

# Základní podoby učení a myšlení.

Prof. MUDr. J. FABER, DrSc. PRAHA, 2014

Jakákoliv lékařská léčba má být spojena s psychoterapií. Často ji pomocí svých „dobrých rad“, spíše nevědomky poskytujeme. Ale měla by být systematictější a cílenější. Elektroencefalografický bio- feedback (EEG BF), tedy použití zpětné vazby a EEG pro léčbu úzkostí, poruch pozornosti, hyperaktivity nebo epilepsie, by také měla být po dobu sezení vždy doprovázena verbálním kontaktem terapeuta s pacientem.

V tomto článku se budeme věnovat následujícím kategoriím: učení, paměti, myšlení a řeči. Začneme učením a pamětí neboť obojí spolu souvisí jako dvě strany téže mince. Jde o dva složité pojmy zásadní důležitosti. Přes veškerou snahu vědy nejsou zcela probádané, proto zde uvádíme několik pohledů na tento problém.

## Učení a paměť.

Psychofysiologie paměti může operovat s **pojmy interní a externí mechanismy, fyziologické a patologické formy.** Jde tedy o čtyři možné kategorie učení a paměti: interní fyziologické, externí fyziologické, interní patologické a externí patologické.

**Interní fyziologické mechanismy paměti** spočívají v thalamokortikálním reverberačním systému (TKRS), v septohippokampovém systému (SHS, což je v podstatě hlavní část limbického systému - LS) a v aktivitě **pontocerebrálních jader a drah během REM spánku.** (Viz obr. 1) Pro tato tvrzení je známá řada experimentálních i klinických důkazů, kupř. pre- i postnatální insuficience REMu je často spojena s oligofrenií nebo demencí i s epilepsií. Tyto mechanismy jsou definovány geneticky a nejen lidé, ale i všichni savci se s nimi, již dobře vyvinutými, rodí. Stručně mluvíme o zásadním vývojovém vlivu přírody - **nature.**

**Externí fyziologické mechanismy** spočívají od narození na dyadickém vztahu s matkou, tj. na "přimknutí, secure attachment" i na následující výchově a vzdělání, stručně na "kulturogenesi". Jde tedy o zevní vlivy rodiny, společnosti a školy - **nurture.**

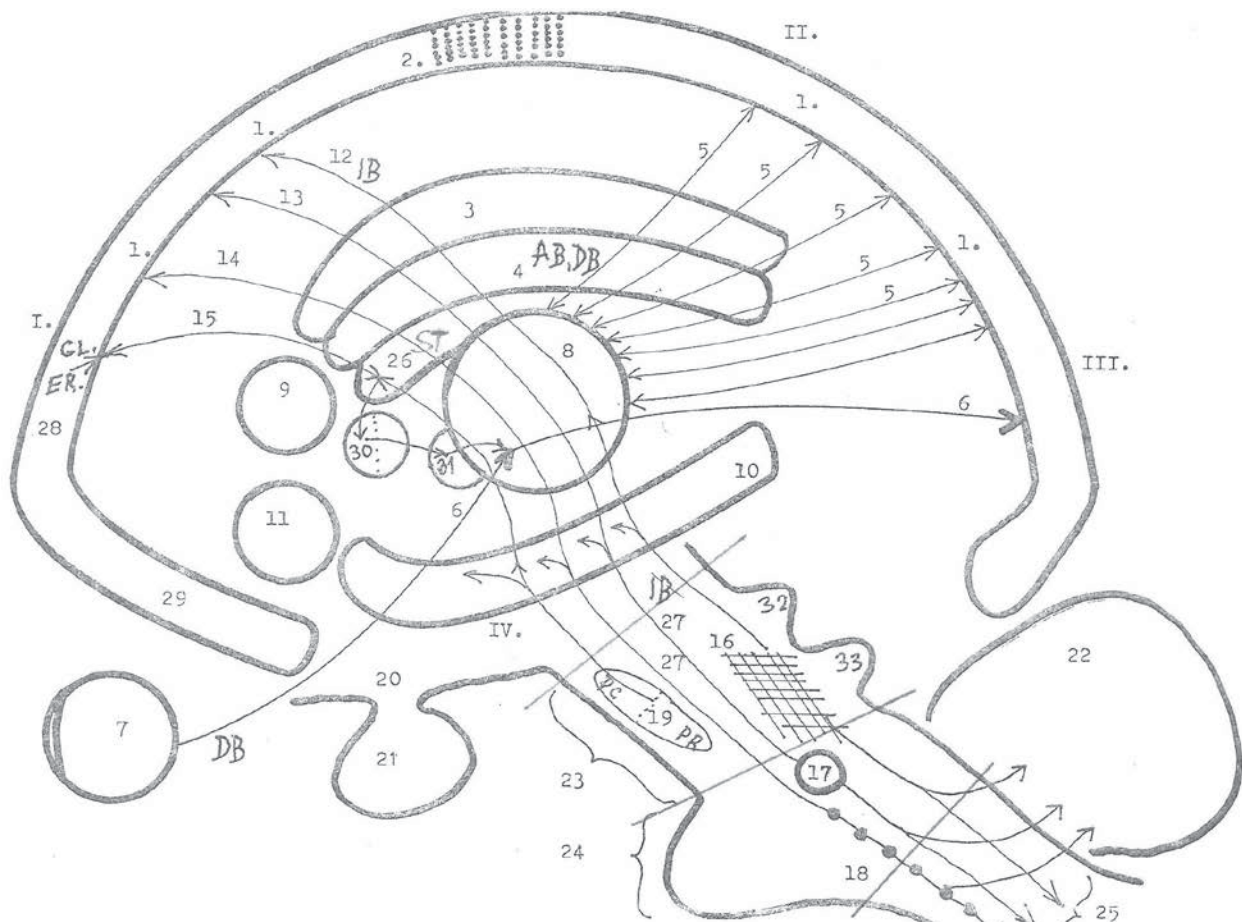
**Interní patologické mechanismy učení a paměti** jsou dané dědičností, kupř. Downova choroba nebo presenilními a senilními degenerativními procesy, kupř. Pickova nebo Alzheimerova demence. Sem patří i kongenitální (vrozené) degenerativní choroby jako je kupř. Wilsonova nemoc se symptomy: epilepsie, hyperkinese, demence způsobená střádáním mědi pro nedostatek jejího bílkovinného přenašeče ceruloplasminu.

