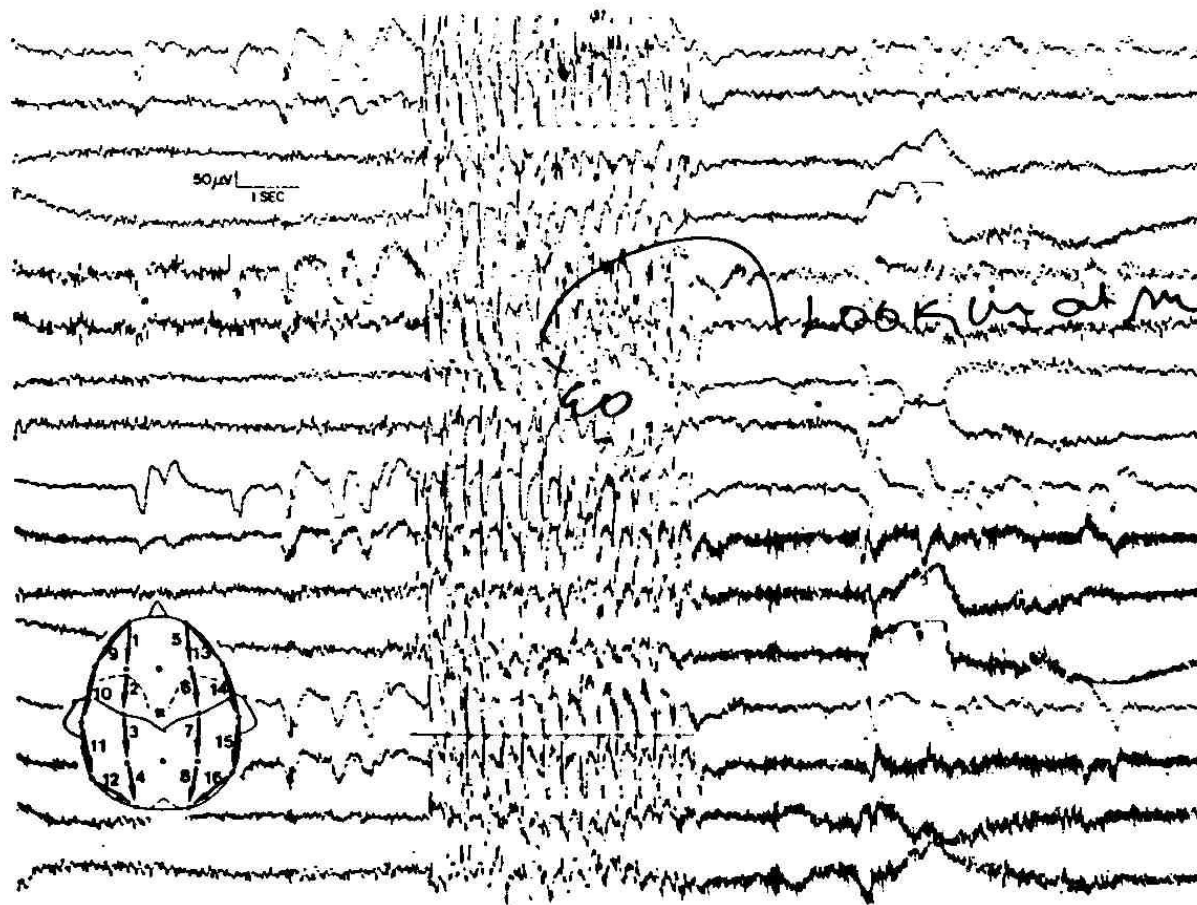
- lambda vlna - trvání ~ 100 ms, výskyt v okcipitální krajině;
- hrot - trvání do max. 80 ms, kromě tvaru se hodnotí i souvislosti;
- komplex hrot-vlna – vlna pomalá, trvání 200 – 500 ms
- komplex mnohačetných hrotů a pomalých vln



HROT - VLNA



KOMPLEX HROT - VLNA



EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

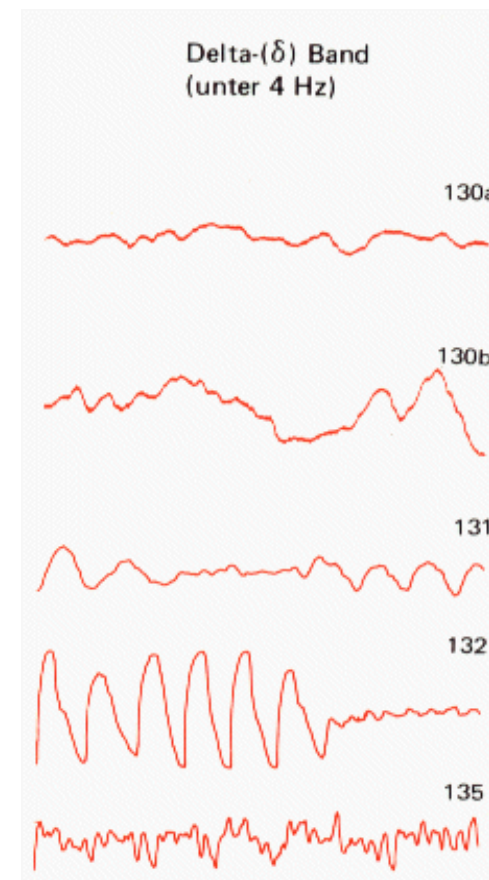
RYTMY

delta (0-4 Hz) –

u dospělého bdícího vždy patologie,
u dětí kolem 4 měsíců jsou 4 Hz v
normě;

u dětí v prepubertě ojediněle
osamocené vlny delta 75 – 100
 μV v kombinaci s alfou výskyt ve
spánku, velikost až 100 μV ;

čím je amplituda větší, resp. rozsah
frekvencí užší, tím je patologie
významnější



EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

RYTMY

theta (4-8 Hz) –

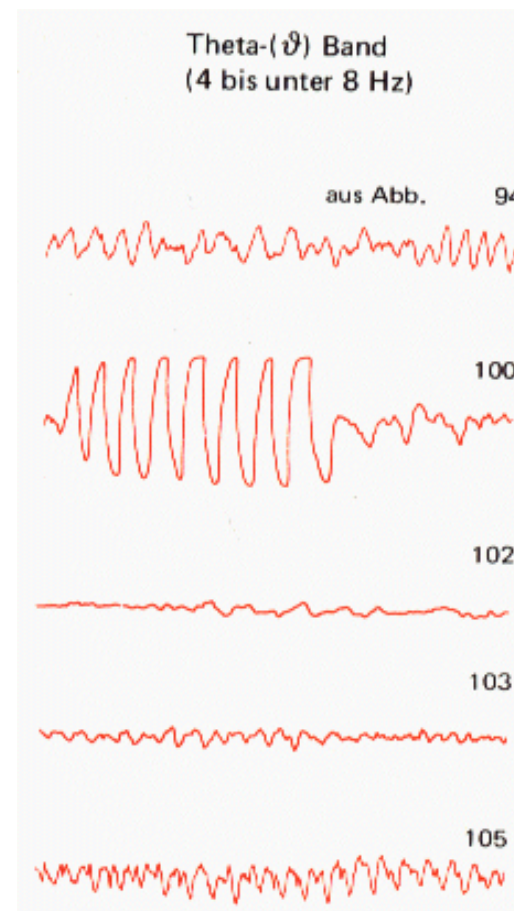
napětí až do 150 μV ;

