

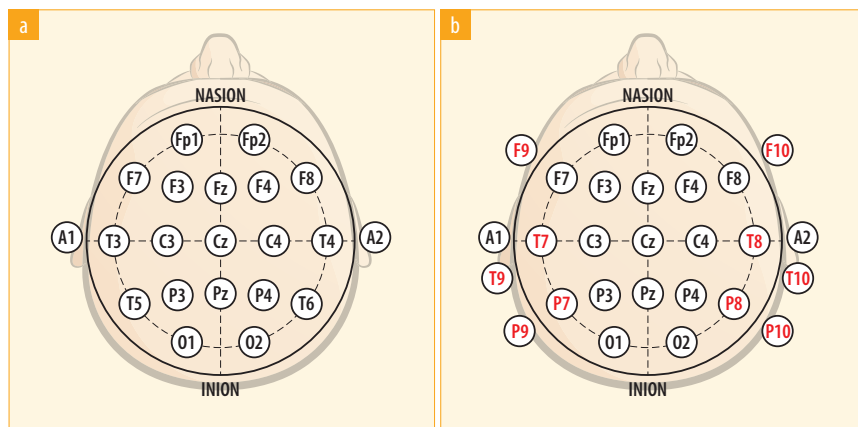
Doc. MUDr. Irena Doležalová, Ph.D.,
a kolektiv

EEG V INTENZIVNÍ MEDICÍNĚ

2 ZÁKLADY EEG

Tato kapitola je určena čtenářům, kteří nemají větší zkušenosti s EEG vyšetřením a jeho interpretací, a současně se této problematice nechtějí detailněji věnovat. Chtějí pouze porozumět popisu EEG na jednotce intenzivní péče nebo být schopni některé základní nálezy interpretovat. Pokud někdo chce více proniknout do problematiky EEG, je nutné se zaměřit na podrobnější učebnice (v českém jazyce např. EEG atlas publikovaný doc. Vojtěchem).

Elektroencefalografie (EEG) je pomocná funkční elektrofyziologická vyšetřovací metoda, jež umožňuje snímat bioelektrické potenciály, které neustále vznikají mozkovou činností. Hodnotí tedy **elektrickou aktivitu mozku**. Jak uvádíme výše,



Obr. 2.1 Standardní rozmístění elektrod – systém 10-20; a) 19 elektrod, b) 25 elektrod. V případě systému s 25 elektrodami došlo i k přejmenování části elektrod. Nové elektrody a elektrody, u kterých došlo ke změně názvu, jsou v obrázku b) označeny červenou barvou. V intenzivní medicíně bude pravděpodobně častěji využíváno zapojení s 19 elektrodami, jak je uvedeno na obrázku a). Nicméně je vhodné vědět i možnosti zapojení s 25 elektrodami, tento způsob lze využít v nejasných případech. Zde můžeme uvést např. případ pacienta s epilepsií temporálního laloku, u kterého dochází ke kolísání úrovně vědomí. V tomto případě by mohly právě přídatné elektrody přinést důležitou informaci.

EEG je metoda funkční, tj. podává informaci především o fungování mozku. Z tohoto pohledu se jedná o zcela nenahraditelnou a unikátní vyšetřovací modalitu.

EEG je snímáno pomocí předem definovaného systému elektrod, zajišťujícího vždy stejnou standardní pozici pro danou elektrodu na povrchu hlavy. Používáme systém 10-20 (obr. 2.1), a to buď v základním provedení s 19 elektrodami nebo s 25 elektrodami s rozšířením pro temporální oblast. V běžné rutinní praxi se EEG natáčí v pozici na zádech a pacient má v jeho průběhu zavřené oči.

Elektrody označujeme kombinací písmena a čísla, právě tato kombinace určuje konkrétní pozici elektrody na hlavě pacienta.

Písmeno odpovídá oblasti mozku, z které je snímán EEG signál:

F – frontální

C – centrální

P – parietální

T – temporální

O – okcipitální

K písmenu připojujeme číslo. Platí, že lichá čísla jsou vlevo, sudá vpravo. Pouze u elektrod, které snímají signál ze střední části hlavy (vertexu), používáme označení písmenem z, tj. Fz, Cz a Pz.

Elektroencefalogram hodnotíme v tzv. montážích (zapojeních). Existují tři typy zapojení:

- **bipolární zapojení** – registrujeme rozdíl mezi dvěma sousedními elektrodami
- **unipolární (referenční) zapojení** – registrujeme rozdíl mezi aktivní elektrodou na skalpu a elektrodou pasivní. Pasivní elektroda může být umístěna buď na ušním lalůčku, nebo v oblasti EEG čepice, tento způsob je v současnosti využíván častěji.
- **zdrojové zapojení** – konkrétní elektroda je porovnána vůči průměru elektrod z jejího okolí

Každý typ zapojení má svoje výhody a nevýhody, jejich rozbor však přesahuje rámec tohoto textu.

2.1 SKALPOVÉ EEG A JEHO HODNOCENÍ

Na elektroencefalogramu lze odlišit několik základních elektrických aktivit mozku, tyto aktivity se liší frekvencí, což je počet opakování vln za 1 sekundu a standardně se udává v Hz (obr. 2.2). V EEG popisujeme následující aktivitu:

- **delta: 0,5–4 Hz**
- **theta: 4–8 Hz**
- **alfa: 8–12 Hz**
- **beta: > 12 Hz**

Existují i vyšší frekvenční pásma, ta však běžně ve standardním EEG nehodnotíme.

Dále hodnotíme amplitudu vln, tj. jejich výšku od nejvyššího po nejnižší vrchol. Amplituda se udává v mikrovoltech (μV , viz obr. 2.2).

Ve fyziologickém bdělém EEG záznamu převažuje alfa a beta aktivita. Theta a delta aktivita jsou v bdělém stavu abnormní, někdy se k jejich označení používá i pojem pomalá aktivita.

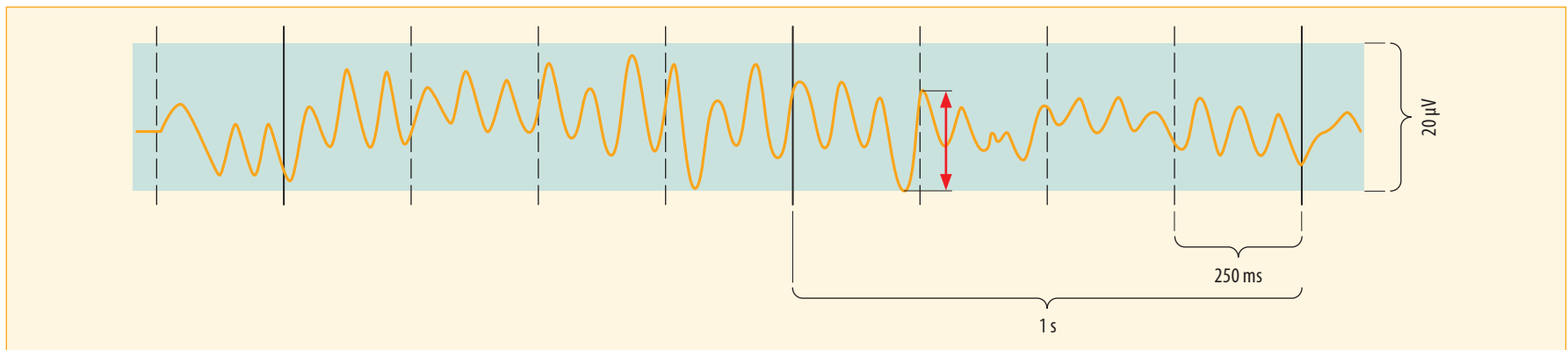
Souhrnně v EEG grafu hodnotíme úroveň pozadí vzhledem k věkové normě a ke stavu vědomí. Jinými slovy hodnotíme úroveň toho, „co v něm má být“ za fyziologických podmínek přítomno, a dále to, co se vyskytuje „navíc“.

2.2 FYZIOLOGICKÉ EEG

Ve fyziologickém EEG nálezu u dospělých nacházíme nad zadními oblastmi, tedy okcipitálně až okcipitoparietálně, **modulovanou alfa aktivitu** (modulace označuje postupný vzestup a pokles amplitudy EEG křivky, obr. 2.3). Tato aktivita bývá označována jako **rytmus dominující nad zadními oblastmi (posterior dominant rhythm) nebo alfa rytmus**. Pojem alfa rytmus není zcela správný, protože může být i z jiných frekvenčních pásem než z pásma alfa. Nicméně termín se používá a čtenář se s ním může setkat jak v české, tak v zahraniční literatuře, pracuje s ním rovněž i nová klasifikace ACNS. V případě alfa rytmu musí aktivita po otevření očí vymizet, po opětovném zavření se znovu objevuje. Tento typ reakce označujeme jako **alfa atenuační reakci nebo reakci na otevření očí**.

Nad předními oblastmi, tedy frontálně, dominuje nízkovoltážní **beta aktivita** (aktivita s nízkou amplitudou). Nad temporálními oblastmi se mohou vyskytovat ojedinělé theta vlny.

Delta aktivita se v bdělém normálním EEG záznamu nevyskytuje. Pokud se v normálním EEG objeví náhle pomalá aktivita, je nutné vyloučit možnost usnutí pacienta v průběhu natáčení.



Obr. 2.2 Izolovaná křivka EEG. Frekvence EEG křivky poté odpovídá počtu vln za časový interval 1 s, tj. spočítáme počet vln v průběhu 1 s. Standardně se frekvence udává v hertzech (Hz). Na tomto obrázku je frekvence 12 Hz. Amplituda je výška jednotlivých EEG vln, standardně udáváme v mikrovoltech (μV , červená šipka). Záznam představuje izolovanou EEG křivku. Silnější vertikální čáry vymezují časový interval 1 s, slabší vertikální čáry poté 250 ms.

2.3 SPÁNKOVÉ EEG

S projevy spánku se v EEG setkáváme poměrně často. Dětské pacienty v průběhu natáčení EEG usínají běžně, rovněž u dospělých je krátké zakolísání vigility v průběhu snímání EEG normální. Z tohoto důvodu je nutná alespoň částečná znalost spánkových stadií a jejich charakteristik.

Rozlišujeme dvě spánkové fáze:

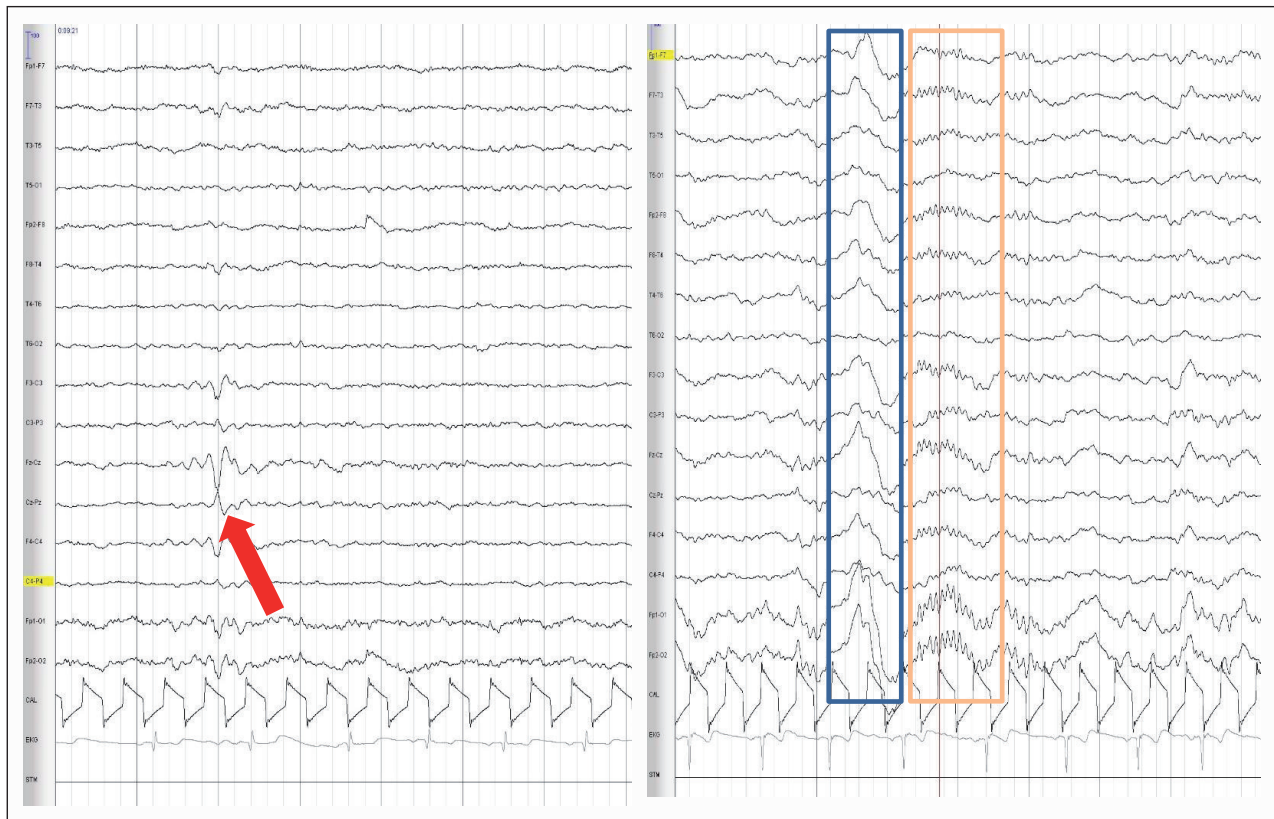
1. non-REM spánek

Pro non-REM spánek je charakteristické postupné zpomalování EEG záznamu (obr. 2.4). V povrchových stádiích non-REM spánku je alfa aktivita na-

hrazena aktivitou theta. Postupně se začínají objevovat pomalejší delta vlny. Pro non-REM spánek je charakteristický výskyt tzv. spánkových tranzientů, které se v bdělém EEG nevyskytují. Mezi nejčastěji popisované spánkové tranzienty řadíme: vertexové ostré vlny, K-komplexy a spánková vřeténka (viz obr. 2.4).