Zajímavá jsou bádání Moffita (2002) zjišťující u některých delinkventů mužského pohlaví deficientní chromosom X. Tato organela nejen definuje pohlaví, ale i řadu enzymů, kupř. inhibitory monoaminoxidázy, při jejichž nedostatku může vznikat kupř. hyperdopaminergie vedoucí ke zvýšené agresivitě. Ženy mají dva X chromosomy, muži jen jeden X a druhý do páru je relativně malý Y chromosom definující mužské pohlaví. Ženy tedy mají možnost kompenzovat jeden nedokonalý X druhým X chromosomem od druhého rodiče, který je s velkou pravděpodobností normální. Moffit zjistil, že ani tento genetický deficit na zločinnou kariéru nestačí, ale je třeba ještě prožít nešťastné mládí plné psychotraumat, aby se uvedená latentní anetická a agresivní psychopatická povaha projevila. Život je složitý a **osud je zřejmě dán interakcí mnoha faktorů jak přírodními (nature), tak společenskými (nurture).**

Zřejmě podobné to může být i s jinými úchytkami jako je ADHD syndrom, kde se podezřívá asi 40 genů jako původců symptomatologie těchto poruch. Také zde jsou přítomny kofaktory negenetické povahy jako jsou nemoci matky v těhotenství včetně eklamptických komplikací (diabetes, epileptiformní paroxysmy, dyspeptické poruchy s vitaminovou a proteinovou karencí, toxikomanie etc.), perinatální příhody (hypoxie, vysoký forceps, zkalená plodová voda, dlouhá latence mezi odtokem plodové vody a porodem, silný neonatální ikterus), dále jakékoliv příhody v předškolním věku (vysoké horečky, traumata somatická i psychická, disharmonická rodina, etc.).

U dobře léčených epilepsií se psychické poruchy dnes již téměř neobjevují, ale je-li epileptický fokus (EF) přítomen v LS, může se vyvinout medikamentosně semiresistetní syndrom připomínající na jedné straně „neurosu“ (paroxysmální anxieta, panické ataky, derealizace, insomnie) a na druhé straně i psychosu (bludná apercepce, autistické chování, optické pseudohalucinace, synesthesie) a mohou přicházet i epileptické, hlavně simplexní i komplexní parciální záchvaty, jak to vidíme u epileptosy (Faber 2003).

**Externí patologické učení a další zevní vlivy. Samotné (tedy izolované a bez dalších vlivů) „patologické učení“** je vlastně "encefaloprogramopatie" daná abnormální výchovou v období přimknutí (attachment), kupř. "insecure resistant attachment" nebo "insecure avoidance attachment" (Bowlby 1995, Faber a Pilařová 2001). Prostředí s nedostatkem jodu vyvolává kretenismus, při nadbytku fluoru může klesat inteligence. Může jít také o postlesionální psychopsyndrom, kupř. posttraumatiký, postencefalitický, postintoxikační (kysličník uhelnatý, olovo, rtuť, chronický ethylismus /Korsakovův syndrom nebo Wernickeho encefalopatie/, návykové drogy apod.).



*Obr.1 Podélný, sagitální průřez mozem. Struktury popisujeme zprava zdola směrem vzhůru: medulla oblongata (25), prodloužená mícha, kde jsou centra pro řízení dechu, krevního tlaku a srdečního pulsu a také NR = nuclei raphe (18), což jsou nespecifická humoroerní centra s dlouhými vlákny (14), která na svém zakončení v synapsích vylučují přenašeč čili transmitter, v tomto případě serotonin regulující synchroní spánek (NONREM) a dobrou náladu. Směrem dolů oblongáta vystupuje skrze foramen occipitale magnum z krania (mozkovny) a pokračuje dále jako mícha hřbetní (medulla spinalis).*

Směrem nahoru přechází oblongáta do Varolova mostu (24), kde jsou centra pro regulaci paradoxního spánku (REM), kupř. noradrenergní locus caeruleus (LC),(17) a acetylcholinergní jádra nucleus pedunculopontinus et nucleus laterodorsalis. Dlouhá vlákna z těchto center (13) vedou opět do různých etáží mozku včetně kortexu (1).

Z pontu vedou masivní vlákna do mozečku, cerebellum (22), přicházejí z vestibulárního aparátu, míchy a kortexu a slouží rovnováze, hrubým i jemným pohybům a zřejmě i mentaci. Při stimulaci cerebella se tlumí epileptická aktivita i psychotické projevy. Tyto choroby mívají atrofii cerebella.

Směrem vzhůru přechází most do mesencefala (23), midbrain, střední mozek, kde se nachází retikulární formace (16), která udržuje svým vlivem naši bdělost, opět pomocí dlouhých a rozvětvených vláken (12), nazývá se také ascendentní retikulární aktivační systém, (ARAS). Coliculi rostrales (32) jsou hlavní subkortikální optická jádra a coliculi distales (33) jsou podobná akustická jádra.

Mesencefalon přechází (na obraze vlevo) do hypotalamu (20), nejvyššího neurovegetativně-hormonálního centra, z něhož jdou vlákna do hypofysy (21), odkud se vyplavují do krevního oběhu řídící hormony pro žlázy s vnitřní sekrecí, kupř. ARH, (adrenokortikotropní releasing hormon) z hypotalamu jde cévami do předního laloku hypofysy, kde způsobí vylučování ACTH (adrenokortikotropní hormon), jenž vyplaven do krve způsobí asi po 10 minutách sekreci adrenalinu ze dřeně nadledvinek a kortikoidů z kůry nadledvinek. Toto je hlavní stresová cesta, kterou organismus odpovídá na stresy různého druhu, somatické (bolest, hlad, zima, horko, horečka, nevyspání) i psychické (rozčilení, zloba, smutek ze zevních příčin etc.). Hanel (1999, podle Holmes and Rahe, 1967) uvádí škálu stresu v procentech: úmrtí druhá (100%), rozvod (73), nemoc nebo úraz (53), svatba (50), gravidita (40), sociální problémy (39), nový člen rodiny (39), finanční problémy (38), změna životních podmínek (25), pracovní problémy (23), změny pracovního času (20), přestěhování (20), poruchy spánku (16), dovolená (13), vánoce (12%).

Na basi temporálního laloku je uložen archicortex, tj. hippocampus (10 se třemi vrstvami neuronů), kde je paměťový registr, sídlo emocí, motivační impulsy, na jeho konci je amygdala (11) opět s emocemi, nazývaná také „jádreem strachu“, výše je thalamus (8, donátor rytmu pro neocortex), kam konvergují všechny smyslové dráhy a odkud jdou miriády vláken (5. 6) do neocortexu (1, se šesti vrstvami neuronů, zaujímá 90% plochy veškerého kortexu), kde je sídlo konkrétního a abstraktního myšlení, vnímání, bdělosti, vědomí, řeči atd. Striatum (26, ST) a pallidum (30) patří k basálním gangliím s motorickou a paměťovou funkcí. Corpus callosum (4) je asi 500 milionů vláken spojujících obě hemisféry, ženy mají více vláken. Gyrus cinguli (3) patří k neokortexu, ale funkčně má blízko k limbickému systému. Oko (7) posílá do thalamu milion vláken Septální jádra (9) jsou donátorem rytmu pro hippocampus.