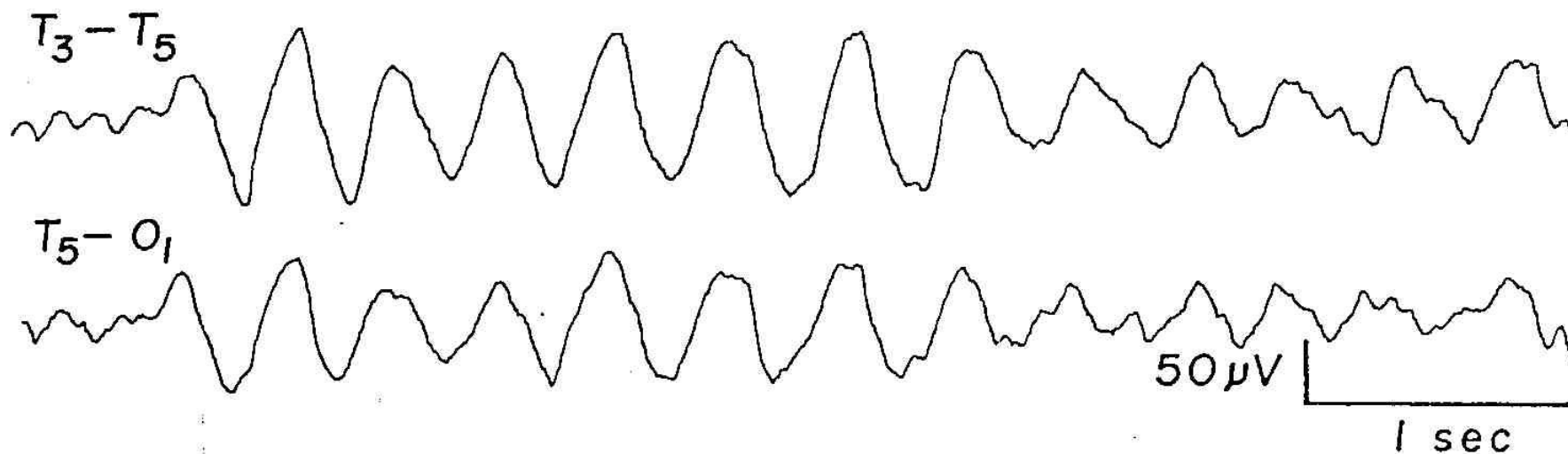
v oblastech centrální, temporální,
parietální do 15 μV normál;

patologie – je-li theta alespoň 2x
vyšší než alfa nebo 30 μV , není-li
alfa

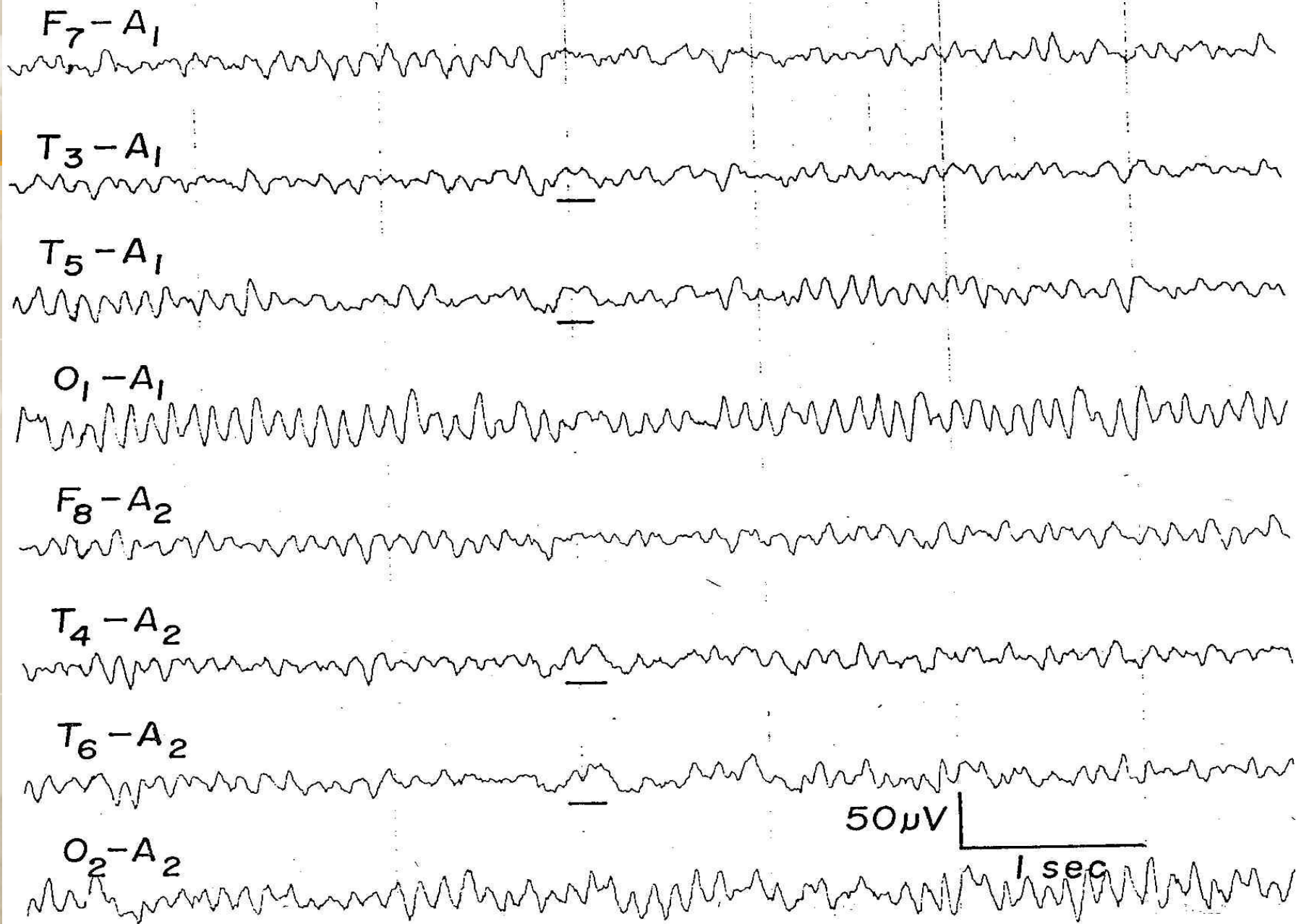
theta i delta stoupá u psychotestů s
otevřenýma očima;