2. REM spánek

REM spánek se v EEG projevuje nízkou nepravidelnou aktivitou z různých frekvenčních pásem, svým charakterem připomíná povrchová stadia non-REM spánku. Odlišení REM spánku a povrchových stadií non-REM spánku je pouze na základě EEG obtížné a nepřesné. K detailnímu odlišení REM spánku je nutná registrace očních pohybů pomocí speciálně umístěných elektrod, pro REM spánek je charakteristická přítomnost rychlých očních pohybů.



Obr. 2.4 Spánkové EEG – non-REM spánek. V non-REM spánku dochází k postupnému zpomalování EEG záznamu. Jsou přítomny tranzienty, které se na normálním bdělém EEG nevyskytují. Na obrázku lze vidět vertexovou ostrou vlnu (červená šipka) a K-komplex (modrý obdélník) s nasedajícím spánkovým vřeténkem (oranžový obdélník).

2.4 ABNORMITA V EEG

V EEG obecně rozeznáváme několik typů abnormit. Tyto se mohou v každém konkrétním EEG grafu vyskytovat jednotlivě nebo se mohou vzájemně kombinovat, prolínat.

1. ABNORMITA POZADÍ

V případě abnormity pozadí nejčastěji popisujeme jeho generalizované zpomalení. U dospělého je většinou pozadí tvořeno aktivitou z alfa pásma nad zadními oblastmi, nad předními dominuje beta aktivita. V případě zpomaleného pozadí se objevuje theta a delta aktivita. Zpomalené pozadí svědčí pro encefalopatii různého původu. Nejčastěji se s zpomalením pozadí setkáváme u neurodegenerativ-

ních onemocnění, u závažnějších systémových infekcí, u metabolických poruch (hypo- a hypernatremie, hypo- a hyperchloremie, hypoglykemie, jaterní a renální selhání) a u intoxikací léčiv.

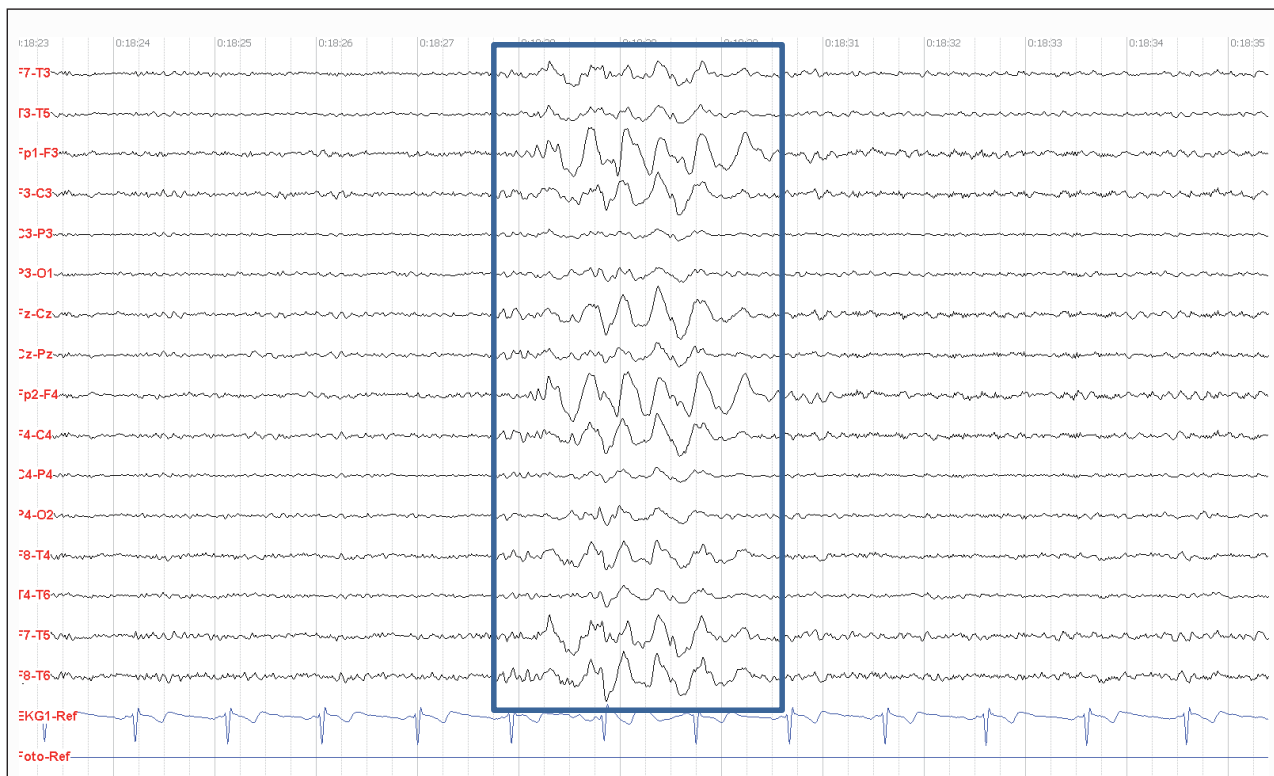
2. ABNORMITA POMALÁ

V případě přítomnosti pomalé abnormity je přítomno zpomalení EEG aktivity nad určitou oblastí, může však být i generalizovaného charakteru (obr. 2.5). V dané oblasti je alfa, případně beta, aktivita nahrazena aktivitou pomalou, tj. aktivitou z theta nebo delta pásma. Lokalizovaný výskyt theta a delta aktivity svědčí pro strukturální patologii (nádor, potraumatické, poischemické změny) v dané lokalizaci. Pokud pacient s lokalizovanou pomalou abnormitou neměl zobrazení mozku (výpočetní tomografii [CT] nebo magnetickou rezonanci [MRI]), je nutné toto vyšetření doplnit.



Obr. 2.5 Nespecifická abnormita. Nespecifická abnormita má charakter zpomalení (výskyt vln z theta nebo delta pásma). Toto se vyskytuje buď v určité oblasti, nebo v celém EEG záznamu (generalizovaně).

Obr. 2.5a Zpomalení fronto-temporálně vlevo. V EEG vidíme zpomalení v levé frontotemporální oblasti (červený obdélník).



Obr. 2.5 Nespecifická abnormita. Nespecifická abnormita má charakter zpomalení (výskyt vln z theta nebo delta pásma). Toto se vyskytuje buď v určité oblasti, nebo v celém EEG záznamu (generalizovaně).

Obr. 2.5b Generalizované zpomalení. V EEG je přítomen krátký úsek nedokonale generalizovaného zpomalení (modrý obdélník).

3. ABNORMITA EPILEPTIFORMNÍ

S přítomností epileptiformní abnormity se setkáváme typicky u pacientů s epilepsií. Přesná definice epileptiformní abnormity je uvedena v textu (kapitola 5 *Sporadické epileptiformní výboje*).

4. SPECIÁLNÍ EEG VZORCE

S touto skupinou se při interpretacích grafů na JIP setkáváme poměrně často, budeme se jí detailně věnovat v následujícím textu.

2.5 VYUŽITÍ STANDARDNÍHO EEG V RUTINNÍ PRAXI

EEG musí být hodnoceno v souladu s klinickým obrazem pacienta a v kontextu výsledků ostatních vyšetřovacích metod.

Hlavní indikací provedení EEG je klinické podezření na epileptické onemocnění jako nedílná součást diagnostického procesu. Dále může být EEG užitečné při hodnocení encefalopatií různé etiologie. EEG se stále více uplatňuje v rámci intenzivní medicíny, zde především u komatózních pacientů k vyloučení nekonvulzivního status epilepticus, posouzení prognózy nemocného a k monitoraci hloubky farmakologicky navozeného kómatu. V současnosti ustupuje význam EEG vyšetření v diagnostice strukturálních abnormit mozku, kde je jednoznačně nahrazeno klasickými neurozobrazovacími technikami.

3 ZÁKLADNÍ AKTIVITA/AKTIVITA POZADÍ (BACKGROUND ACTIVITY)

Hodnocení základní aktivity neboli aktivity pozadí přináší důležitou informaci o fungování mozku. Při interpretaci je však nutné mít na vědomí, že základní aktivita reflektuje všechny potencionální vlivy, které mohou fungování mozku ovlivňovat. V klinické praxi se jedná nejčastěji o stupeň poškození mozku, metabolické a lékové vlivy. Prognóza pacienta je více determinovaná příčinou, která způsobuje EEG vzorec, než vlastním EEG vzorcem [1].

- Pacient, u kterého nacházíme supresi EEG křivky v důsledku kardiopulmonální resuscitace, má velmi špatnou prognózu, pokud je vyloučen vliv medikace a hypotermie. Naopak, pacient, u kterého se stejný EEG vzorec objeví v důsledku podání anestetik při terapii status epilepticus, nemusí mít špatnou prognózu. Zde záleží na příčině status epilepticus, nikoliv na charakteru EEG vzorce.

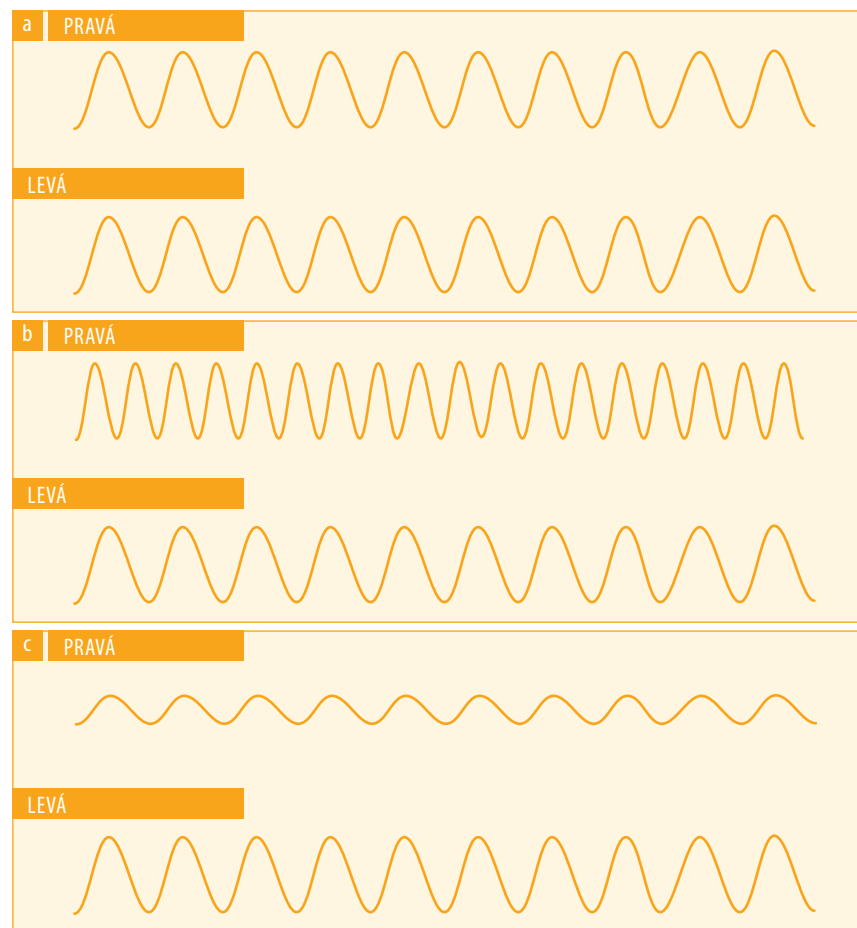
Při popisu základní aktivity vždy hodnotíme následující parametry [2]:

1. symetrii
2. frekvenci základní aktivity (delta, theta, alfa, beta)
3. přítomnost dominantního rytmu nad zadními oblastmi (alfa rytmus)
4. amplitudu
5. kontinuitu
6. předožadní gradient
7. reaktivitu
8. přítomnost breach efektu

3.1 SYMETRIE

Při hodnocení symetrie porovnáváme pravou a levou hemisféru, popisujeme rozdíly ve frekvenci a amplitudě (obr. 3.1). Záznam může být **symetrický** (bez rozdílu ve frekvenci či amplitudě) nebo **asymetrický**.