Písmena představují kybernetickou analogii s „čipem“: IB = instruction buses, soubor vláken nesoucích programy, tj. návody, jak zpracovat data, DB= data buses, tj. vlákna dopravující konkrétní informace ze smyslů (DB),

AB = adress buses, tj. vlákna dopravující data na další adresy k dalšímu zpracování.

**Dynamický pohled na učení** sleduje tento proces z hlediska času. Jde o **bezprostřední (BP, immediate memory = IM), krátkodobou (KP, shortterm memory = SM) a dlouhodobou paměť (DP, longterm memory = LM).**

Během vigily přijímáme informace pomocí svých smyslů (oči, uši, hmat, čich chuť) a přeměňujeme je na neuronální signály – impulsy. Tyto vzruchy (impulsy) putují ve stovkách miliard celý mozkem a jsou do jisté míry synchronizované, tj. shromážděné do skupin a proto je můžeme většinou dobře sledovat jako vlnění pomocí elektroencefalografu (EEG).

Aktivace periferního smyslu, kupř. oka, ucha, kde se transformuje světlo (vlnění elektromagnetické pole) a zvuk (akustické vlnění hmotného prostředí) na sled neuronálních impulsů (elektrochemické podstaty) v nervových buňkách. Je to děj v rozhraní (interface) odehrávající se ve dvou různých prostředích, tj. v okolním světě a ve vnitřním světě živého organismu. Jde o rychlost a přesnost zobrazení toho světa zevního do vnitřních struktur. To je však, řekněme si to hned, dosti nepřesné čili „fuzzyfikované“. Zevním podnětem vznikají ve smyslech sledy impulsů řečené SNI (sekvence neuronálních impulsů) v nichž jsou „obrazy“ zevního světa zakódované. Psychologicky jde o vnímání čili percepce.

Ze smyslů jdou impulsy do thalamu. Mezi thalamem a kortexem impulsy dlouhodobě krouží, proto mluvíme o thalamokortikálním reverberačním systému (TKRS). Po logické stránce **je tato cirkulace iterací, které způsobuje zpřesnění vnímání, „defuzzyfikaci“ a identifikaci vnímaného čili kognici. Kroužení impulsů v TKRS je nejen základem bezprostřední paměti (BP), ale i mechanismem vědomí:** uvědomování si sebe a svého okolí, uvědomování si toho, že si uvědomuji svou existenci a některé své psychické procesy. Poslední pojem nazýval profesor Vondráček (1959, 1995) „ultrasensibilitou“. Může jít o základ 2. signální soustavy (Pavlov 1925). Je to první krok k vytvoření psychického jáství (Ego) a noogenese.

TKRS produkuje nejen regulerní, ale i náhodné proměnné, tzn. že na jedné straně je obtížné řídit takový systém se stovkou miliard neuronů, ale na druhé straně poskytuje tento systém mnoho stupňů volnosti s možností potlačit funkční fixaci, porušit zavedený dynamický stereotyp nebo uskutečnit logický skok. Takový systém může produkovat psychosu nebo epilepsii, ale i genialitu. Vondráček (1959) popisuje v anamnesách psychotiků častější výskyt nadprůměrně inteligentních lidí. Již Seneca cituje Platóna: „marně klepe na bránu poesie, kdo je úplně při smyslech“ nebo Aristotela: „každý genius má v sobě trochu šílenství“.

Během BP se musí vytvořit dočasné paměťové stopy, nejspíše v podobě lokální depolarisace neuronální membrány, vedoucí k otevření kalciových kanálků a ke vstupu kalcia intracelulárně. Zde pravděpodobně končí fáze cirkulace impulsů a nastává **dočasná fixace paměťové stopy, čili přechází zde bezprostřední paměť (BP) do krátkodobé (KP).** Uvedené děje jsou naprosto neuvědomované.

Jsou to hypotetické enzymy aktivované kalciumem, které dále stimulují tzv. transkripty, kupř. CREB. Ten dokáže najít vhodný „lokus“ v nukleární DNA neuronu, okopírovat část DNA a sestříhat (splicing) kopii v podobě messengerové RNA (mRNA). Toto je proces transkripce. Podle této mRNA se vytvoří v buněčných polysomech speciální bílkovina (kupř. synapses strengthening protein, SSP), což je proces **translace**. SSP posiluje ta místa na neuronální membráně, která byla silně depolarizována právě došlými intenzivními impulsy.

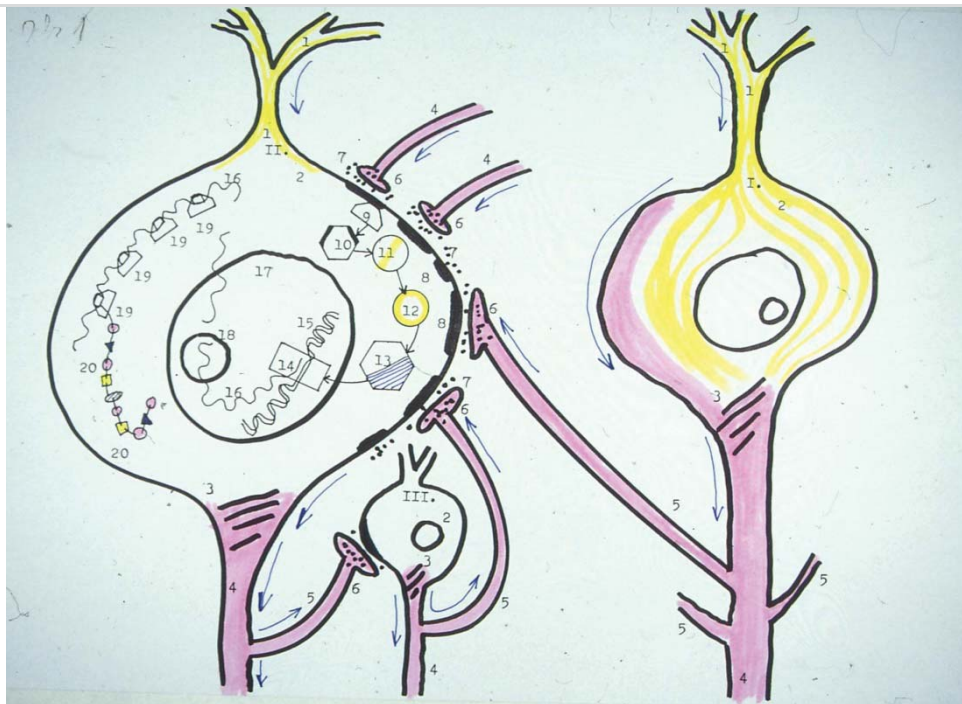


Tak se fixuje jisté místo na neuronu, jehož podráždění je vhodné si „zapamatovat“ (Hall 2003, Fields 2005). V procesu se mohou angažovat i jiné látky, kupř. protein S-100 nebo podle Hydéna (1974) „memory“ proteiny, které mají oproti běžným proteinům převahu některých aminokyselin, kupř. glutaminu. Ampakiny by měly být látky zlepšující paměť.