zřídka je rytmický





Monomorfní pomalá aktivita frekvence 2,5 Hz



56 Y.O. HF = 70 LF = 1

Temporální vlny theta

EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

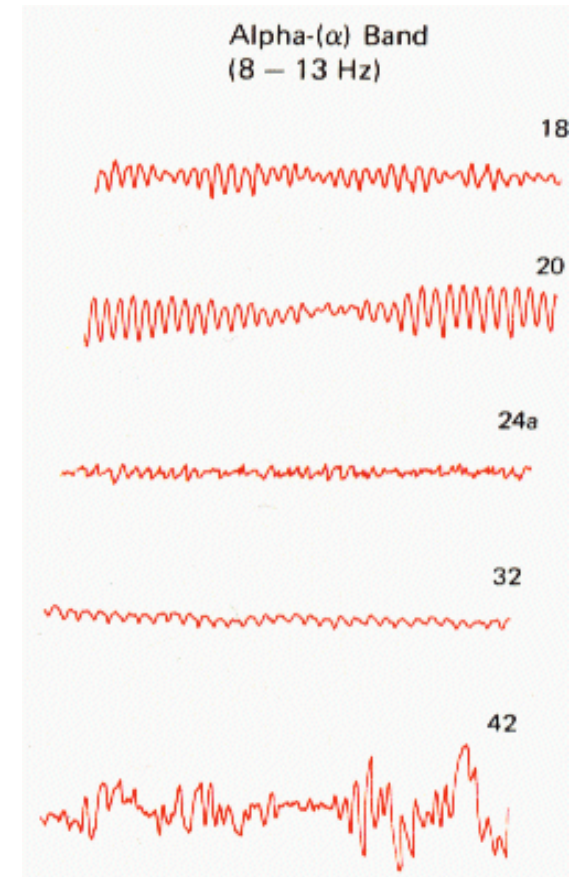
RYTMY

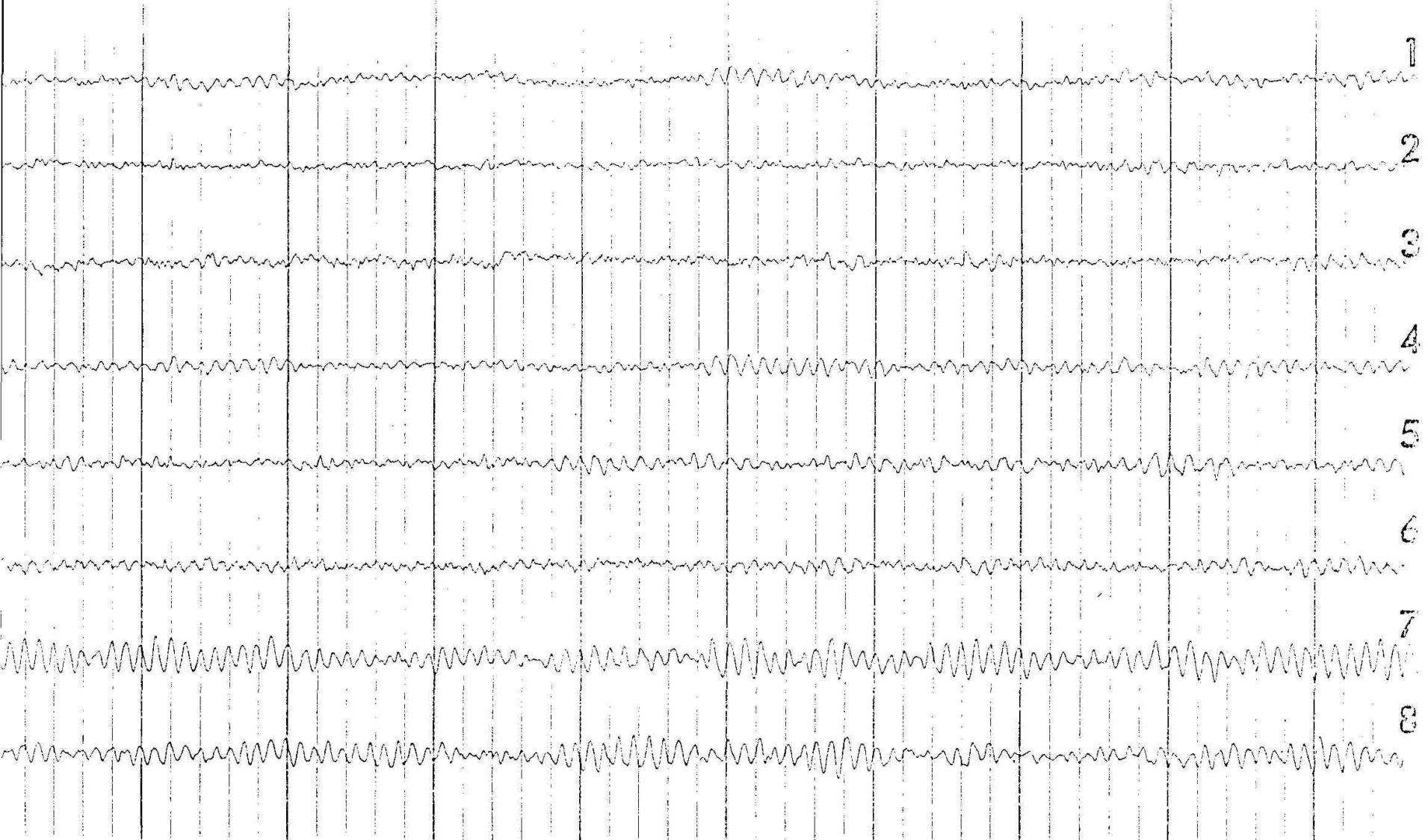
alfa (8-13 Hz) – v bdělém stavu max. nad zadními oblastmi mozkových hemisfér, nejlépe zavřené oči, před usnutím; tlumí se otevřením očí a duševní činností; od narození slepé osoby nemají alfa rytmus

velikost signálu 20-50 μV , trvání jednotlivých vln 80- 125 ms;

u 85% zdravých osob ve věku 20 – 60 let je frekvence 9,5-10,5 Hz, vyšší kmitočet je normální, pokles pod 8 Hz je patologický;

podle zastoupení v záznamu se rozlišuje – dominantní, subdominantní, smíšený a řídký alfa rytmus





EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

RYTMY

mí (mu) (7-11 Hz) – napětí pod 50 μV ;
charakteristický arkádový nebo hřebenový tvar –
tvar písmene m či u, zřejmě nemá podstatný
patologický význam, častěji se ale vyskytuje u
psychicky narušených jedinců

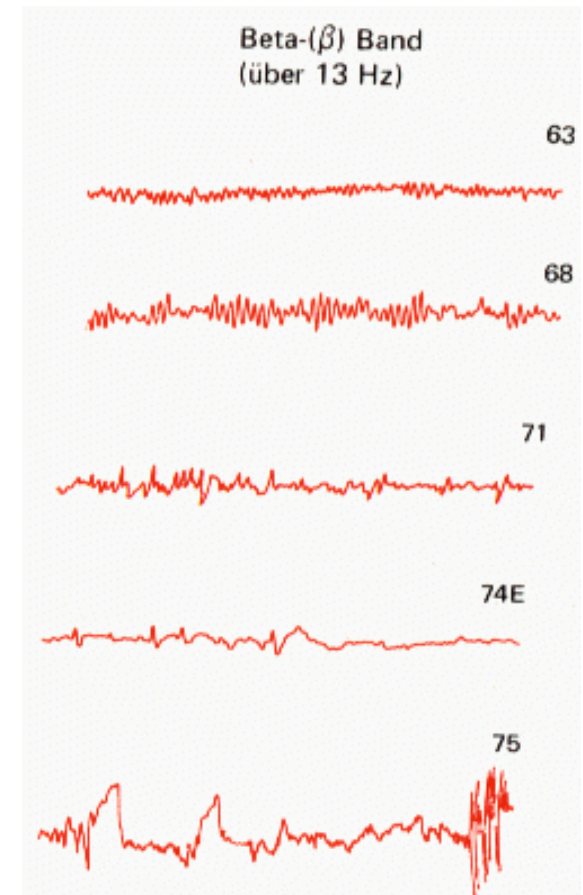
sigma (~ 14 Hz) – spánková vřeténka (III. spánkové
stadium) ve frontální a frontocentrální oblasti;
velikost 30 – 40 μV