V případě asymetrického záznamu rozlišujeme: **lehce asymetrický** (rozdíl ve frekvenci 0,5–1 Hz nebo rozdíl v amplitudě < 50 % v referenčním zapojení) či **výrazně asymetrický** (rozdíl ve frekvenci > 1 Hz nebo rozdíl v amplitudě ≥ 50 % v referenčním zapojení).



Obr. 3.1 Symetrie; a) symetrická aktivita – aktivita má nad pravou a levou hemisférou stejnou frekvenci a amplitudu, b) asymetrická aktivita – aktivita nad pravou a levou hemisférou se liší ve frekvenci, nicméně amplituda je stejná, c) asymetrická aktivita – aktivita nad pravou a levou hemisférou se liší v amplitudě, frekvence je však stejná.

- Obecně platí, že nad jakoukoliv lézí dochází ke zpomalení základní aktivity. Vidíme-li tedy zpomalení základní aktivity nad jednou oblastí, budí tento náález podezření na strukturální poškození mozku v dané lokalizaci. Nález EEG je však nespecifický, tj. není možné korelovat charakter zpomalení a typ patologie (tumor, pozánětlivé, potraumatické změny).
- Na druhou stranu systémové vlivy (metabolické, polékové, hypotermie) v naprosté většině případů způsobují generalizované změny základní aktivity (nejčastěji zpomalení, ale např. benzodiazepiny mohou vést k vyššímu výskytu beta aktivity).

3.2 FREKVENCE ZÁKLADNÍ AKTIVITY

V tomto případě popisujeme frekvenci, která v EEG záznamu převládá. Frekvenci základní aktivity popisujeme ve čtyřech základních frekvenčních pásmech (delta, theta, alfa a beta):

- delta aktivita – frekvence nižší než 4 Hz
- theta aktivita – frekvence 4–8 Hz
- alfa aktivita – frekvence 8–12 Hz
- beta aktivita – frekvence vyšší než 12 Hz

3.3 ALFA RYTMUS, RYTMUS DOMINUJÍCÍ NAD ZADNÍMI OBLASTMI (z ang. posterior dominant rhythm)

Alfa rytmus nebo také rytmus dominující nad zadními oblastmi, jak již sám název napovídá, se vyskytuje nad zadními oblastmi mozku (okcipitálně až okcipitoparietotemporálně) a nejčastěji je tvořen aktivitou z alfa frekvenčního pásma. Další podmínkou, kterou musí splňovat, je jeho vymizení při otevření očí (alfa atenuační reakce), právě přítomnost této reakce je klíčová. Pokud není přítomná alfa atenuační reakce, nemůže být aktivita hodnocena jako alfa rytmus. Jak již bylo uvedeno výše, v normálním EEG záznamu je alfa rytmus většinou z pásma alfa, nicméně může být i z pásma beta nebo theta. Theta je častější zvláště u starších lidí a lze ji hodnotit jako normální náález vzhledem k věku pacienta.

- Používání pojmů frekvence základní aktivity a alfa rytmus může být pro některé čtenáře matoucí. V normálním EEG dominuje základní aktivita z beta pásma nad předními oblastmi, nad zadními alfa aktivita. Alfa rytmus (rytmus dominující nad zadními oblastmi) je vyjádřen a je představován právě zmíněnou alfa aktivitou. V případě encefalopatie může např. dominovat theta aktivita, která je generalizovaná, alfa rytmus (rytmus dominující nad zadními oblastmi) není vyjádřen. V případě encefalopatie dochází poměrně časně k vymizení alfa rytmu, tento se ztrácí již v případě encefalopatie lehkého stupně.

3.4 AMPLITUDA

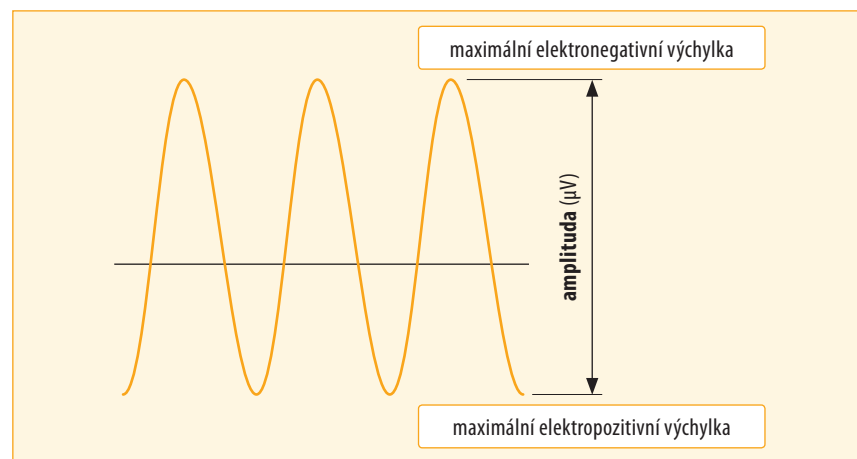
Amplitudu hodnotíme v μV a měříme ji v bipolárním zapojení jako rozdíl mezi maximálním elektro pozitivním a elektronegativním vrcholem (nikoliv k základní linii, obr. 3.2).

Amplituda normálního EEG se pohybuje mezi 20 a 150 μV .

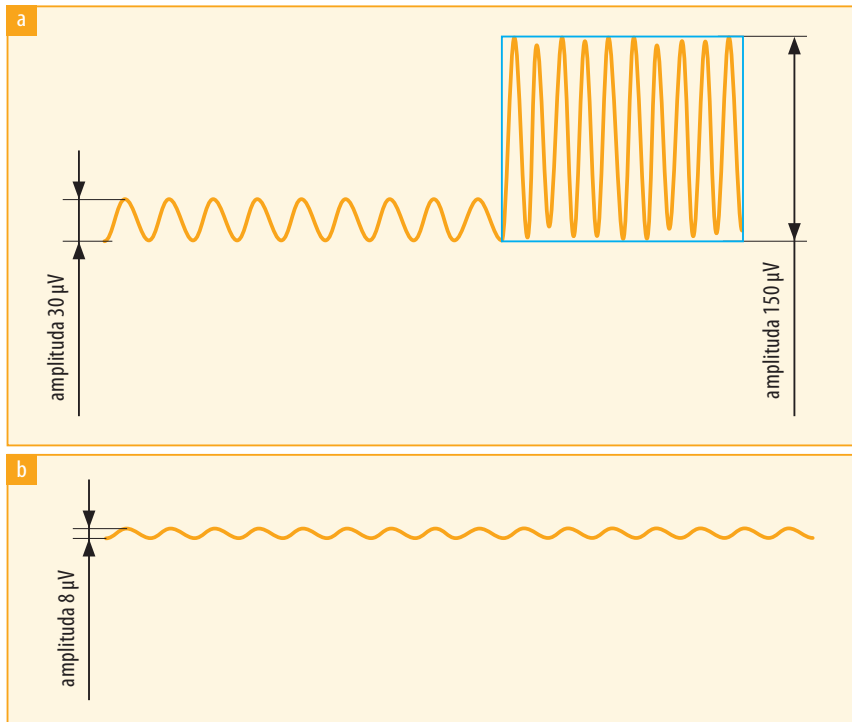
Pokud je amplituda EEG < 20 μV , hovoříme o **nízké amplitudě EEG křivky**.

V tomto případě rozlišujeme dva pojmy (obr. 3.3):

- **atenuace EEG křivky** – amplituda pozadí je v daném úseku snížena o 50 % proti jinému úseku a současně je $\geq 10 \mu\text{V}$. V případě atenuace tedy porovnáme dva úseky EEG křivky a hodnotíme rozdíl mezi těmito dvěma úseky.
- **suprese EEG křivky** – amplituda je < 10 μV .



Obr. 3.2 Měření amplitudy EEG



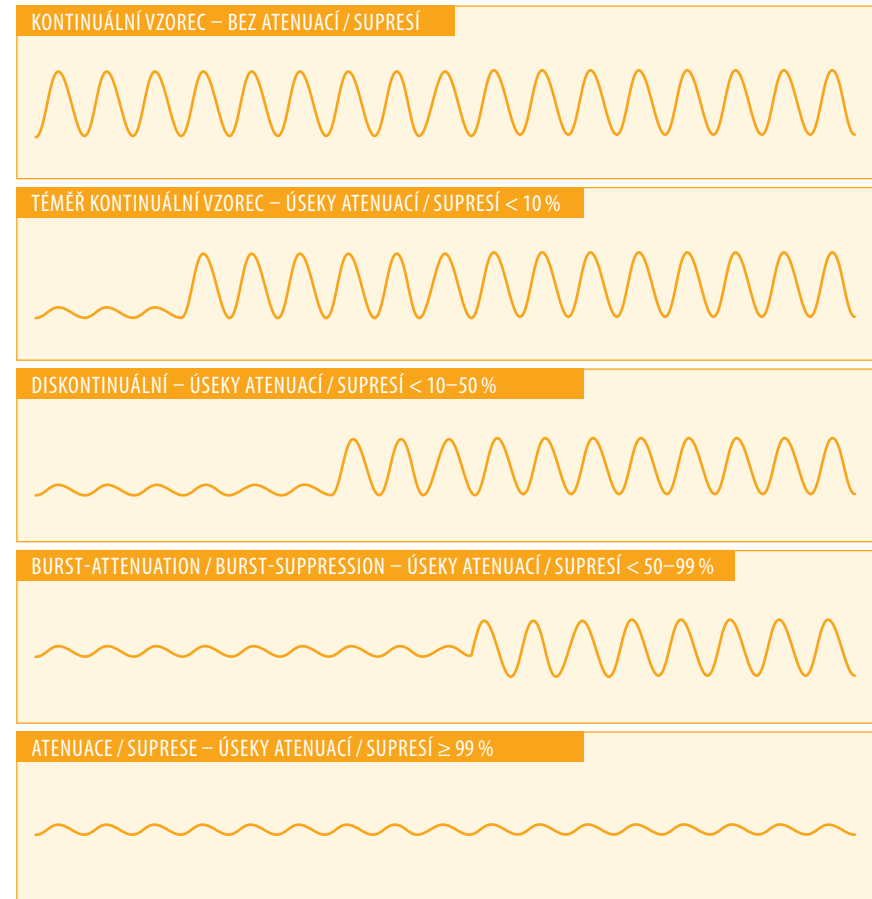
Obr. 3.3 Atenuace a suprese EEG křivky; a) atenuace – v první části grafu je amplituda 30 μV , v druhé části 150 μV ; vzorec splňuje kritéria pro atenuaci, b) suprese – amplituda je 8 μV , jsou tedy splněna kritéria suprese.

3.5 KONTINUITA

Hodnocení kontinuity EEG záznamu úzce souvisí s hodnocením její amplitudy (obr. 3.4). V případě, že se v EEG záznamu objevují úseky, v kterých dochází k supresi či atenuaci základní aktivity, hovoříme o **diskontinuálním vzorci** (úseky supresí/atenuací do 49 % EEG záznamu), **burst-suppression/burst-attenuation vzorci** (úseky supresí představují více než 50 % EEG záznamu), ev. o **supresi EEG křivky** (jedná se o EEG záznam s amplitudou do 10 μV).