Těmito procesy se mění krátkodobá paměť (**KP, shortterm memory = SM**) na **dlouhodobou paměť (DP, long term memory = LM)**. Uvedený mechanismus fixace paměťových stop v neuronech je zřejmě složitý a vyžaduje ke své realizaci dosti času. Proto mozek savců využívá období relativního klidu, tj. spánek. Battaglia et al. (2005) uvádí jisté uspořádání impulsů (SNI) během pohybu krysy v bludišti a jeho poměrně přesné repetování během fází spánku.

Experimentální zvířata i lidé po zatížení tělesnými výkony mají zvýšené množství NONREM a po zátěži psychickými a emočními testy mají zvýšení REM spánku. Různé fáze spánku jsou velmi důležité pro endokrinii. Díky fenestraci kapilár v plexus chorioides, eminentia mediana hypothalami, v area postrema oblongáty a v epifyse se dostávají vysokomolekulární látky jako proteiny nebo hormony lehce z krevního oběhu přímo do mozkomíšního moku, mozkové tkáně a také putují i opačným směrem. To je velmi důležité pro klinickou informaci: nevyspalé dítě po domácích šarvátkách nemá ani spánkem ani hormony dobře regulovaný mozek. Prosser et al. (1997) zjišťuje u 115 dětí s psychiatrickými poruchami chování a s ADHD zvýšenou plasmatickou hladinu GABA. Zřejmě u těchto syndromů nejde jen o neuronální, ale i humorální dysregulaci. Sami jsme našli u 30 dětí s ADHD časté perinatální asfyxie, genetickou zátěž, vyšší hladiny olova a lithia, poruchy imunity a nižší hladinu hemoglobinu (Faber 2003, Faber et al. 2001, 2002).

Centra v mozkovém kmeni regulují vigilitu a spánky a ovlivňují sekreci hormonů z hypothalamu a hypofyzy. Tyto hormony (kupř. prolaktin, somatotrofní hormon, testosteron apod. vylučované hlavně ve spánku) mají protektivní vliv na mozek a současně zlepšují učení a zlepšenou proteosyntézou zdokonalují dlouhodobou paměť (DP, LM). Při častém používání některých úkonů se paměť dále zdokonaluje, na neuronech se vytvářejí další synapse i tzv. trny (spines) tj. výrůstky na dendritech, na nichž se pak napojuje několik synapsí. **Tak se paměťové stopy v nervové tkáni „petrifikují“ a software se stává anatomickou strukturou tedy hardwarem.**



Obr. 2 (I.II.III.= neurony, 1 = dendrity, 2 = soma neuronu, 3 = axon hillock generuje impuls, který jde po neuritu 4 na další neuron III., 5 = odbočky čili kolaterály neuritů, 6 = synapse.) Na některá místa neuronu dopadají v synapsích větší množství impulsů než na jiná místa. Tato místa jsou pak depolarisovaná a mohou způsobovat různé metabolické reakce: reakce A (Kandel a Schwartz 1985), reakce B (Hall 2003, Fields 2005.). Reakce A: kapky neurotransmiteru (kupř. acetylcholinu, dopaminu (7) aktivují v postsynaptické densitě (8) G-protein (9), ten aktivuje cyklickou adenosinmonofosfatázu (cAMP, 10) ta mění ATP (11) na cyklický adenosinmonofosfát (12) aktivující proteinkinázu (13), jejíž regulační podjednotka vstupuje do jádra neuronu a způsobí transkripci (14). Takto vzniklá mRNA (16) vycestuje z jádra a spojí se se serií ribosomů (19, polysomy) a následující translace vede k proteosyntéze. Takto vzniklý protein (20) slouží obvykle jako katalysátor a ten pak je koproduktorem kupř. dalšího transmiteru nebo se stane mikrostrukturou neuronu.

Reakce B je tato: neurotransmitter (kupř. glutamát (7) přenese vzruchový signál v synapsi z jednoho neuronu na druhý v podobě impulsů, opět způsobí postsynaptickou (8) lokální depolarizaci, otevírání calciových iontových kanálků a produkci hypotetické signální molekuly (HSM, 21), která aktivuje "osu synapse-nucleus". Nucleolus (18) obsahuje také RNA. Opakovaná stimulace a HSM aktivuje protein CREB (17) v jádře neuronu. CREB je transkripční faktor, tzn. že způsobí transkripci, tj. kopírování genetických informací z DNA (15) na messengerovou RNA (mRNA). Tento proces je již podobný A reakci. Kopie DNA, tj. mRNA vycestuje z jádra a spojí se s polysomy (19) a translací nastane proteosyntéza. Vznikne speciální "synapsi posilující protein" (20, 22) (synapse - strengthening protein, SSP). SSP posiluje speciálně již dříve velmi aktivované postsynaptické receptory (kupř. glutamátové) a zvyšuje tak dlouhodobě jejich vnímavost. V těchto místech jsou efektní tzv. ampakiny zvyšující paměť. Tak se asi realizuje dlouhodobá paměť v neuronu. Lze si představit i jiné mechanismy paměťových stop, kupř. poststimulační aktivace "fos-like" látky (Merchant-Nancy et al. 1992) nebo proteinu s rychlou změnou struktury (ultrafast folding protein). Proto zlepšení kognice nastává po léčbě phenserine, donepezil, rivastigmin (používaných u morbus Alzhemier), po modafinilu (užívaný u narkolepsie) nebo po methylphenidátu (užívaný u ADHD syndromu).

**Nakonec se zmíníme o tradičním statickém pohledu na psychologii paměti a učení.** Lze rozlišovat deklarativní (explicitní) a nedeklarativní (implicitní) paměť. **Deklarativní paměť** dále dělíme na episodickou (pamatujeme si, co a kde se stalo, kupř. události na štědrý den, na školní výlet, divadelní představení, etc), a **sémantickou** (v paměti máme také holá fakta, aniž bychom si byli vědomi, kdy a kde jsme jich nabyli, kupř. historická data z dějepisu, zeměpisné, jazykové nebo hudební vědomosti, matematické nebo chemické rovnice). Anatomické sídlo těchto paměťových engramat je především v hippokampu, což je zajímavé neboť zde je i sídlo emocí a motivačních impulsů. Je to však i část hypothalamu, kupř. corpora mammilaria, fornix, septální jádra a části ARAS, které mají vliv na paměť. Víme ze zkušenosti, že studium, jehož téma se nám líbí, si podstatně lépe zapamatujeme než to nezáživné. Nezáživnost je ovšem subjektivní prožívání.