EEG • VLASTNOSTI SIGNÁLU

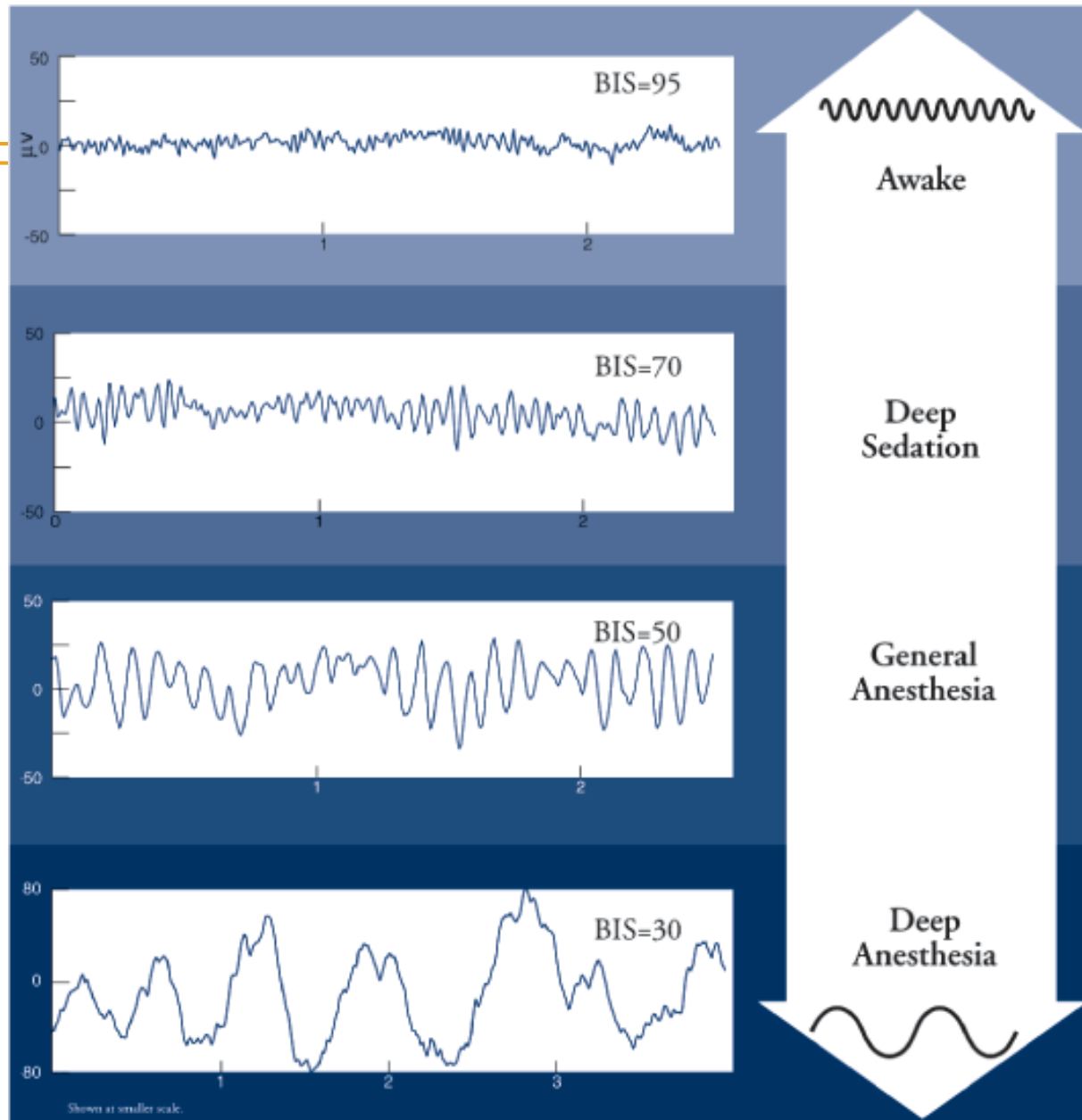
RYTMY

beta (13 – 30 Hz, někdy 18 – 32 Hz) – symetrický výskyt, dozadu ubývá, typické při soustředění na vnější podněty, při duševní činnosti a při afektech; velikost do 30 μV , trvání jednotlivých vln 40 – 50 ms

gama (nad 30 Hz)



ZMĚNY V EEG SIGNÁLU PŘI ANESTÉZII



BISPECTRAL INDEX (BIS)

- ☑ It was introduced by Aspect Medical Systems, Inc. in 1994^[1] as a novel measure of the level of [consciousness](#) by algorithmic analysis of a patient's [electroencephalogram](#) during [general anaesthesia](#). This is used in conjunction with other physiologic monitoring such as [electromyography](#) to establish the [Guedel's classification](#) in order to prevent [surgical awareness](#).
- ☑ The efficacy of BIS index monitoring is not without controversy.^[3] Some controlled studies have found that using the BIS reduced the incidence of memory but this was not confirmed in several very large multicenter studies on awareness. ^{[4][5]}

BISPECTRAL INDEX (BIS)

☑ Explanation

- ☑ The BIS monitor provides a single [dimensionless](#) number, the BIS value, which ranges from 0 to 100. A BIS value of 0 equals EEG silence, near 100 is the expected value in a fully awake adult, and between 40 and 60 indicates a level for [general anaesthesia](#) recommended by the manufacturer.
- ☑ The BIS monitor thus gives the anaesthetist an indication of how "deep" under anaesthesia the patient is. BIS is one of several techniques which purport to monitor depth of anaesthesia. BIS monitors can replace or supplement [Guedel's classification](#) system for determining depth of anaesthesia.
- ☑ Titrating [anaesthetic](#) agents to a specific bispectral index during general anaesthesia in adults (and children over 1 year old) allows the [anaesthetist](#) to adjust the amount of anaesthetic agent to the need of the patient, possibly resulting in faster recovery from anaesthesia (although often the reverse may occur, as the patient may be anaesthetised to a lower BIS level than is necessary for the surgery or procedure--this is called "treating the BIS," and may result in a deeper level of anaesthesia than required).
- ☑ The BIS monitor may reduce the incidence of [intraoperative awareness](#) in high risk procedures or patients [\[6\]](#) and may have an additional role in predicting recovery from severe [brain injury](#) although this is far from clear at present.
- ☑ The introduction of BIS to the [intensive care](#) environment allows physicians and nurses to [titrate](#) sedative drugs safely, and to monitor the patient (together with measurement of [intracranial pressure](#)) during therapeutic [burst suppression](#). The monitoring of EEG in ICU patients has been employed in one form or other for more than two decades.
- ☑ BIS monitoring is also being used during transport of critically ill patients in [ambulances](#), [helicopters](#) and other vehicles.

BISPECTRAL INDEX (BIS)

Calculation of BIS

The essence of BIS is to take a complex signal (the EEG), analyse it, and process the result into a single number. Several other systems claim to be able to perform the same thing. This calculation is very computer-intensive. The recent availability of cheap, fast [computer processors](#) has enabled great advances in this field.

When a subject is awake, the cerebral cortex is very active, and the EEG reflects vigorous activity. When asleep or under general anaesthesia, the pattern of activity changes. Overall, there is less activity (the "power" is less), there is a change from higher-frequency signals to lower-frequency signals (which can be shown by [Fourier analysis](#)), and there is a tendency for signal correlation from different parts of the cortex to become more random.

The bispectral index of an [electroencephalogram](#) is a weighted sum of electroencephalographic subparameters including a [time domain](#), a [frequency domain](#), and higher order spectral information (Bispectral Analysis). The developers of the BIS monitor collected many (around 1000) EEG records from healthy adult volunteers at specific clinically important end points and [hypnotic drug](#) concentrations. They then fitted bispectral and power spectral variables in a multivariate statistical model to produce a BIS number.

As with other types of EEG analysis, the calculation algorithm that the BIS monitor uses is proprietary. Therefore, although the principles of BIS and other monitors are well known, the exact method in each case is not.

Anaesthesia depth in infants

Some studies show a greater incidence of [anaesthesia awareness](#) in children, when compared to adults. The correlation between bispectral index in children over one year and state of consciousness has already been proven, although in younger patients the monitor is unreliable because of the differences between immature infant EEG patterns and the adult EEG patterns that the BIS algorithm utilises.

BISPECTRAL INDEX (BIS)

BIS relevance

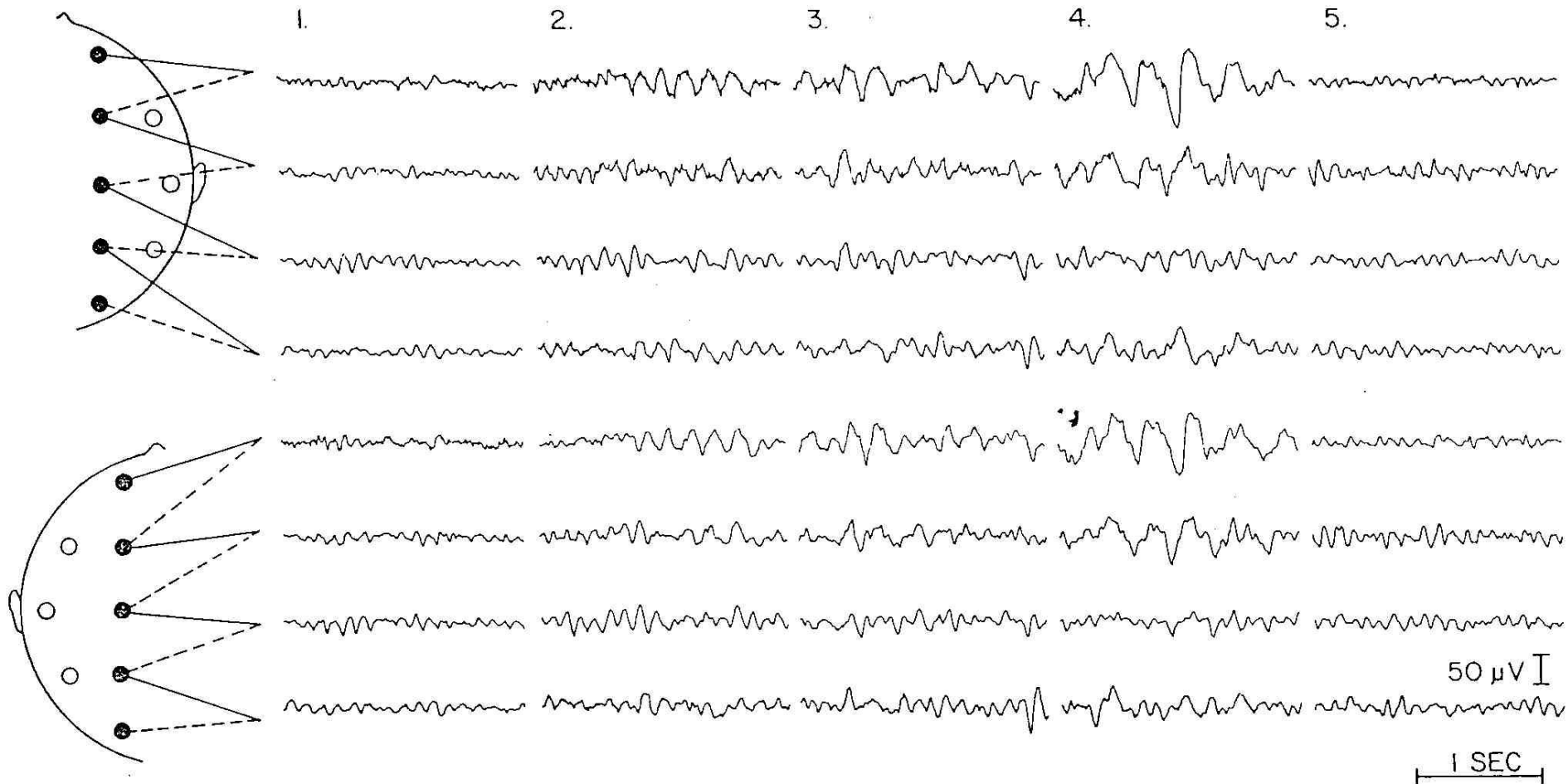
The BIS is an electroencephalogram-derived multivariant scale that correlates with the metabolic ratio of glucose (Akire M., *Anesthesiology* 1998). From this metabolic activity the brain obtains its functionality, the ability to capture information from outside and inside the body and integrate that information into conscious perception, with the ability to remember it later. Both loss of consciousness and awakening from anaesthesia are correlated with this scale (Flashion R, et al. *Anesthesiology* 97).