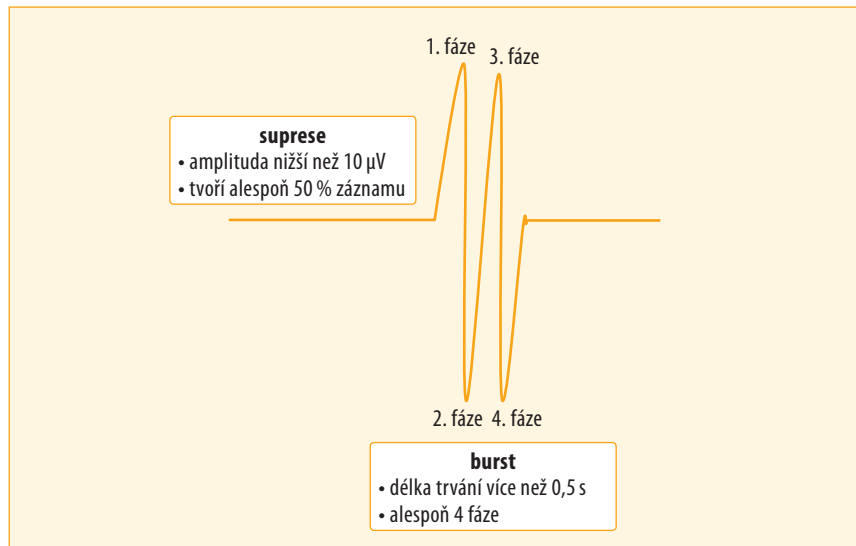
Z hlediska kontinuity rozlišujeme:

- **kontinuální EEG:** v EEG nejsou přítomny úseky atenuace/suprese
- **téměř kontinuální:** objevují se občasné úseky atenuace/suprese, nicméně tvoří méně než 10 % záznamu



Obr. 3.4 Kontinuita EEG záznamu

- **diskontinuální EEG:** úseky atenuace/suprese přestavují nejméně 10 %, nejvýše však 49 % EEG záznamu
- **burst-attenuation/burst-suppression:** úseky atenuace/suprese představují více než 50 % záznamu
- **suprese:** prakticky celý záznam (více než 99 %)
 - Na tomto místě podáváme definici **burst-suppression vzorce**. Burst-suppression vzorec se skládá ze dvou úseků, z úseku tvořeného bursts a z úseku tvořeného supresí (obr. 3.5).

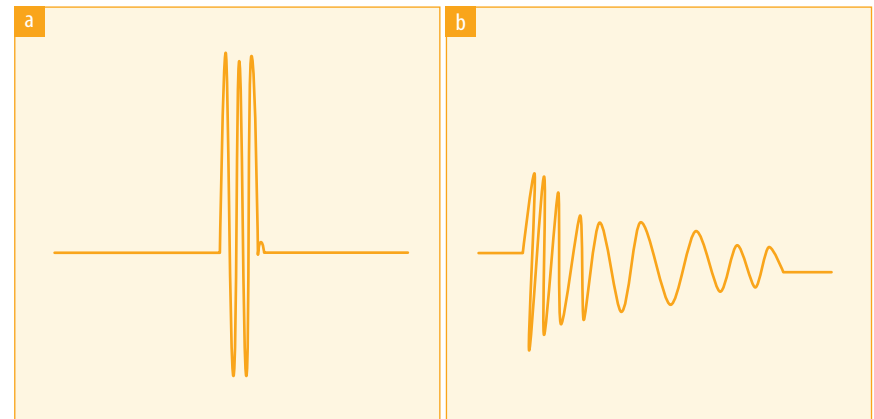


Obr. 3.5 Definice burst-suppression vzorce

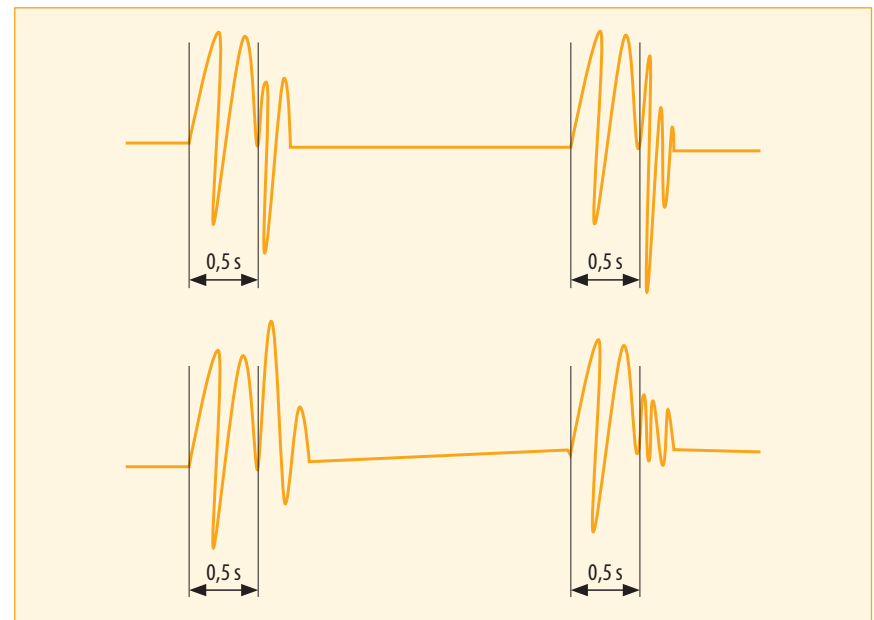
Vlastní burst musí být $\geq 0,5$ s a mít více než 4 fáze.¹ V případě, že je burst kratší než 0,5 s nebo má méně než 4 fáze nelze vzorec považovat za burst-suppression vzorec.

V rámci burst-suppression vzorce rozlišujeme dvě specifické podskupiny, jedná se o:

- **burst-suppression vzorec s vysoce epileptiformními bursts** (z ang. highly epileptiform bursts, obr. 3.6):
 - ~ v rámci jednotlivých bursts se objevují **epileptiformní výboje** (hroty, ostré vlny) o fr. 1 Hz nebo vyšší
 - ~ nebo mají úseky s **bursts rytmický charakter**
- **burst-suppression vzorec s identickými bursts** (z ang. identical bursts):
 - ~ prvních 0,5 s z každého burst vypadá ve všech kanálech stejně při vizuálním hodnocení (obr. 3.7)



Obr. 3.6 Burst-suppression vzorec s vysoce epileptiformními bursts; a) v rámci jednoho burstu se vyskytují dva a více epileptiformních výbojů o frekvenci 1 Hz a vyšší, b) jednotlivé bursts mají rytmický charakter



Obr. 3.7 Burst-suppression vzorec s identickými bursts

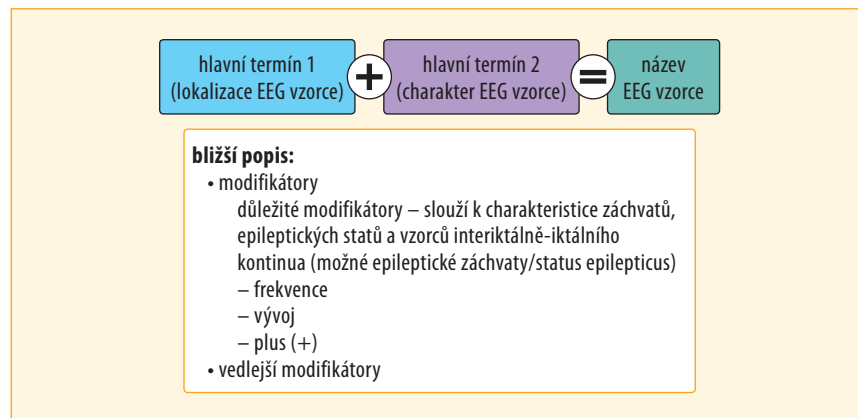
¹ Fáze určujeme jako počet překročení přes základní linii + 1, nepočítáme první a poslední překročení. Termín je podrobněji vysvětlen v kapitole Rytmické a periodické výboje – úvodní část.

4 RYTMICKÉ A PERIODICKÉ VZORCE – ÚVODNÍ ČÁST

Rytmické a periodické vzorce hodnotíme pomocí [1]:

1. hlavního termínu (každý vzorec je charakterizován dvěma hlavními termíny, z nichž se vytváří název vzorce, obr. 4.1)
2. modifikátoru
3. vedlejšího modifikátoru [1]

V klasickém EEG se jeví jako nutné správné používání především hlavních termínů, u nichž byl prokázán rovněž vysoký stupeň shody při hodnocení různými elektroencefalografisty [2]. Uvádíme rovněž terminologii modifikátorů a vedlejších modifikátorů, některé z nich jsou významné především při dlouhodobé EEG monitoraci.



Obr. 4.1 Tvorba názvů u rytmických a periodických vzorců

4.1 HLAVNÍ TERMÍN

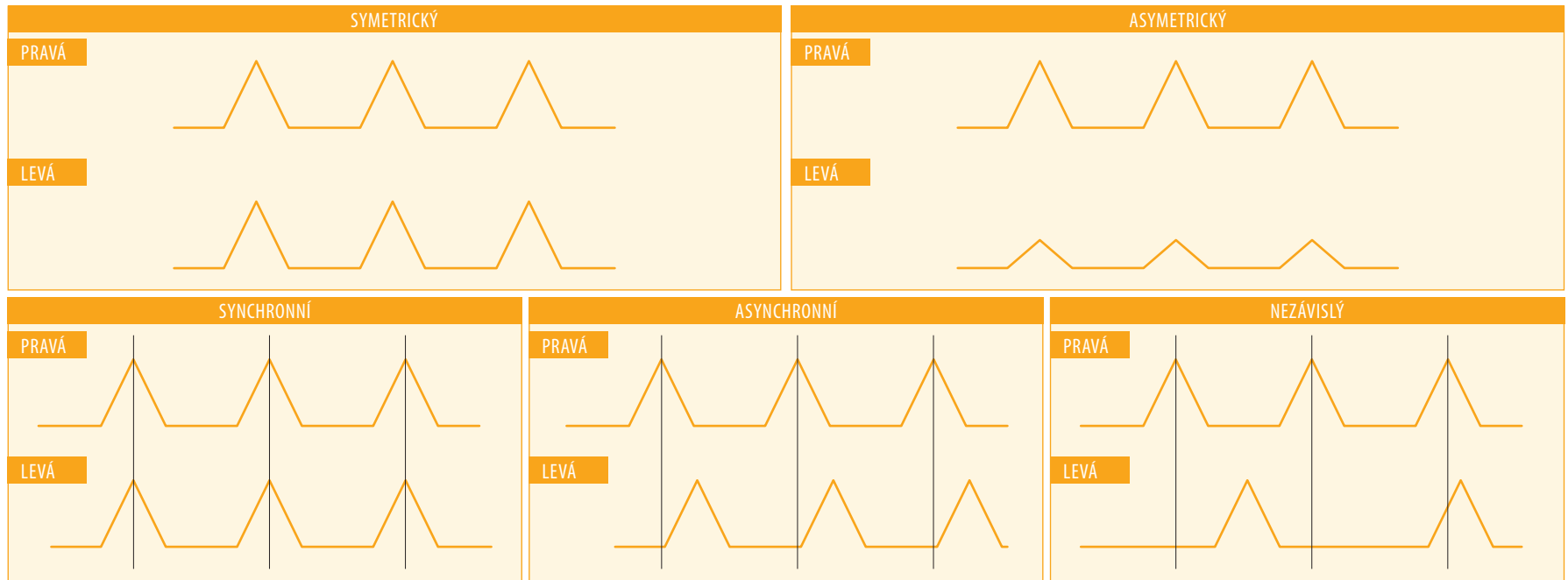
Hlavní termín popisuje buď lokalizaci (hlavní termín 1) nebo typ vzorce (hlavní termín 2). Vlastní název poté vzniká jejich kombinací.