**Nedeklarativní paměť** se dále dělí na **dovednost** (skill), (jízda na kole, plavání, řemeslné dovednosti), **doplňování slov** (jako test se dává zapamatovat si řadu slov a retest je doplňování částí slov na slova celá). Tuto paměť dále dělíme na **neasociativní učení** (senzitivace, původně irrelevantní podnět se opakováním stane obtížným, nepříjemným), desenzitivace (původně významný podnět, kupř. zvuk klaksonu, se stane nedůležitým, není-li doprovázen relevantní událostí), habituace se podobá desenzitivaci (s tím rozdílem, že původní podnět nebyl nikdy důležitý) a konečně deshabituace se podobá senzitivaci s tím rozdílem, že původní habituovaný podnět se stane významným, protože začne doprovázet důležitou událost, kupř. krysa se znovu začne lekat při zvuku klaksonu, protože tento již habituovaný podnět začal být de novo doprovázen třeba malou elektrickou ranou do podlahy klece.

Další druh **nedeklarativní paměti je asociativní učení**: Pavlovovské a operantní. Anatomické struktury nedeklarativní paměti mají být lokalizovány v cerebellu a basálních gangliích (Atkinson et al. 1995, Bouchal a Konečný 1966, Říčan 1972).

**Nedeklarativní asociační učení podle Pavlova** je podle klasických představ založeno na dvou zevních podnětech a jejich konstantní časové vzdálenosti a závislosti: první je podmíněný podnět „varující“ (kupř. světlo, dotyk nebo zvuk, PP) a následující je nepodmíněný, tzv. imperativní (kupř. podání potravy nebo bolestivý podnět NP). Po vypracování podmíněného reflexu opakováním obou podnětů může vyvolávat sám PP i bez NP reflexní odpověď (kupř. slinění po aplikaci světla). Je to odpověď získaná učením, tj. dočasným dynamickým spojením. Nebude-li mít takové spojením v budoucnu biologický smysl, tj. nebude-li po světle vždy podána potrava, bude tento reflex vyhasínat. Jinými slovy podmíněný reflex může bez občasného posilování, tj. spojováním obou podnětů (PP a NP), zanikat.

Nedeklarativní asociační operantní podmiňování (Serman a Friar 1972) je založeno na jednom vnitřním a jednom zevním podnětu a navíc je inverzní, čili zpětné (Dostálek, 1976) tj. vnitřní nepodmíněný podnět (kupř. SMR vřeteno v EEG) se objeví jako první a následující podmíněný podnět (kupř. odměna) jako druhý podnět. EEG BF je založen na začátku učení na náhodné přítomnosti žádaného EEG grafoelementu (GE), kupř. sensorimotorického rytmu (SMR).

TKRS stále produkuje všechny rytmy od 1 do 30 Hz a je jen otázka času, kdy přijde i SMR (o frekvenci 14 - 18 Hz). A objeví-li se žádoucí GE (grafoelementy), dojde k odměně, což mozek, především jeho limbický systém „kvituje s povděkem“ a „chce“ tuto situaci opakovat. Tak dochází k nejpozoruhodnějšímu jevu v EEG historii, tj. k jakési **transmutaci vůle do podoby EEG změny**. Během řady léčebných sezení se situace (fixace EEG GE s odměnou) opakuje stále častěji. Žádané EEG GE jsou stále častější, a proto prosazují své vlastnosti, v tomto případě (EEG GE = SMR) je to motorická inhibice (dítě se stále lépe ovládá) a zlepšená fokusace pozornosti (dítě

se stále lépe soustředí), (Howard et al. 1982, Faber et al. 2002). EEG BF, EMG-bio-feedback, posilování análních nebo urinálních (mikčních) sfinkterů a pod. patří také mezi operantní podmiňování.

Pro BF můžeme použít jakýkoliv přístroj, který dokáže citlivě změřit změny elektrické, metabolické nebo oxidační změny. Použili jsme pro feedback několikrát i tzv. NIRS (Near Infrared Spectrograph), který sleduje hladinu oxy- a deoxyhemoglobinu v kortexu. Přestože měřená latence změn v mozku je větší než při EEG, ukázalo se, že i tento přístroj je pro BF léčbu vhodný.

R. Christopher deCharms et al. (2005) použili nový velmi rychlý fMR přístroj, který pracoval v aktuálním čase (real time functional Magnetic Resonance Imaging – rtfMRI). Vyšší rychlost umožnila, aby proband mohl reagovat dostatečně rychle na každou novou situaci. Autoři zjistili při tomto tréniku zlepšení schopnosti ovládat hyperaktivitu v rostrální (přední) části gyrus cinguli (GC) a tím i potlačovat bolest a zlepšovat pozornost.

Podle důkazů z izotopových studií (PET) víme, že GC je také místem, kde pociťujeme tělesnou i duševní bolest (Posner a Raichle 1994). U depresivních nemocných byla zde nalezena zvýšená aktivita. Dobrovolníkům byla způsobena bolest pálením horkým předmětem nebo byly „zkoušeni“ standardizovanými psychologickými testy a současně byla nalezena zvýšená aktivita v GC. To znamená, že duševní trýzeň a tělesná bolest má mnoho společného a trvá-li dlouho, je nesnesitelná a velmi stresující. Uvedená klinická sledování byla prováděna také u nemocných trpících chronickými bolestmi. Bolest představuje významný vnitřní šum, a proto její potlačení téměř automaticky vede ke zlepšené pozornosti.

J. Lévesque et al. (2005) použili BF u 20 dětí se syndromem ADHD. Klinický experiment byl doprovázen kontrolní fMR a Stroopovým psychologickým testem. Výsledky byly nadějně, rychlost správné odpovědi se po BF zrychlila. Ukázalo se, že BF má schopnost zlepšit funkce některých mozkových struktur, kupř. zvýšit metabolismus horního temenního malého laloku vlevo (Brodmannova area 5 a částečně 7) a přední části již výše jmenovaného GC. BF byl tedy účinný v místech, kde se vytváří selektivní pozornost.

## Myšlení a řeč.

U každého člověka je geneticky a elementární předškolní výchovou dán nevědomý a automatický proces myšlení (mentace, noesis), jeho produktem je myšlenka (idea, noema). I analfabetický jedinec má myšlení spojeno s verbálním procesem, tj. schopností rozumět a vytvářet slova. Myšlení můžeme dělit podle různých kritérií, kupř. podle představ, které ho doprovázejí, se může jednat o **myšlení motorické, imaginativní a propozicionální**. Motorické myšlení je výplodem konkrétních představ o okolí, o našem vlastním pohybu a chování, o reaktivitě, jeho produktem je pohyb nebo alespoň představa pohybu. Neurofysiologickým základem myšlení je TKRS.