The bispectral index has not been proven to measure the level of consciousness, independently of the cause of reduced consciousness (whether this be drugs, metabolic disease, [hypothermia](#), head [trauma](#), [hypovolemia](#), natural [sleep](#) and so on). Not all unconscious patients will have a low BIS value, although the general clinical state may be very different from one to the other, and the prognosis may also differ.

The bispectral index is prone to artifacts. Its numbers cannot be relied upon in all situations, including brain death, circulatory arrest or hypothermia.^[7]

A monitor of the [Autonomic Nervous System](#) (such as the [ANSiscope](#)) may be more appropriate for purposely assessing the reaction to noxious stimuli during surgery. However, a monitor of the [central nervous system](#) may be more appropriate for monitoring consciousness. After the publication of the *B-Aware Trial* (P. Myles, K. Leslie et al. *Lancet* 2004) BIS is suggested as a parameter that allows the anaesthetist to reduce the risk of [anaesthesia awareness](#) during surgery for a 'high risk' group^[8].

However, this result was not reproduced by a recently published randomized control trial, the "B-Unaware Trial".^[9] In it, the use of BIS monitoring was not associated with a lower incidence of anaesthesia awareness.

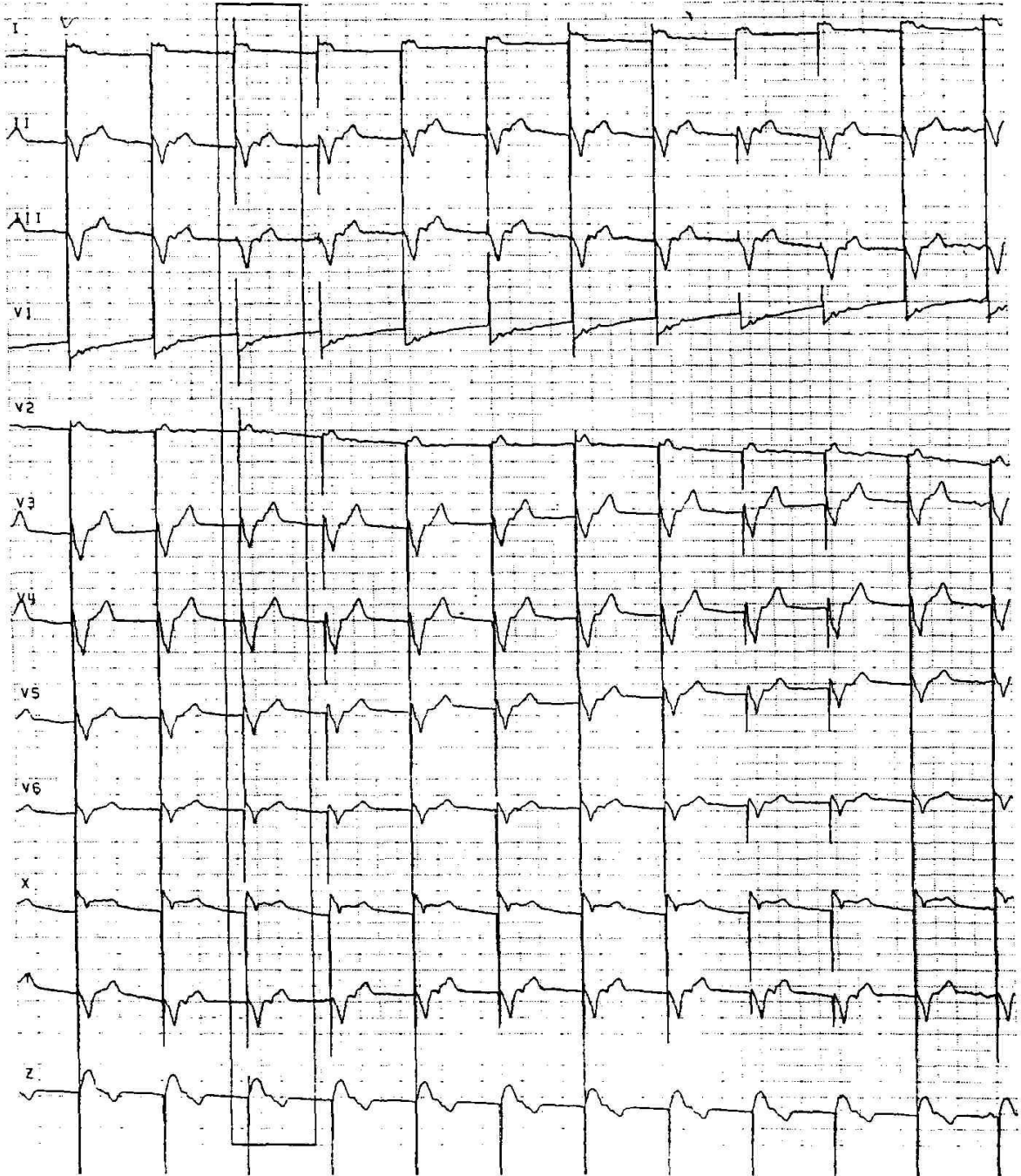


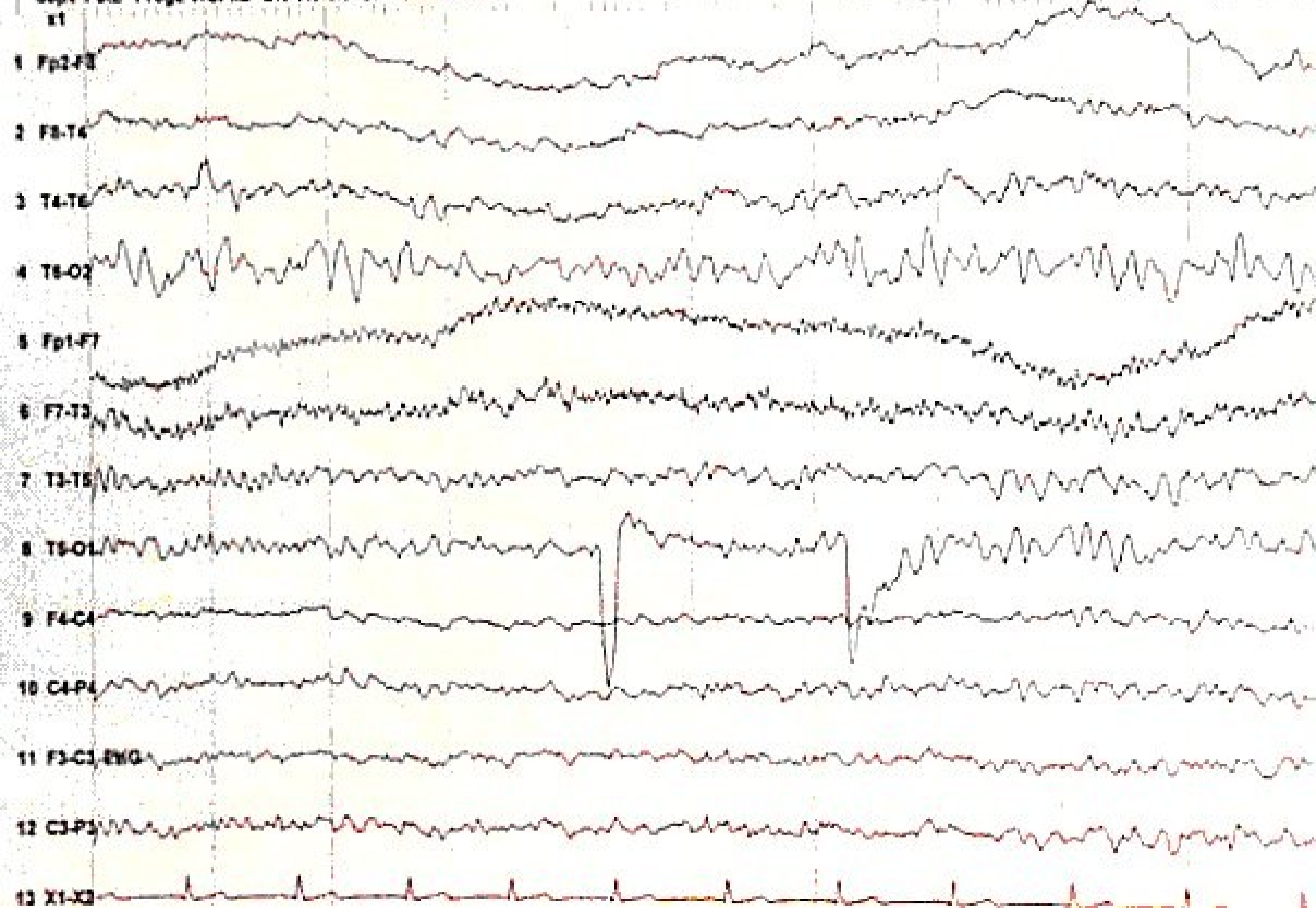
Normální hyperventilační odpověď u 45 -leté osoby 4 - 5 hodin po posledním jídle.

1. Před hyperventilací - normální EEG
2. Za 1 minutu po HV - theta vlny s maximem frontálně
3. Za 2 minuty po HV - theta a delta vlny s maximem frontálně
4. Za 3 minuty po HV - četné rytmické delta vlny s maximem frontálně

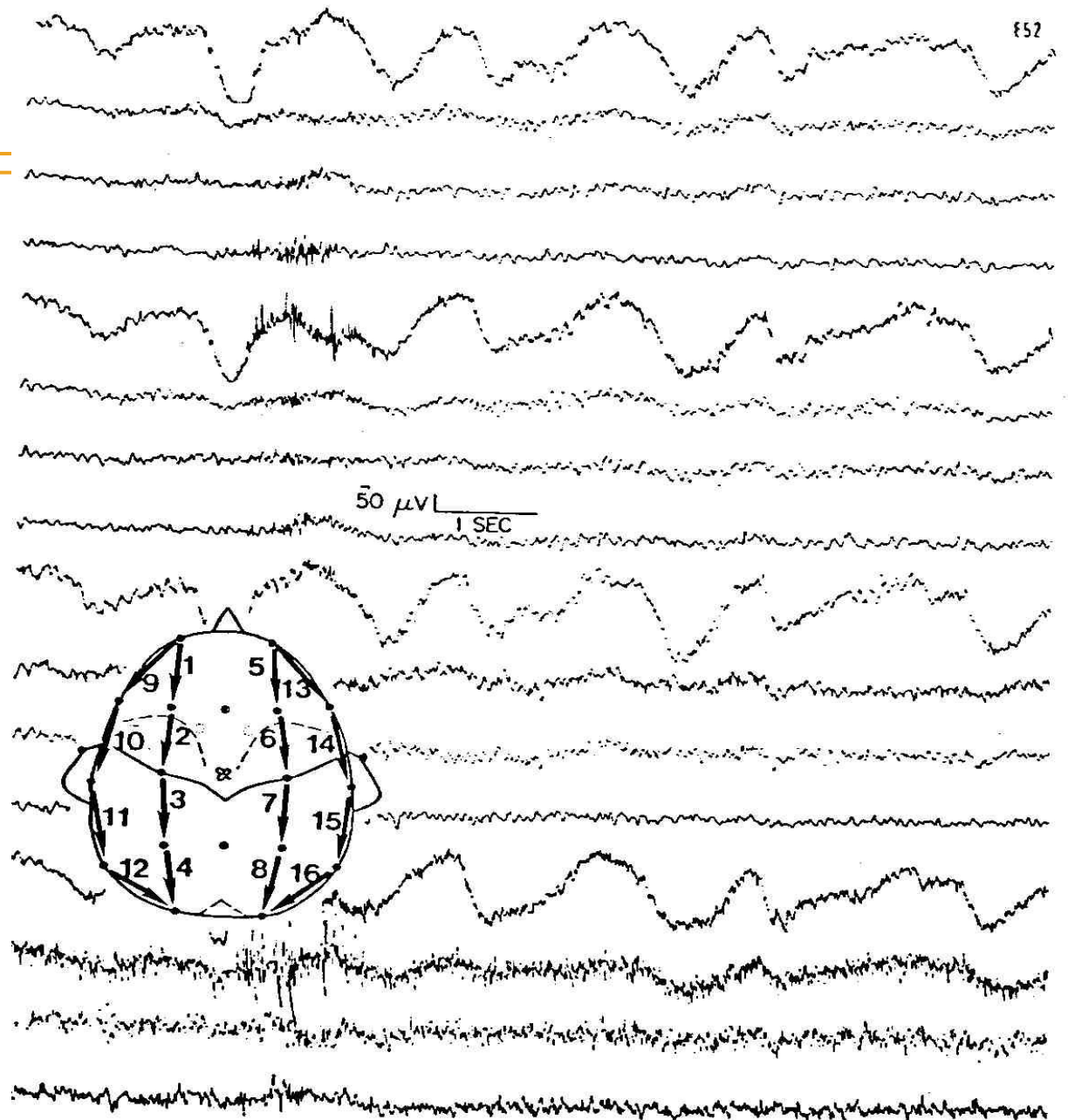
EEG • VLASTNOSTI RUŠENÍ

- ☑ **drift izolinie** – vysoká vlny, trvání 2-3 s ($\rightarrow 0,5$ Hz);
- ☑ **artefakty z dýchacích pohybů** – periody od 4 s;
- ☑ **artefakty pulsové** – zpravidla je-li elektroda nad artérií;
- ☑ **artefakty EKG** – hroty v období komplexů QRS – nízká amplituda, průšvih u kardiostimulátorů;