4.1.1 Hlavní termín 1

Hlavní termín 1 popisuje lokalizaci daného EEG vzorce, nejčastěji se setkáváme s generalizovaným (G) a lateralizovaným (L) EEG vzorcem. V případě generalizovaného EEG vzorce se aktivita vyskytuje nad oběma hemisférami. V případě lateralizovaného EEG vzorce aktivita dominuje nad jednou hemisférou

Pro pochopení definice jednotlivých kategorií, udávajících jejich lokalizaci, je nutné chápat dva termíny, na jejichž základě se vzorce definují. Jedná se o termíny symetrický a synchronní (obr. 4.2):

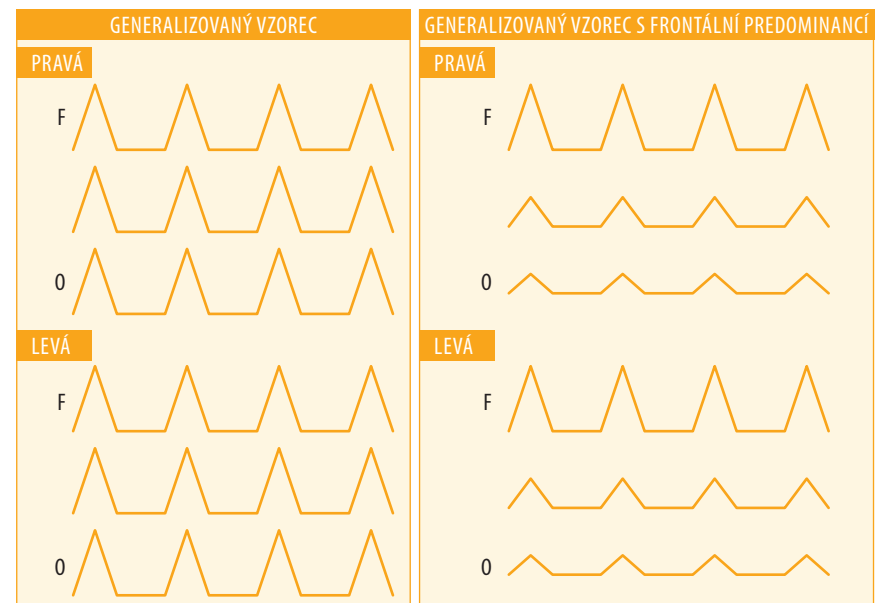
- **symetrický** – tento termín se vztahuje k amplitudě. Pokud je vzorec symetrický, má stejnou amplitudu nad oběma hemisférami. V případě, že je amplituda odlišná nad pravou a levou hemisférou, používáme termín *asymetrický*.
- **synchronní** – tento termín se vztahuje k výskytu vzorce. Pokud se vzorec vyskytuje současně nad oběma hemisférami (tj. není časově posunutý), hodnotíme jej jako synchronní. Pokud se vzorec konstantně vyskytuje dříve nad jednou hemisférou, hodnotíme jej jako *asynchronní* (frekvence nad pravou a levou hemisférou je stejná, nicméně je přítomen časový posun, tj. vzorec vzniká nad jednou hemisférou a nad druhou se šíří). Pokud se vyskytují dva vzorce, které nejsou v jasné časové vazbě, hodnotíme je jako *nezávislé* (vzorce mají různou frekvenci).



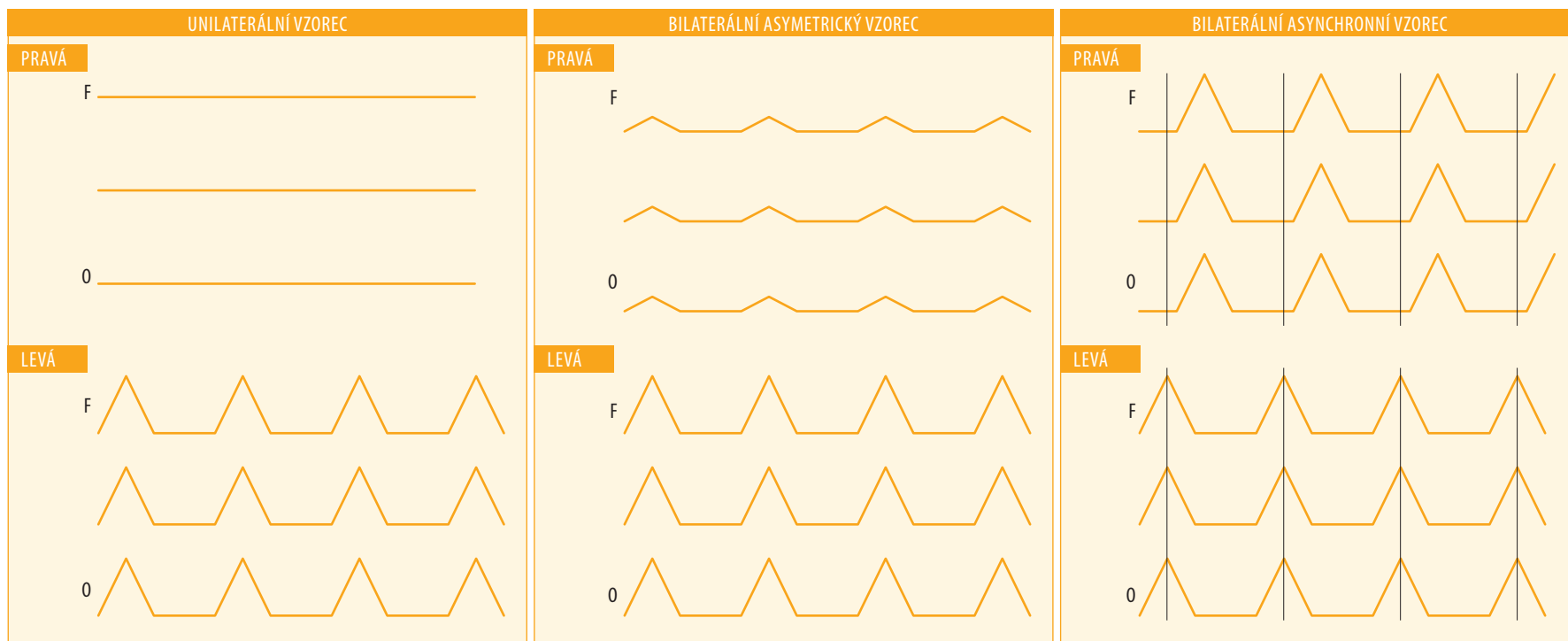
Obr. 4.2 Definice termínů symetrický, resp. asymetrický, termínu synchronní, resp. asynchronní, a nezávislý

Generalizovaný (G) vzorec se vyskytuje nad oběma hemisférami synchronně (současně) a je symetrický (mají stejnou amplitudu, obr. 4.3a). Generalizované vzorce mohou však nad některými oblastmi převažovat, je zde přítomno maximum amplitudy daného vzorce. Poté hovoříme poté o *převaze (predominanci): frontální, okcipitální, středoočarové* (obr. 4.3b). Pro definici převahy (predominance) je použita 50% hranice.

- V případě frontální predominance tedy platí, že amplituda vzorce je nad předními oblastmi o $\geq 50\%$ vyšší než nad oblastmi okcipitálními. V případě okcipitální predominance je amplituda vzorce nad okcipitálními oblastmi $\geq 50\%$ vyšší než nad oblastmi frontálními. V případě středoočarové predominance je amplituda nad střední linií $\geq 50\%$ vyšší než v parasagitálně.



Obr. 4.3 Generalizovaný vzorec a generalizovaný vzorec s frontální predominancí



Obr. 4.4 Lateralizovaný vzorec – unilaterální vzorec, bilaterální asymetrický vzorec, bilaterální asynchronní vzorec

Lateralizovaný (L) vzorec se vyskytuje buď pouze nad jednou hemisférou (**unilaterální vzorec**, obr. 4.4), nebo další možností je výskyt nad oběma hemisférami, nicméně je jasná převaha nad jednou hemisférou (**bilaterální vzorec**). V případě bilaterálního vzorce může být nad jednou hemisférou vyšší amplituda, v tomto případě hovoříme o *bilaterálním asymetrickém vzorci*. Další možností je *bilaterální asynchronní vzorec*, v tomto případě se vzorec objevuje konstantně nejprve nad jednou hemisférou.

Oboustranný nezávislý vzorec (bilateral independent, BI) – nad každou hemisférou se vyskytuje nezávislý vzorec. Jedná se tedy o dva vzorce, které se vyskytují současně, jeden nad pravou a druhý nad levou hemisférou (obr. 4.5).

Další, méně časté možnosti jsou **jednostranný nezávislý** (unilateral independent, UI) a **multifokální vzorec** (multifocal, Mf).

V prvním případě se nad jednou hemisférou vyskytují dva nezávislé vzorce. V druhém případě jsou přítomny nejméně tři nezávislé vzorce nad oběma hemisférami (tedy nad jednou hemisférou 1 nezávislý vzorec a nad druhou hemisférou 2 nezávislé vzorce).

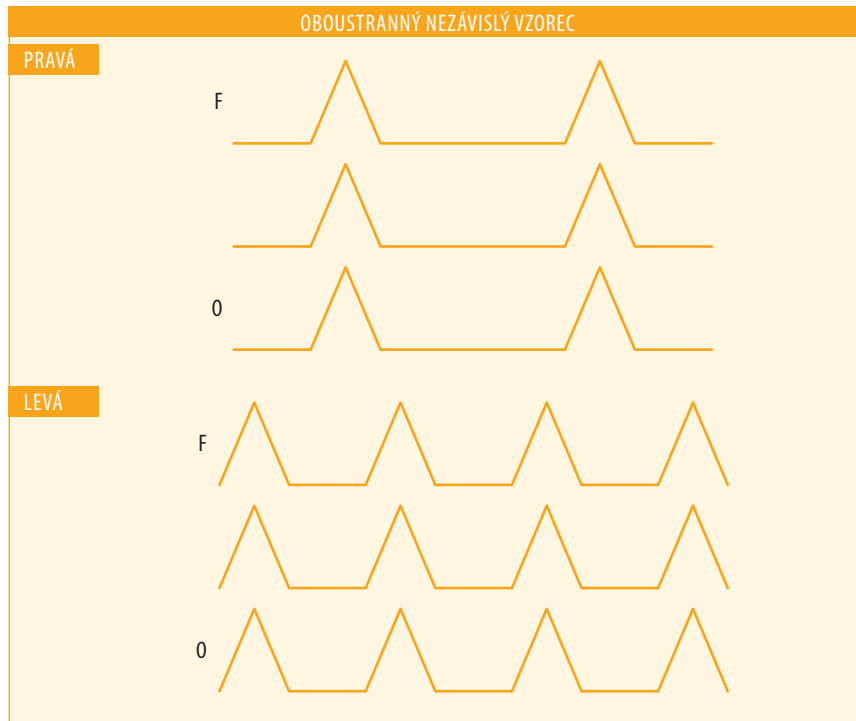
4.1.2 Hlavní termín 2

Hlavní termín dva popisuje morfologii EEG vzorce. Z tohoto pohledu rozlišujeme:

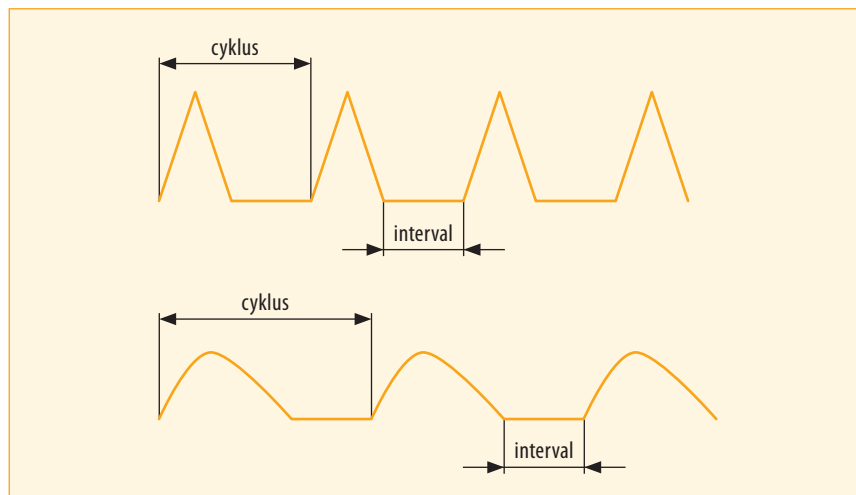
- **periodické výboje (PD)**
- **rytmickou delta aktivitu (RDA)**
- **hrot-vlna/ostrá vlna-vlna (SW)**

Periodické výboje (periodic discharges, PD)¹ – vzorec je tvořen relativně uniformními vlnami, které se pravidelně opakují. Mezi jednotlivými vlnami je časový interval, v kterém se tyto nevyskytují. Vlna a popisovaný interval představují jeden

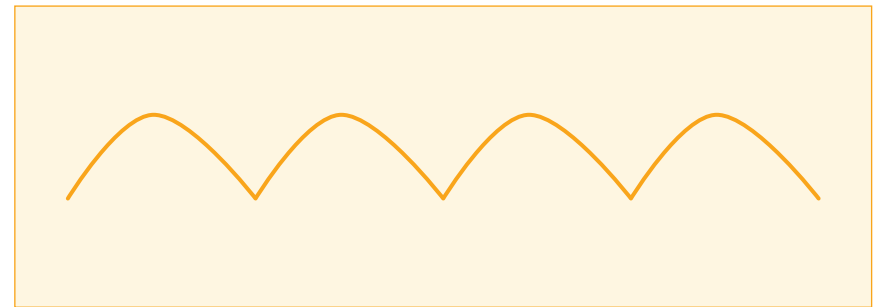
¹ V původní definici periodických výbojů se objevovalo slovo epileptiformní (periodické epileptiformní výboje), tj. za periodický výboj mohly být považovány pouze hroty a ostré vlny. V současné platné definici bylo slovo epileptiformní vypuštěno. Za periodický výboj jsou tedy považovány jak epileptiformní výboje, tak i delta vlny.