Imaginativní myšlení je zřejmě doprovázeno sensorickými, především visuálními představami, velmi jasnými u malířů, u hudebníků, hlavně kompositorů zřejmě akustickými. Obojí typ myšlení, motorické a imaginativní, se realizuje kupříkladu výrazně v paradoxním spánku, což svědčí o symbolicko- atavistickém a reaktivním způsobu myšlení v tomto druhu spánku se sněním.

Primitivní konkrétní myšlení ve vigilitě i snění probíhá také na své nižší úrovni i u zvířat a souvisí s učením, pamětí, podmíněnými reflexy a s dynamickými stereotypy. Experimenty dokazují, že úspěšné učení u zvířat je následováno zvýšením paradoxního čili REM spánku. A naopak víme, že apriorní porucha REM spánku vede k poruše učení. Něco podobného nastává samozřejmě i u lidí, jen s tím rozdílem, že zátěž učením musí být nejen racionální, ale i emocionální, více soustředěná na prestiž a „ego“. Augmentace REMu je u lidí také závislá

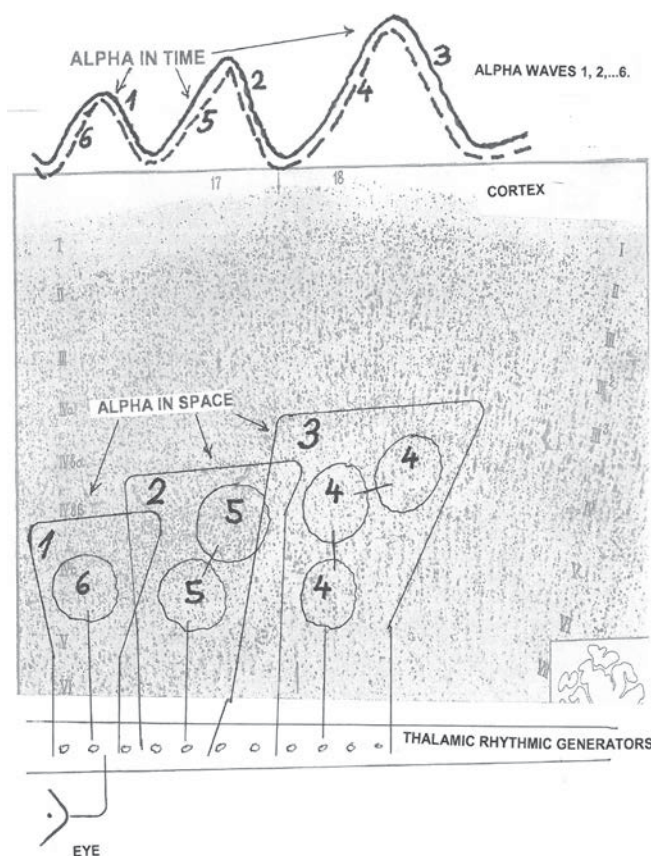


na typu osobnosti, je totiž výraznější a konstantnější u supresorů než u sensorů podle Eysenckovy škály neuroticismu (Cohen 1975).

Propozicionální myšlení je již abstraktnější proces, který probíhá v obecnějších představách, vlastně již v pojmech, je verbálně a pojmově abstraktní. Je tedy podstatně vývojově, fylogeneticky i ontogeneticky progresivnější, zřejmě je typické jen pro lidskou mentaci. Toto myšlení je také efektnější a rychlejší než myšlení věcné, které je závislé na podmíněných reflexech a konkrétních událostech jako je tomu u dětí asi do tří let věku, u oligofreniků a experimentálních zvířat.

Myšlení motorické a imaginativní probíhá méně vědomě, více automaticky a je zřejmě dominantní při EEG BF tréninku. A naopak propozicionální myšlení je proces více uvědomovaný, tj. volutárně konstruovaný a méně automatický. Uvedenými druhy myšlení vznikají obecné představy, lze říci „pojmy“ na své úrovni, které jsou vývojově stupňovány a dále hierarchicky uspořádány od primitivních dětských pojmů (kupř. „jablko, spolužák, potok“) po stále abstraktnější (kupř. u středoškolské mládeže pojmy jako „domov, povinnost, hra, láska“), ještě později pojmy „zásada, průměr, válka“ až po vysoké abstrakce, které jsou někdy i odborného původu jako „pravda, vztah, koeficient, modus, funktor“ apod.

Myšlením tedy vznikají pojmy, které představují svým způsobem více nebo méně ohraničenou množinu určitých abstrahovaných vlastností subjektů (člověk, starosta, pan Horák), objektů (dům, řeka, město), stavů (teplota, hustota), a dějů (bouře, jednání, schůze). Pojmy mají své názvy, jména, od konkrétních po abstraktní, od specifických po obecné, kupř. pes, šelma, savec, obratlovec, metazoon.



Obr. 3. Zcela nahoře je schéma třech alfa vln, jejichž amplituda stoupá (alfa 1 až 3, alfa ascendens = ALAS) a čárkovaně je patrna druhá polovina alfa vřetene (alfa vlny 4 až 6, alfa descendens = ALDE), kdy amplituda klesá. Tak se chová normální vřeteno alfa vln, je fusiformní (spindle like) a je produkováno reverberací stovkami miliard vzruchů (impulsů) cirkulujících mezi thalamem a kortexem během jedné vteřiny, také mluvíme o náboru (recruiting). Křivka je projevem aktivity TKRS rozkreslené v čase. Dolní polovina obrazu ukazuje, jak se tento děj odehrává v prostoru kortexu. Číslo napsané v podivných lichoběžnících jsou tytéž alfa vlny jako zcela nahoře, ale znázorňují ohraničení neuronální populace, která pozvolna narůstá (alfa vlny 1 až 3) a pozvolna klesá (alfa vlny 4 až 6). Během ALAS neurální populace enormně narůstá a je aktivováno mnoho, i zcela nevhodných neuronů. Během ALDE klesá počet neuronů, protože se provádí jakási selekce a funkčně nevhodné neurony jsou eliminovány. K tomuto výkladu byl použit matematický model arteficiální neuronální sítě podle A.G. Ivachněnka a Müllera (1984), Šnorka 2004) a částečně Berka a Tondl (1967. ( V pozadí malé tečky znamenají neurony, jde o optický koniokortex, arey 17 a 18 se 6 vrstami, podle Sarkisova a Filimonova 1955).