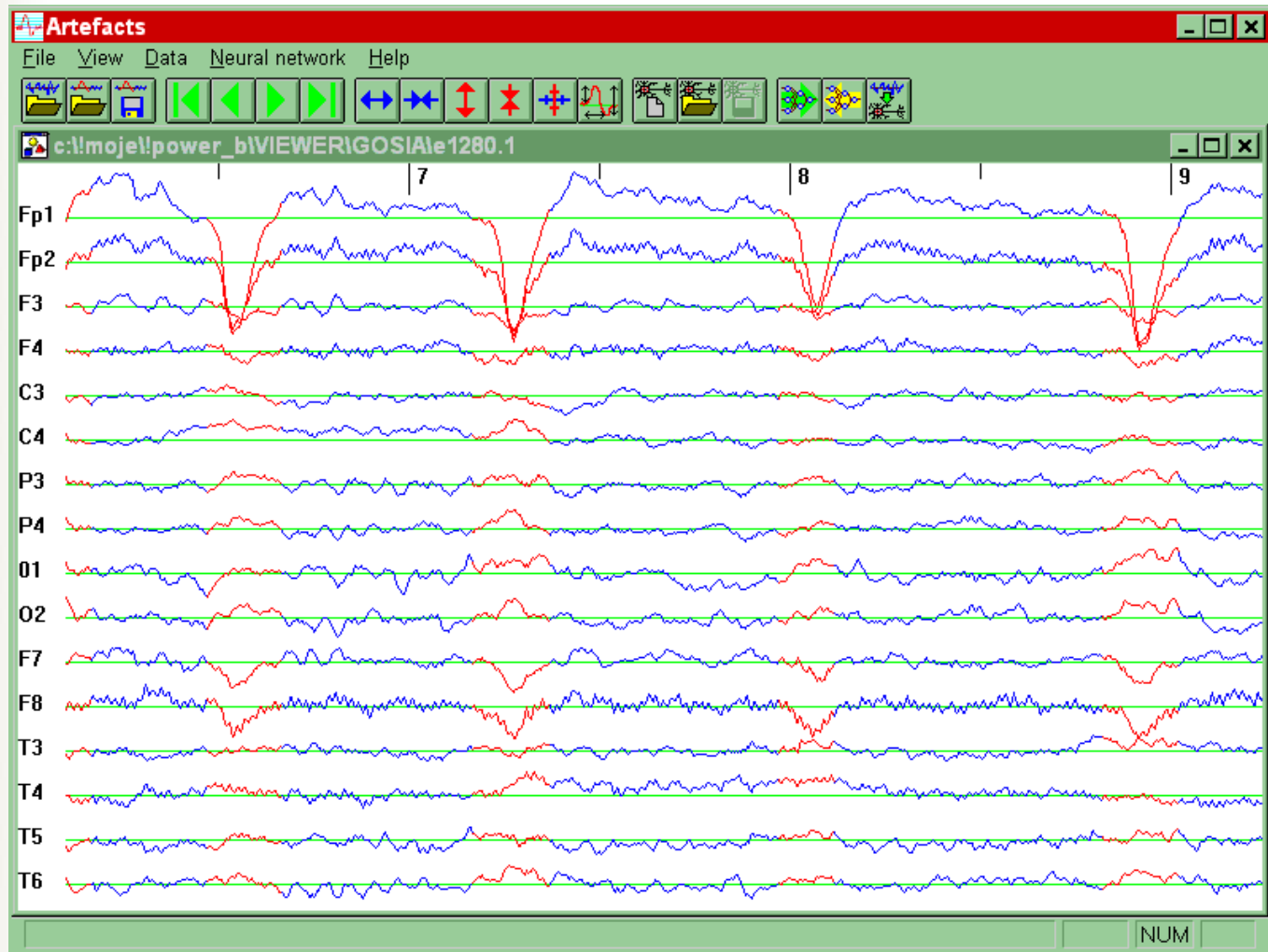




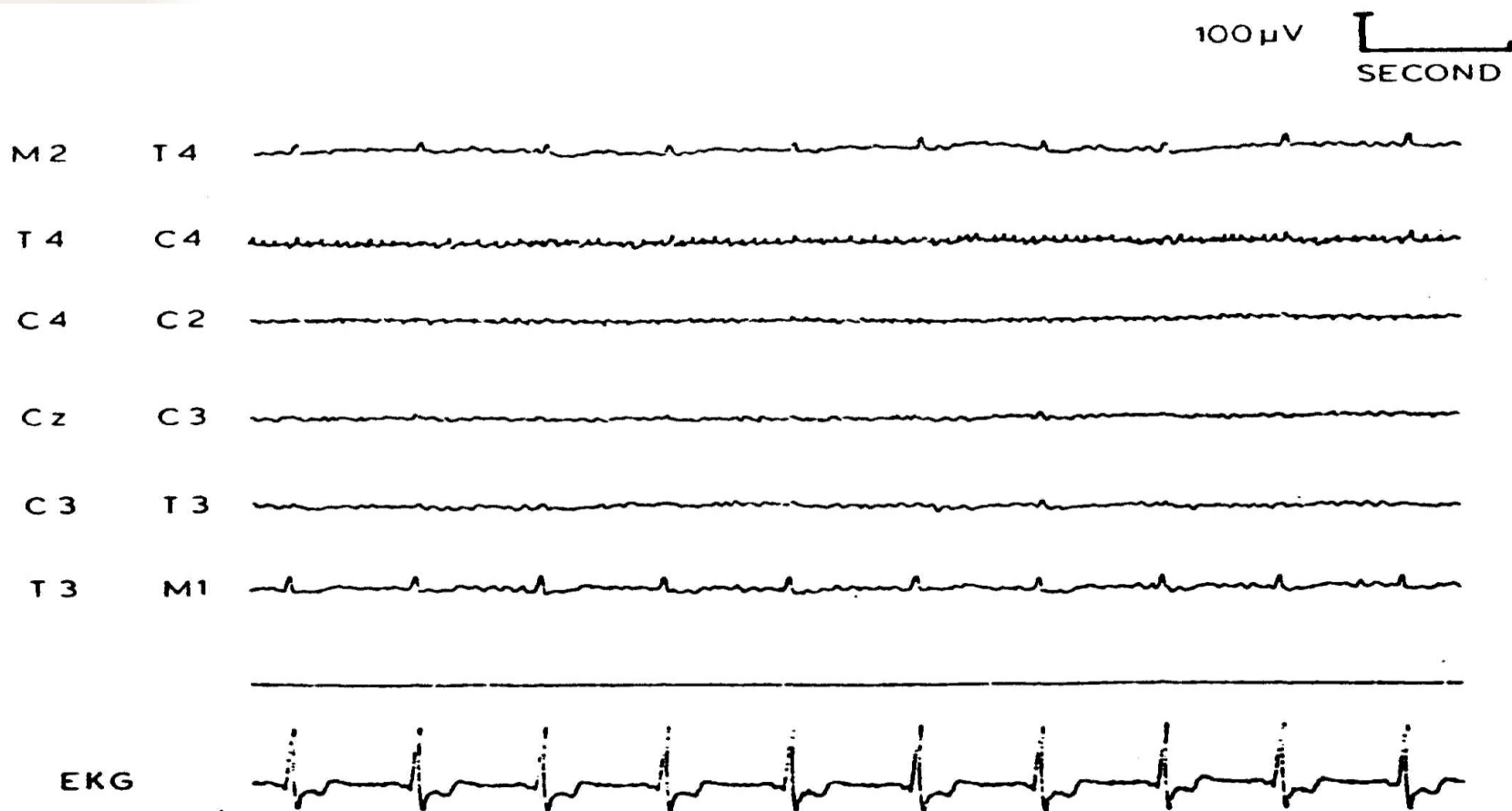
**DRIFT
IZOLINIE
✿
POMALÉ
POHYBY OČÍ**



MRKÁNÍ



EKG ARTEFAKTY



EEG • VLASTNOSTI RUŠENÍ

- ☑ **artefakty vyvolané pohyby očních bulbů** – ve frontálních svodech, frekvence odpovídá delta až alfa vlnám (většinou pod 3 Hz);
- ☑ **vf artefakty** – myopotenciály velkých svalů (30-50 Hz)

VZORKOVÁNÍ

☑ frekvenční obsah

→ spontánní EEG (0-70 Hz)

→ evokované potenciály (potenciály mozkového kmene až do 3 kHz)

spodní hranice vzorkovací frekvence $f_{vz} = 125$ Hz

☑ A/D převod nejčastěji 12 bitů, lze najít i hrubší kvantování, vyjímečně i 8 bitů;

☑ dynamický rozsah $\pm 500 \mu V \Rightarrow 1 \mu V \sim 4$ úrovně při kvantování na 12 bitů

ANALÝZA EEG

3 hlavní oblasti zájmu:

- ✓ **spontánní nezáchvatová aktivita (neparoxysmální, background)**
- ✓ **spontánní záchvatová aktivita (paroxysmální)**
- ✓ **(evokované potenciály)**

ANALÝZA EEG

SPONTÁNNÍ NEZÁCHVATOVITÁ AKTIVITA

- ☑ **aktivita bez výrazných časových změn**
(normální spontánní aktivita při bdění a v klidu, alfa a beta rytmy, kontinuální pomalé rytmy, polymorfní pomalá aktivita, ...);
- ☑ **aktivita s pomalými změnami v čase**
(spánková aktivita, aktivita při změnách polohy, aktivita v komatu, aktivita při hyperventilaci, ...);
- ☑ **aktivita intermitentního typu**
(přerušovaná) (sigma aktivita, mí aktivita, přerušované pomalé rytmy)

ANALÝZA EEG

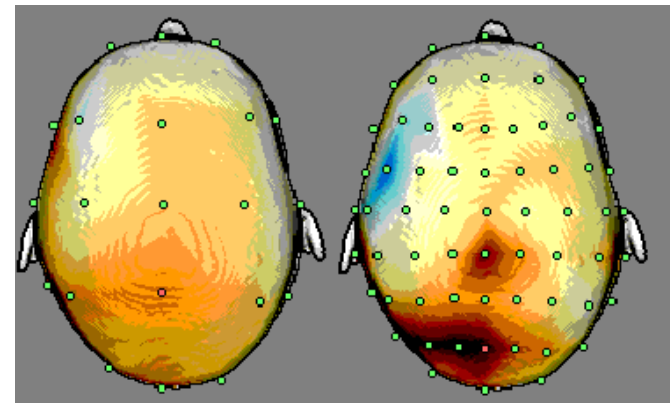
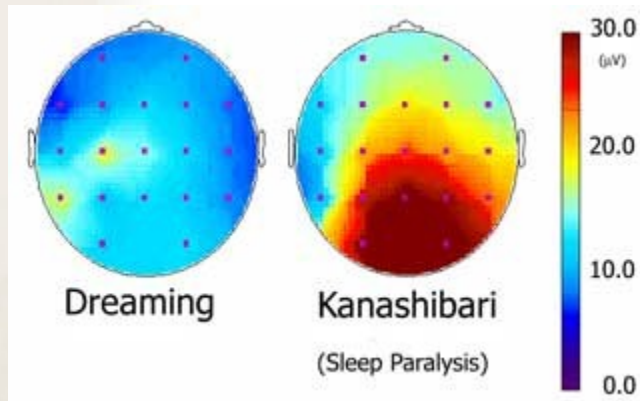
SPONTÁNNÍ NEZÁCHVATOVITÁ AKTIVITA

☑ **grafoelementy**

- hroty, ostré vlny, komplexy hrot/vlna
- rytmické formace hrot/vlna 3/s
- přechodné stavy ve spánku
- jednotlivé polyfázové vlnky
- paroxysmální pomalé vlny
- ⋮
- ⋮

ANALÝZA EEG ZPŮSOB ZOBRAZENÍ

- ✓ frekvenční oblast
- ✓ časová oblast
- ✓ mapování



ANALÝZA EEG

POUŽÍVANÉ PROSTŘEDKY

☑ **frekvenční analýza**

- **stacionární analýza** – testy stacionarity, FFT, neparametrické a parametrické metody
- **nestacionární analýza** – časový vývoj frekvenčního spektra, časově-frekvenční transformace,

☑ **analýza v časové oblasti**

- **detekce grafoelementů** - mimetické metody, korelační analýza, ...

☑ **mapování**

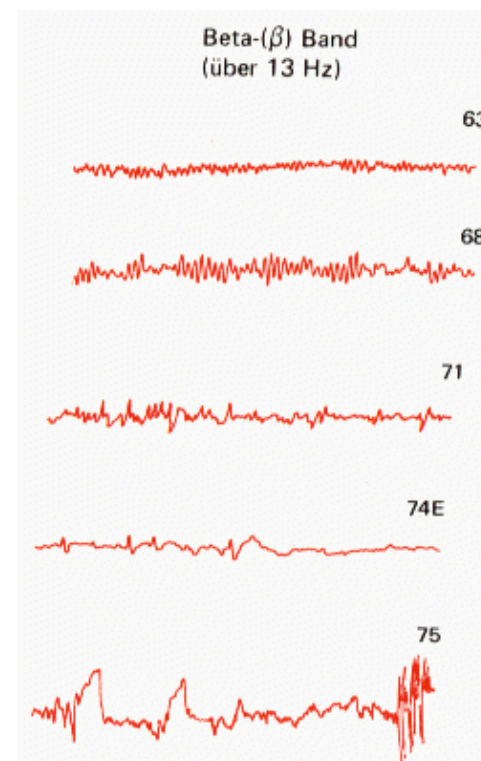
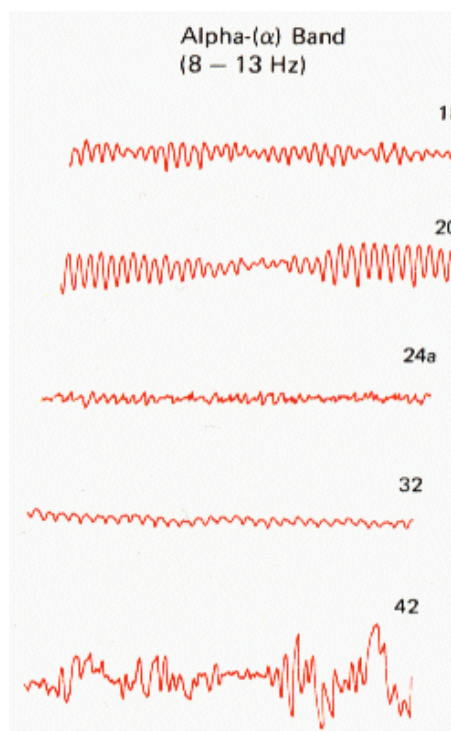
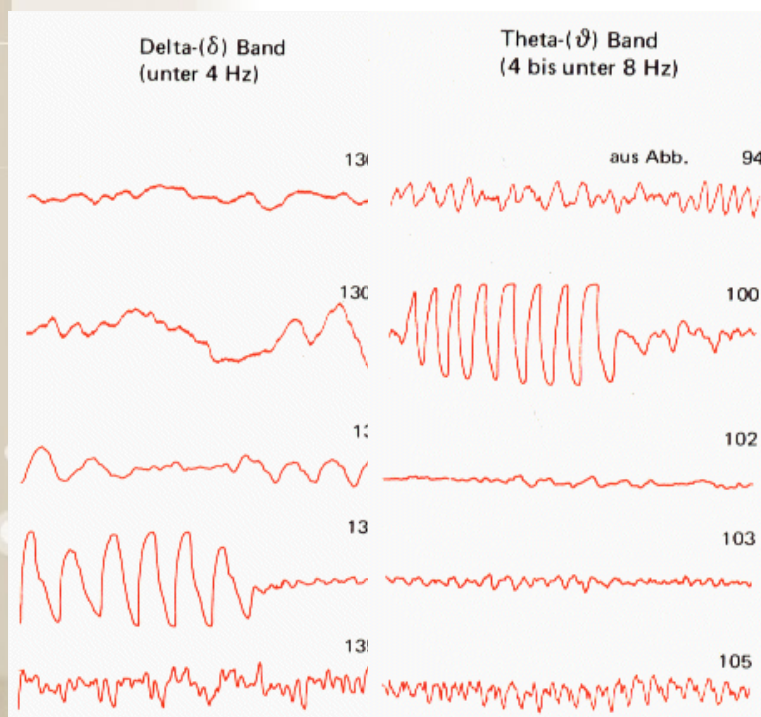
- **metody zpracování obrazů** - korekce neostrotí, analýza vzájemných souvislostí, lokalizace zdrojů, modely, ...

EEG * VLASTNOSTI SIGNÁLU RYTMY

delta (0-4 Hz) **theta** (4-8 Hz)

alfa (8-13 Hz)

beta (13 – 30 Hz,
někdy 18 – 32 Hz)



gama (nad 30 Hz)