Obr. 4.5 Oboustranný nezávislý vzorec (bilateral independent)



Obr. 4.6 Periodické výboje (PD) s ostrými vlnami (a) a delta vlnami (b)



Obr. 4.7 Rytmičká delta aktivita (RDA)



Obr. 4.8 Hrot-vlna nebo ostrá vlna-vlna (SW)

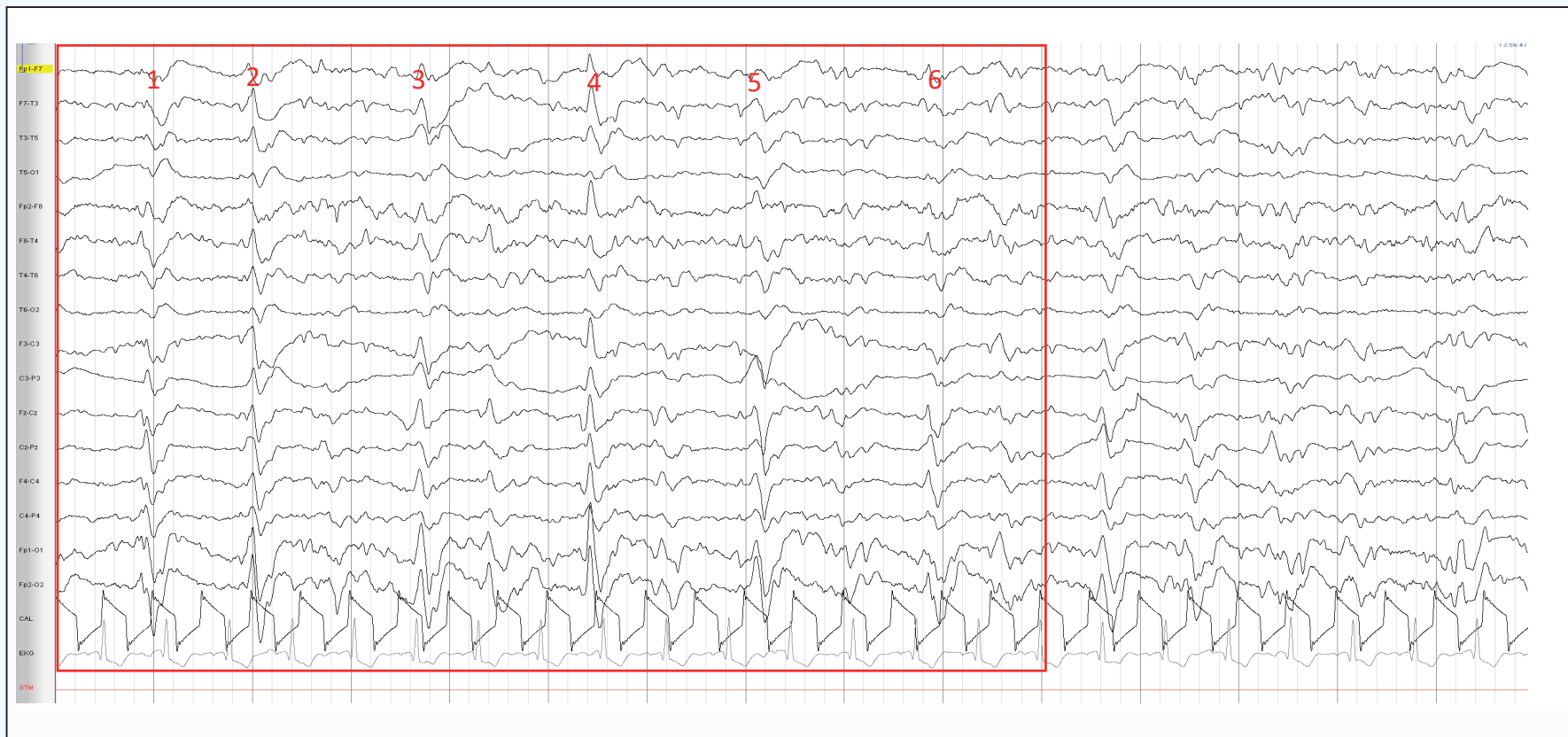
cyklus. Délka trvání jednotlivých cyklů je v čase relativně stabilní.² Za periodické výboje mohou být považovány buď **vlny s délkou trvání < 0,5 s**, nebo **vlny s délkou trvání ≥ 0,5 s, pokud nemají více než 3 fáze.**³ V praxi mají periodické výboje nejčastěji epileptiformní charakter (hroty, ostré vlny) nebo charakter delta vln (obr. 4.6).

Rytmičká delta aktivita (rhythmic delta activity, RDA) – jedná se o opakující se uniformní delta vlny, mezi nimiž není jasný interval bez těchto vln. Vlny mají rytmický charakter (obr. 4.7).

Hrot-vlna nebo ostrá vlna-vlna (spike-wave nebo sharp-wave, SW) – opakující se epileptiformní výboje (hroty, vícečetné hroty nebo ostrých vln), které jsou následovány pomalou vlnou (obr. 4.8).

2 Stabilní interval je definován kolísáním délky < 50 % u většiny (≥ 50 %) po sobě jdoucích cyklů. Vzorec se musí opakovat nejméně 6×, aby mohl být považován za periodický.

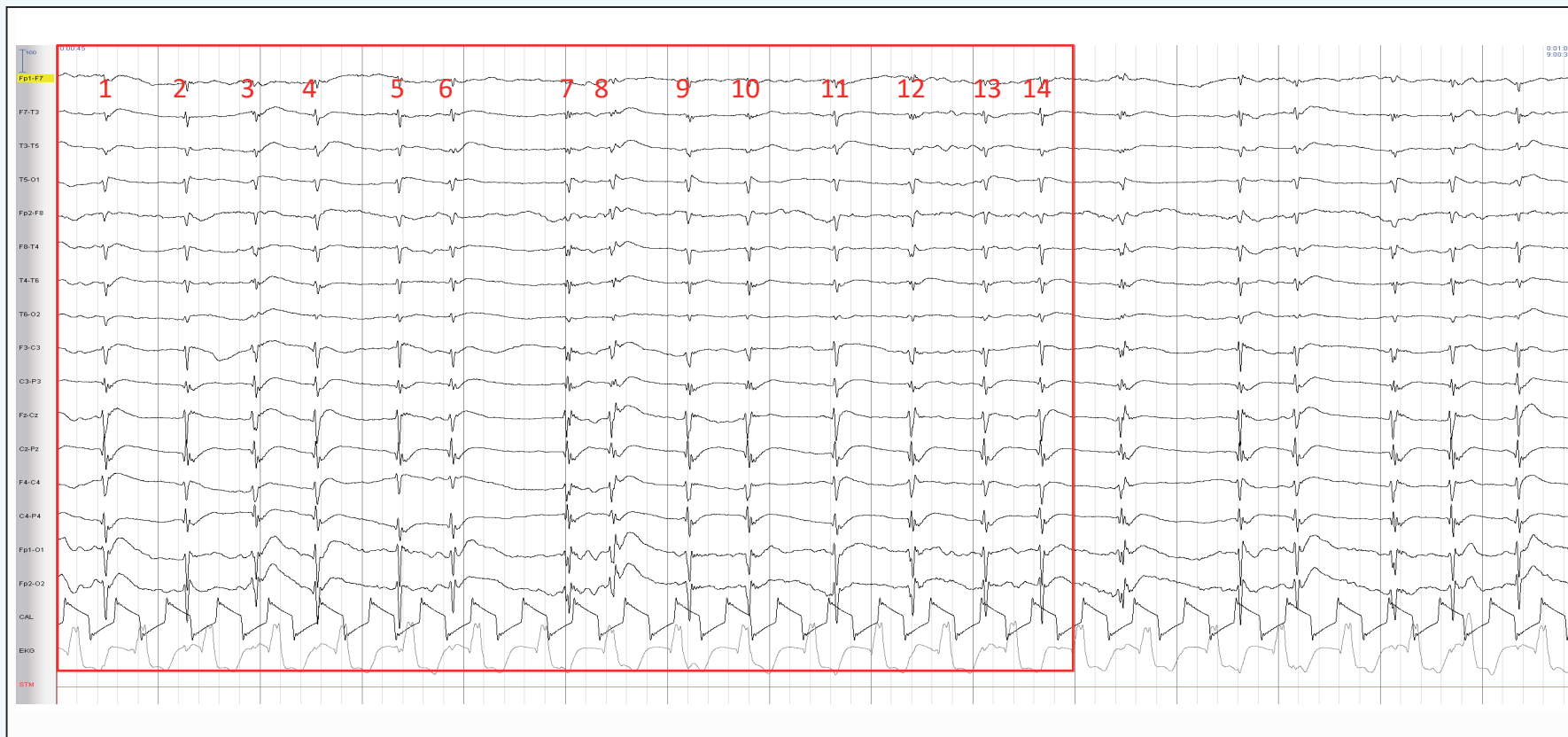
3 Pokud je délka trvání ≥ 0,5 s a vzorec má > 3 fáze, hovoříme o burst-suppression/burst-attenuation vzorci v případě přítomnosti suprese/atenuace pozadí. Pokud je délka trvání ≥ 0,5 s a vzorec má > 3 fáze, ale vyskytuje se na pozadí s normální amplitudou, hovoříme o BIRDS.



EEG 1: Generalizovaný periodický vzorec (GPD)

V záznamu se objevuje periodický vzorec, který má generalizovaný charakter, jedná se tedy o generalizovaný periodický vzorec. V tomto případě má periodický vzorec jednoznačně epileptiformní charakter.

Pro výpočet frekvence vzorce si můžeme vzít 10s okno a počítat počet výbojů v daném okně (červený obdélník). V 10s intervalu je přítomno 6 výbojů, frekvence je tedy 0,6 Hz.



EEG 2: Generalizovaný periodický vzorec (GPD)

Opětovně se jedná o GPD. Proti předchozímu záznamu je přítomna suprese základní aktivity. Jednotlivé výboje mají výrazně uniformní charakter. Pro výpočet frekvence vzorce si můžeme vzít 10s okno a počítat počet výbojů v daném okně (červený obdélník). V 10s intervalu je přítomno 14 výbojů, frekvence je tedy 1,4 Hz.

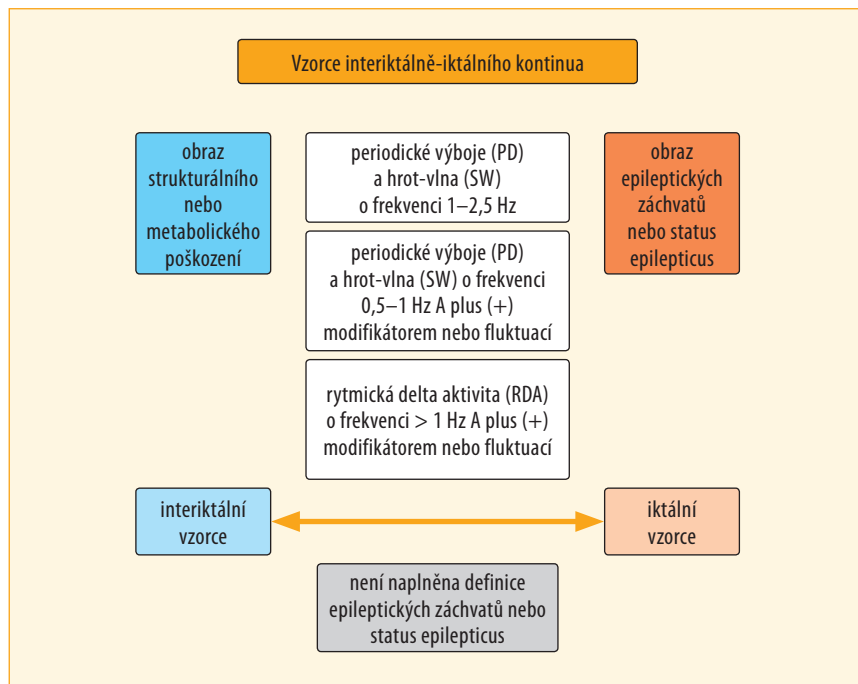
Vzorce interiktálně-iktálního kontinua

V současnosti se jedná o nejvíce diskutovanou skupinu EEG vzorců. Vystávají zde otázky, kdy je vzorec obrazem status epilepticus a kdy naopak obrazem těžkého závažného postižení mozku? Které pacienty léčit a které nikoliv?