Mentace a vývoj řeči šly asi ruku v ruce. Některé Brodmannovy arey (1906) jsou podobně aktivovány během mentace i během řeči. Vývoj produkce fonémů s **artritickou funkcí** řečeno Heverochovou (1913) terminologií, bychom mohli lokalizovat do Brocova centra v areách 44 a 45. Z fonémů se skládá **morfém**, tj. již celé slovo, kupř. matka, mother, la mère, die Mutter, mať, mater latinsky i řecky. Podle Heverochova je slovo již **meristickou funkcí**. (Byl to profesor Pelikán, kdo vzkřísil Heverochovy myšlenky). Tuto funkci lokalizujeme do areí 45 a 46. Konečně máme v mozku funkce pro **semém**, což je transkulturální pojem, obecný symbol pro verbální pojmy, který již nemá slovní – verbální – vyjádření, ale všem lidem mluvícím v různých jazycích je jasné, co značí pojem „matka, otec, lov, jablko,“ i obecnější pojmy jako „mírumilovnost, válka, chtivost, srovnání“ apod. Dle Heverochova mluvíme o **mnestické funkci**. Jde tedy o převod semému na morfém v areách 46 a 47 frontálního laloku, tj. převod onoho transkulturálního nonverbálního symbolu na verbální symbol, který je pak vysloven jako slovo nebo napsán jako grafický znak (**grafém**).

Analýza slyšeného fonému je v areách 41, 42, morfému 21, 22. Konečně na pomezí mezi parietálním a temporálním lalokem v areách 39 a 40 se odehrává opačný proces, tj. převod slyšeného morfému nebo viděného grafému na semém.

Slova samozřejmě silně facilitují myšlení a mezilidskou komunikaci. Avšak lze myslet i v neverbálních symbolech, i když asi méně abstraktních jako je kupř. posuňková řeč surdomutistických osob. Existuje však i vysoce sofistikované myšlení s vlastní neverbální specifickou grafickou symbolikou jaká je v matematice či v hudbě.

Mentální a verbální podoba pojmu se vytváří v dětství a posléze celý život. Obě podoby v sebe přecházejí a jsou-li dobře asociovány, vzájemně se dobře podporují a posilují. Z nálezů na PETu se ukazuje do jisté míry potvrzení Heverochovy hypotézy, kupř. centrální exekutivní jednotka uložená prefrontálně sjednocuje velmi abstraktní vizuální (area 8) a auditivní (area 10-12) verbální složky pojmu. Frenologická smyčka se realizuje zřejmě subkortikálními, asociačními, komisurálními (především prefrontálními) vlákny a v TKRS i drahami mezi nucleus ventralis anterior thalami a prepotorickým kortexem.

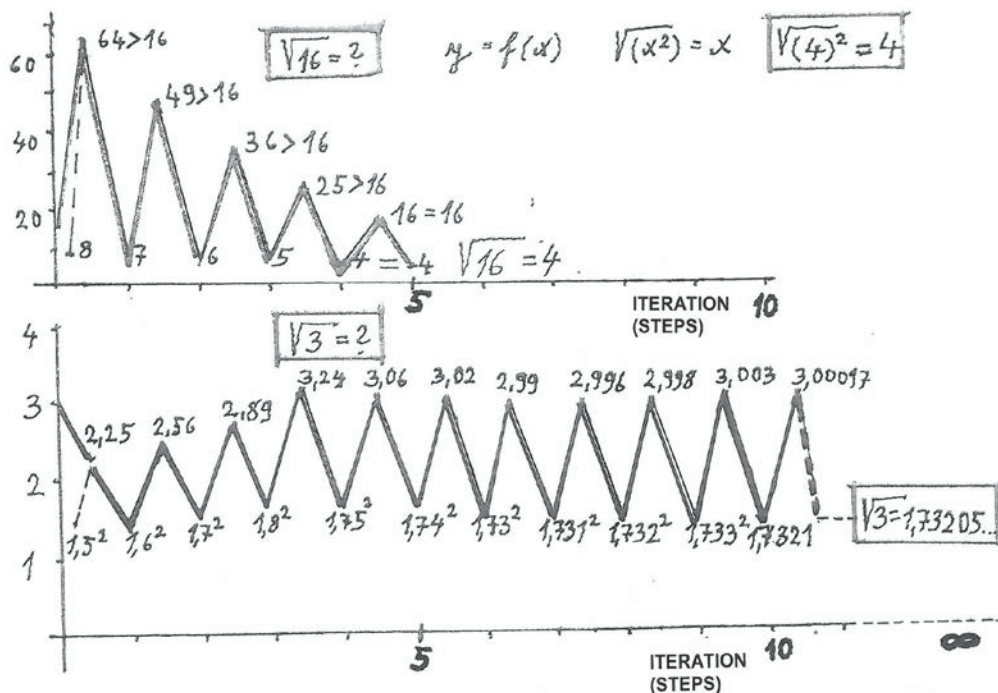
Další asociace je visuospeciální (tzv. visuospeciální schéma) mezi parietálními areami (5 a 7) a temporálními areami ( areae 21 a 22). Nutno zdůraznit arey 39 a 40, které jsou na pomezí

temporoparietookcpitálním a připomínají Hrbkovo (1968) logestetickoproprioceptivní centrum, kde se převádí viděná a slyšená slova na transkulturální semém. Posledně jmenované centrum je zřejmě kontrapunktem sémantické arey 47 v supraorbitálním kortexu, která vytváří přesný opak, tj. převod sémému na pronášené slovo.

### Fraktály a atraktory v EEG křivce.

Nikdo nepochybuje o složitosti EEG křivky. Víme, že je v ní „schováno“ mnoho dalších neobjevených informací. Často jsme příjemně překvapeni zajímavými výsledky po aplikaci nové analýzy EEG signálu. Současně se přesvědčujeme, že EEG křivka je nestabilní čili quasistacionární a nepravidelná čili kvasiperiodická, což je dáno nejen přemírou harmonických, ale i neharmonických čili náhodných proměnných (Faber et al. 1975).

Novější obor matematiky o chaodynamických jevech zjišťuje, že složité jevy, zdánlivě determinované, obsahují periody šumu. Evoluce i náhlé příhody v kosmu, v pozemské meteorologii i v našem mozku jsou vhodnými příklady složitých systémů obsahujících pravidelné i nepravidelné cykly, občas přicházejí „erupce, bouře a nápady či záchvaty“. Chování systému lze vyjádřit graficky trajektorií. Na obraze 4 přinášíme primitivní příklady, jak se může chovat atraktor nebo fraktál.