MORFOLOGIE

Do této skupiny řadíme tři typy EEG vzorců:

- 1. PD nebo výboje hrot-vlna (SW)** o vysoké frekvenci, konkrétně o frekvenci 1–2,5 Hz, které jsou přítomny alespoň po dobu 10 s (tj. v daném úseku je 10–25 těchto výbojů)
- 2. PD nebo výboje hrot-vlna (SW)** o frekvenci 0,5–1 Hz, které jsou přítomny alespoň po dobu 10 s (tj. v daném úseku je alespoň 5–10 těchto výbojů) a **SOUČASNĚ** je přítomen plus (+) modifikátor nebo je nález fluktuující.
- 3. rytmická delta aktivita (RDA)** o frekvenci vyšší než 1 Hz při délce trvání nálezu alespoň 10 s (tj. nejméně 10 rytmických delta vln v průběhu 10 s) a **SOUČASNĚ** je přítomen plus (+) modifikátor nebo je nález fluktuující



Obr. 8.1 Přehled vzorců tvořících interiktálně-iktální kontinuum

ETIOLOGIE

Jedná se o vzorce, které vznikají na podkladě závažného poškození mozku, nicméně je u nich vysoké riziko epileptických záchvatů či vzniku status epilepticus (obr. 8.1, 8.2).

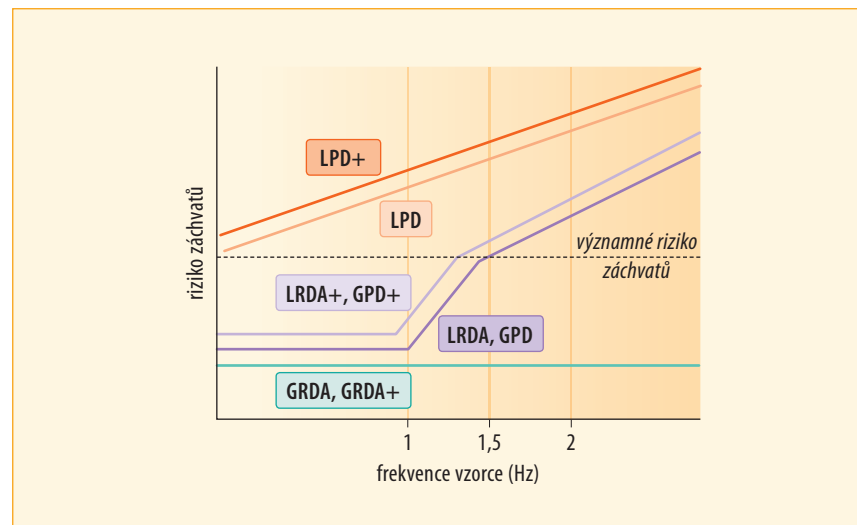
INTERPRETACE

V současnosti není zcela jasně definován management pacientů s vzorcem interiktálně-iktálního kontinua ve smyslu indikace protizáchvatové medikace.

Existují jak argumenty pro léčbu, tak i argumenty proti léčbě.

Argumenty pro léčbu:

- Mortalita pacientů s nekonvulzivním status epilepticus (NCSE) je vysoká, pohybuje se mezi 30 a 100 % v závislosti na příčině tohoto status epilepticus.
- V případě neléčeného NCSE dochází ke zvyšování rizika úmrtí pacientů.



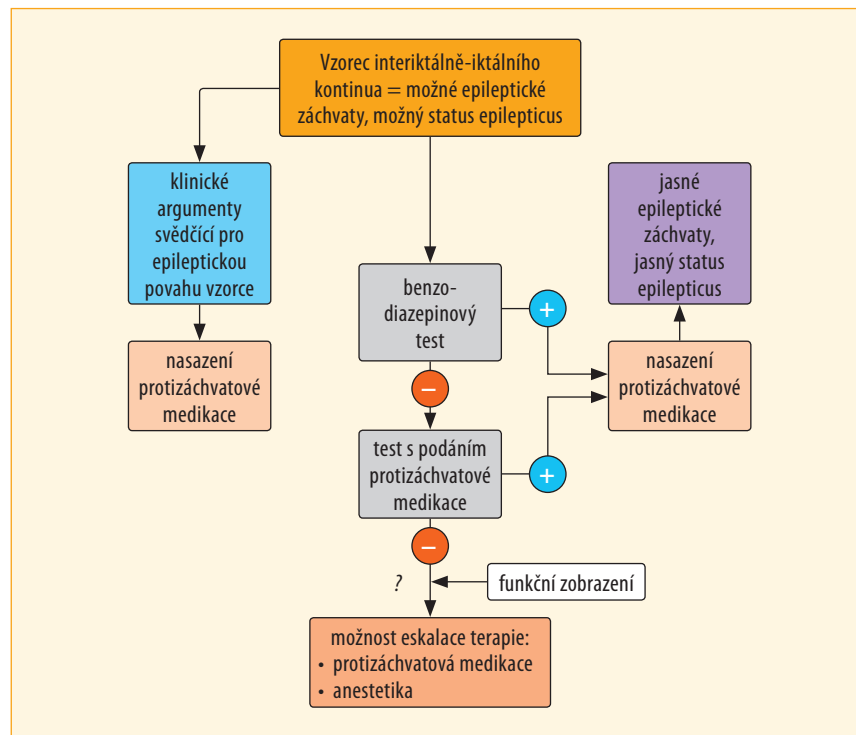
Obr. 8.2 Vztah vzorců interiktálně-iktálního kontinua k riziku epileptických záchvatů. Graf znázorňuje riziko vzniku záchvatů ve vztahu k typu EEG vzorce a jeho frekvenci (modifikováno dle [2]); GPD – generalizovaný periodický vzorec, GPD+ – generalizovaný periodický vzorec plus (+), GRDA – generalizovaná rytmická delta aktivita, GRDA+ – generalizovaná rytmická delta aktivita plus (+), LPD – lateralizované periodické výboje, LPD+ – lateralizované periodické výboje plus (+), LRDA – lateralizovaná rytmická delta aktivita, LRDA+ – lateralizovaná rytmická delta plus (+).

Argumenty proti léčbě:

- Existuje celá řada metabolických a toxických vlivů, které mohou tyto vzorce vyvolat.
- Pacienta v kritickém stavu zatěžujeme další medikací a jejími nežádoucími účinky.
- Stále není jasně definováno, jestli léčba funguje nebo nefunguje.

Zde pro ilustraci uvádíme dva případy:

- První případ: Pacient se po podání protizáchvatové medikace klinicky zlepšuje, není však jasné, zda se zlepšuje z důvodu podání této medikace či by došlo ke zlepšení i bez této medikace.
- Druhý případ: Pacient se po podání protizáchvatové medikace nezlepšuje. V tomto případě není jasné, zda selhala podávaná protizáchvatová medikace nebo zda se jedná o vzorec podmíněný strukturálním/metabolickým poškozením mozku. Rovněž není jasné, jestli léčbu eskalovat přidáním další protizáchvatové medikace či anestetika.



Obr. 8.3 Návrh klinického managementu pacientů s vzorcem interiktálně-iktálního kontinua (modifikováno dle [3]).

V zahraniční literatuře byl publikován algoritmus managementu pacientů, u nichž nacházíme vzorce spadající pod interiktálně-iktální kontinuum (obr. 8.3).

Pokud nacházíme v EEG vzorec spadající do kategorií interiktálně-iktálního kontinua, je nutné přehodnotit klinická data pacienta [3]. Pokud je v klinických datech přítomný jednoznačný argument pro léčbu, je indikováno nasazení protizáchvatové medikace. Za tento jednoznačný argument může být považováno:

- přítomnost epilepsie v anamnéze
- přítomnost epileptických záchvatů v anamnéze
- akutní strukturální poškození mozku s vysokými rizikem rozvoje epileptických záchvatů, např. subarachnoidální krvácení, intracerebrální krvácení nebo závažné traumatické poranění mozku
- systémové nebo neurologické onemocnění, které může být výrazně zhoršeno při rozvoji epileptického záchvatu, např. rozsáhlý operační výkon v břišní nebo hrudní dutině, rozsáhlá stabilizační operace
- u pacienta došlo k významu zhoršení klinického nebo funkčního stavu v časové korelaci s rozvojem vzorce interiktálně-iktálního kontinua
- jsou přítomny fokální pohyby, které časově korelují se vzorcem interiktálně-iktálního kontinua

Pokud nenacházíme jednoznačný argument pro zahájení léčby, je indikován terapeutický pokus. V případě terapeutického pokusu, pokud to stav pacienta umožňuje, začínáme s **benzodiazepinovým testem**:

- Při pokusu s benzodiazepiny opakovaně podáváme benzodiazepin v nízké dávce a čekáme na zlepšení klinického a EEG nálezu. Pokus je hodnocen jako pozitivní, pokud dochází k současnému zlepšení jak klinického stavu pacienta, tak i EEG nálezu, v tomto případě indikujeme nasazení protizáchvatové medikace. Pokus ukončíme, pokud došlo:
 1. k vymizení EEG vzorce
 2. k rozvoji nežádoucích účinků benzodiazepinů (hyposaturace, hypotenze)
 3. po podání maximální dávky

V případě negativního výsledku indikujeme **test s protizáchvatovou medikací**:

- V tomto případě podáváme intravenózní protizáchvatovou medikaci a čekáme na zlepšení kliniky a EEG nálezu. Je nutné si uvědomit, že ke zlepšení kliniky může dojít až s delší časovou prodlevou (24–48 h)

Benzodiazepinový test a test s protizáchvatovou medikací jsou hodnoceny jako pozitivní, pokud dojde ke zlepšení jak EEG nálezu, tak i klinického stavu pacienta. **V případě positivity benzodiazepinového testu nebo testu s protizáchvatovou medikací vzorec naplnily kritéria jednoznačných epileptických záchvatů nebo jednoznačného epileptického záchvatu.**

V případě negativity jak benzodiazepinového testu, tak i testu s protizáchvatovou medikací je možné v případě pochybností zvážit **další eskalaci protizáchvatové medikace nebo použití anestetik**. Toto rozhodnutí by se mělo opírat o klinická data. Naše rozhodování můžeme podepřít i o výsledky neurozobrazovacích modalit, zde přichází do úvahy především MRI, ale může být proveden rovněž SPECT a PET, nebo o vyšetření biochemických markerů.

Neurozobrazovací modalita s důrazem na MRI mozku. Jedná se o metody, které korelují s aktivitou mozkové tkáně. V průběhu epileptického záchvatu se v epileptogenní zóně objevuje hyperperfúze a hypermetabolismus. Po odeznění epileptického záchvatu je naopak přítomen hypometabolismus a hypoperfúze, tyto změny mohou být zachyceny při PET a SPECT vyšetření. Vzhledem k velmi dobré dostupnosti MRI vyšetření byly změny v souvislosti s epileptickými záchvaty a status epilepticus studovány právě na těchto přístrojích.

■ **Tabulka 8.2** Charakter změn MRI signálu podmíněných epileptickou aktivitou (modifikováno dle [4])

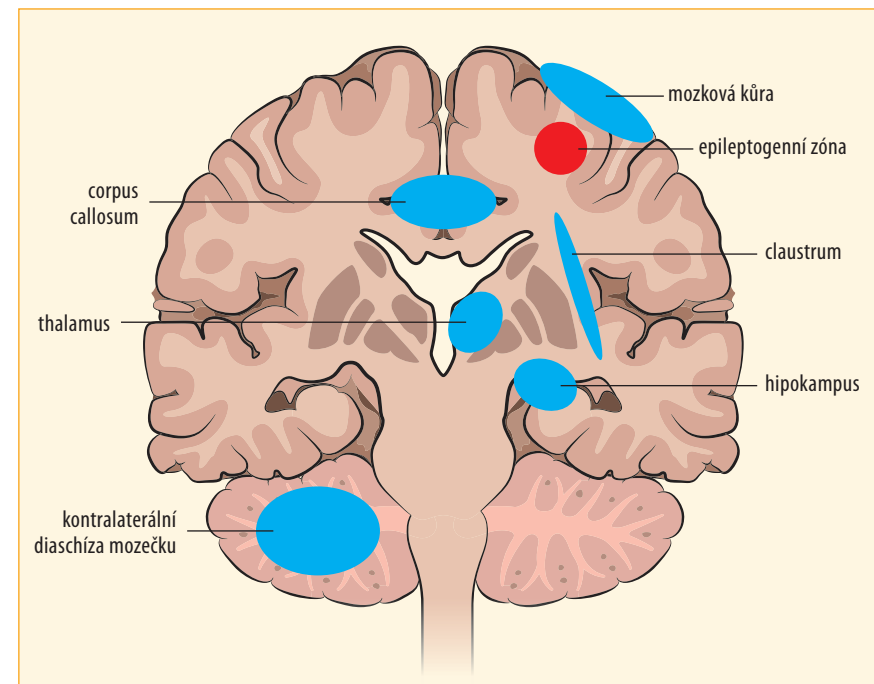
Charakter MRI změn podmíněných iktální aktivitou na jednotlivých sekvencích	Procentuální výskyt těchto změn (%) *
DWI • zvýšení signálu	30
ADC • snížení signálu	30
FLAIR • zvýšení signálu • snížení signálu	22 4
T2 • zvýšení signálu • snížení signálu	78 4
T1 • snížení signálu	19
PD • zvýšení signálu	11
post contrast • enhancement	37

ADC – apparent diffusion coefficient, DWI – diffusion-weighted imaging, FLAIR – fluid-attenuated inversion recovery, PD – proton-density weighted images

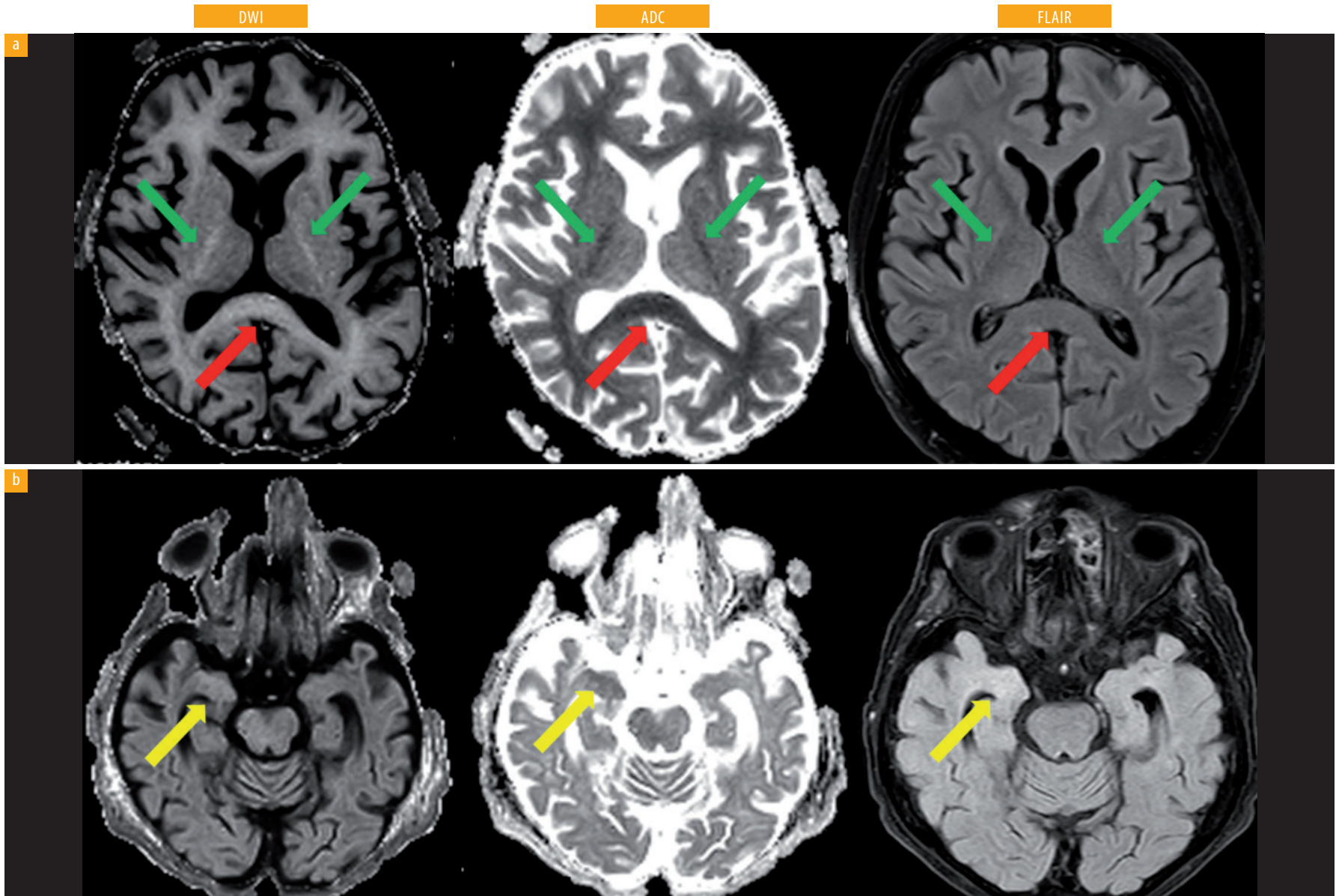
* V rámci publikované studie nebyly všechny popsané sekvence provedeny u všech pacientů, můžeme tedy očekávat vyšší procentuální výskyt udávaných změn MRI signálu

Změny MRI signálu v souvislosti s epileptickou aktivitou jsou přítomny cca u 50 % pacientů. Nejčastěji se setkáváme se zvýšením signálu na T2/FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery) sekvencích, dále jsou přítomny známky restrikce difúze a na ASL (arterial spin labelling) sekvencích mohou být známky hyperperfúze. Nicméně změny na MRI sekvencích mohou mít i jiný charakter a bývá přítomen i jejich vývoj v čase (tab. 8.2) [4].

Nejčastěji bývá postižena mozková kůra, hipokampus, ipsilaterální thalamus, claustrum nebo corpus callosum. Rozsah postižení neodpovídá jednotlivým vasikulárním teritoriím. Často rovněž nacházíme zkříženou mozečkovou diaschízu, což je snížení metabolismu nebo průtoku krve v kontralaterální oblasti mozečku ve vztahu k epileptogenní zóně. Změny v oblasti bílé hmoty a bazálních ganglií jsou spíše méně časté (obr. 8.4, 8.5). Nález typicky regreduje v čase, nejčastěji dochází k jeho vymizení do 3 měsíců [4,5]. Pokud zachytíme výše popsany nález



Obr. 8.4 Distribuce typických změn intenzity signálu na MRI mozku u pacientů s epileptickými záchvaty nebo status epilepticus.



Obr. 8.5 Změny podmíněné iktální aktivitou; a) v oblasti splenia corpus callosum, insul a b) v oblasti pravostranných meziotemporálních struktur. Na obrázku lze vidět změny podmíněné iktální aktivitou v oblasti splenia corpus callosum (červená šipka), insul (zelená šipka) a pravostranných meziotemporálních struktur (výraznější nález je v oblasti amygdaly než v oblasti hipokampu, žlutá šipka). Ve všech třech případech jsou přítomny známky restrikce difuze (zvýšení signálu na DWI sekvencích a snížení na ADC mapách). Změny v oblasti splenia a capsuly nejsou viditelné na FLAIR sekvencích. Změny v oblasti pravostranných meziotemporálních struktur lze detekovat i na FLAIR sekvencích, je přítomno zvýšení intenzity signálu v této oblasti. ADC – apparent diffusion coefficient, DWI – diffusion-weighted imaging, FLAIR – fluid-attenuated inversion recovery.

A

abnormita v EEG 14
– abnormita epileptiformní 15
– abnormita pomalá 14
– abnormita pozadí 14
aEEG monitorace 171
aktivita pozadí (background activity) viz základní aktivita
akutní posthypoxický myoklonus 170
alfa aktivita 10
alfa rytmus 18
atenuace EEG křivky 18

B

benzodiazepinový test 88, 103, 147, 155
benzodiazepiny 105
beta aktivita 10
bipolární zapojení 9
breach efekt 21
brief potentially ictal rhythmic discharges 95, 127
burst-suppression/burst-attenuation vzorec 19, 95
burst-suppression vzorec 44

Č

časná infantilní epileptická encefalopatie 171
časná myoklonická epileptická encefalopatie 172

D

delta aktivita 10
dětská neurointenzivní péče 171
diskontinuální vzorec 19

E

EEG klasifikace pro kriticky nemocné pacienty 8
EEG kritéria u epileptické encefalopatie 156
elektrická aktivita mozku 9

elektrická aktivita mozku 10
– amplituda vln 10
– frekvence 10
elektrický status epilepticus ve spánku 177
elektrografické záchvaty 104
elektroklínické záchvaty 104
encefalopatie 43
epileptická encefalopatie 105
– se vzorcem suppression-burst 171
epileptický záchvat 103

F

FIRES (febrile infection-related epilepsy syndrom) 153
fluktuující vzorec 52
fyziologické EEG 10

G

generalizovaná rytmická delta aktivita 90
generalizované periodické výboje 86

H

hlavní termín 45
– hlavní termín 1 45
– hlavní termín 2 47
– modifikátor 49
hrot-vlna nebo ostrá vlna-vlna 48
hypsarytmie 172

Ch

chronický posthypoxický myoklonus 170

I

interiktálně-iktální kontinuum 132
– klinický management 147
– vzorec 146

K

„katastrofická“ epileptická encefalopatie 177
klasifikace Hellström-Westasové 171
kojenecký věk 172
konvulzivní status epilepticus 153

L

Lanceův-Adamsův syndrom 170
lateralizovaná rytmická delta aktivita 91
lateralizované periodické výboje 88
Lennoxův-Gastautův syndrom 177

M

metabolické vlivy 43
modifikátor
– typy 49
– vedlejší 53
montáže (zapojení) 9

N

nekonvulzivní status epilepticus 153
neuron-specifická enoláza 150
neurovizuální modalita s důrazem na MRI mozku 148
non-REM spánek 13
NORSE (newly-onset refractory status epilepticus) 152
novorozenecký věk 171

O

oboustranně nezávislé periodické výboje 90
Ohtaharův syndrom 171
ostře konturovaná vlna 95

P

- periodické výboje 47
- plus (modifikátor) 53
- porucha vědomí 103
- postnoxická encefalopatie 168
 - obraz status epilepticus 169
 - prognosticky nepříznivé vzorce 168
 - prognosticky příznivé vzorce 169
 - vzorce nejistého charakteru 169
- posthypoxický myoklonus 169
- poznámky pro laboranty k vlastnímu snímání EEG záznamu 16
- pravidlo 10 s 104
- předozadní gradient 21
- předškolní a školní věk 177
 - monitorace status epilepticus 177

R

- reaktivita 21
- REM spánek 13
- rytmická delta aktivita 48
- rytmické a periodické vzorce 45
- rytmus dominující nad zadními oblastmi 10

S

- Salzburská kritéria NCSE 155

- simplexní fokální status epilepticus 154
- skalповé EEG 10
- slow spike-wave complexes 177
- spánkové EEG 13
- speciální EEG vzorce 15
- sporadické epileptiformní výboje 93
- status epilepticus 103, 151
 - bez dominujících motorických projevů 153
 - elektrografický 105
 - elektroklinický 105
 - klinické projevy 151
 - s dominujícími motorickými projevy 153
 - se známou příčinou 152
 - s neznámou příčinou 152
 - u pacientů v kómatu 154
 - v dětském věku 171
 - věk pacienta 153
- suppression-burst 171
- suprese EEG křivky 18, 19
- systém 10-20 9

T

- tau proteiny 150
- test s protizáchvatovou medikací 88, 103, 147, 155
- tvorba názvu 49

U

- unipolární (referenční) zapojení 9

V

- vliv léků 43
- využití standardního EEG v praxi 15
- vyvíjející se vzorec 52

Z

- základní aktivita 17, 43
 - a alfa rytmus 18
 - amplituda 18
 - breach efekt 21
 - frekvence 18
 - kontinuita 19
 - popis 21
 - předozadní gradient 21
 - reaktivita 21
 - symetrie 17
- zdrojové zapojení 9
- zvrát fáze 95