Obr. 4. Horní křivka ukazuje „trajektorii“ odmocňování čísla 16. Každou rovnici si lze představit jako systém, proměnné  $x$  jsou vstupy,  $y$  je výstup, a rovnice sama představuje operaci čili transformaci jako v každém jiném systému. Odmocnění probíhá podobně jako v počítači. Máme nalézt odmocninu čísla 16. Odhadem vezmeme číslo, (asi polovinu z odmocňovaného čísla, tedy 8), které povýšíme na druhou a zjistíme, že je příliš velké (zde 64). Proto vezmeme číslo o jednu menší (7), opět povýšíme na druhou (49), opět vezmeme číslo o jednu menší (6), na

*druhou povýšeno je opět velké (36), atd. až najdeme správné číslo (4), které na druhou dává naše číslo (16). Tak jsme dospěli k cíli, ke klidovému definitivnímu stavu, podobně jako když se zastaví kyvadlo, jde o bodový atraktor. Koneckonců i zde probíhají procesy kontrakce a jde také o iterační systém funkcí.*

Podobně postupujeme při odmocňování čísla 3. Trajektorie však zde nekončí, ale postupuje do nekonečna, neboť odmocnina z čísla 3 (podobně jako z čísla 2, nebo samotné Ludolfovo číslo 3, 145) je iracionální, neperiodické a jen „asymptoticky“ se blíží k nějakému číslu 1,73205... Zde je soběpodobnost dobře patrná. Proces zde nikdy nekončí. Výpočet může sloužit jako příklad „fraktálu“.

Francouzský matematik a astronom Poincaré zjistil, že dvě blízká různě hmotná kosmická tělesa obíhají kolem společného těžiště v přesně determinovaných drahách. Trajektorii tohoto systému bychom mohli nazvat atraktorovou s cyklickým průběhem. Ale již tři asociovaná tělesa mají vzájemné gravitační vztahy tak složité, že je nelze zcela přesně definovat a můžeme tedy hovořit o fraktálové trajektorii. Stejně i v meteorologii lze mluvit o fraktálovém chování ve dnech s běžnými výkyvy teploty, vlhkosti, tlaku atd., ale stabilní dny s vyrovnanými parametry lze označit jako atraktor. Tyto přírodní úkazy jsou podstatně méně pravidelné než výpočty diferenciálních rovnic.

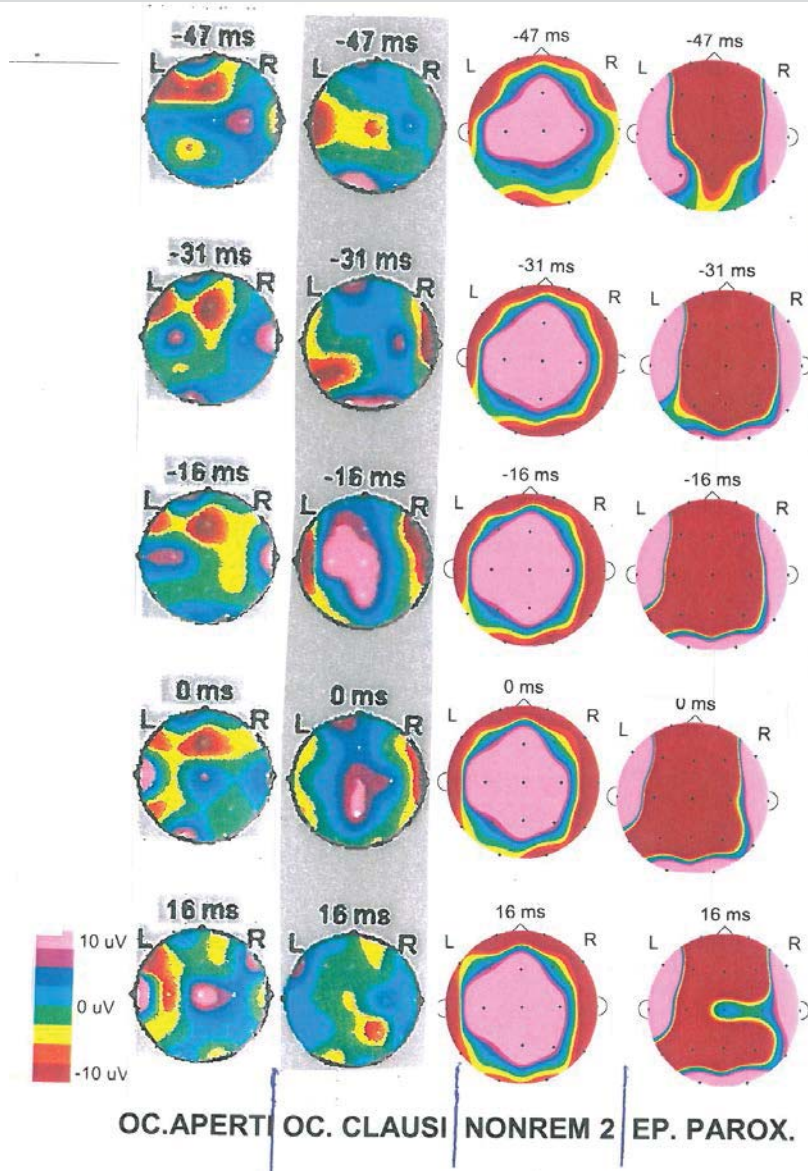
Buďme konkrétnější. Tvar mraků, lokalisace kapilár v těle nebo obvod pobřeží lze považovat za fraktály. Vlastnosti fraktálů se opakují v podobných tvarech a to nezávisle na měřítku, jsou obvykle složité, ale hlavně vždy jiné a vždy podobné, mluvíme o soběpodobnosti. U přírodních fraktálů (mraky, EEG křivky) je soběpodobnost méně výrazná a složitější. Lze je vyjádřit pomocí jednoduchých logaritmických rovnic, klasické diferenciální rovnice by byly výpočtářky velmi náročné a vlastně i méně přesné.

Ve výše uvedených příkladech mluvíme o Kolmogorovcě a Mandelbrotově (KM) dimenzi, která je u fraktálů vždy větší než Eukleidova topologická dimenze, je tedy neceločíselná, kupř. větší než 1, ale menší než 2. Topologická dimenze bodů se stejnou vzdáleností od středu je kružnice. Avšak kružnice vznikající z Kochovy kostky s opakujícími se trojúhelníky a trojúhelníčky stále menšími, má obvod vždy větší, jeho KM dimenze je opět neceločíselná, nerovná se 1 jako u každé jiné čáry (přímky, úsečky) a křivky, ale 1,26. Je tedy nabíledni, že taková KM dimenze pro definici EEG křivky by se nám hodila.

My se ji pokoušíme vyjádřit mírou „simplifikace“, (simplification rate), jinými slovy „stupněm synchronisace“ (synchronization grade). Na EEG křivku aplikujeme amplitudovou analýzu (AA), kde sečteme maxima pozitivních a negativních extrémů a porovnáme je s mediálními hodnotami. Délka procesu zde je půl vteřiny. Výsledky lze považovat za vyjádření stability a pracovní aktivity EEG křivky, jakýsi fraktál. Pro stav mentace při otevřených očích je to číslo (u konkrétního epileptika A.F.A) 0,35, při zavřených očích bez testu 0,9, během NONREM 2 je to číslo 3 a konečně během petit mal absence 16. Poslední dvě čísla vyjadřují režim podobný atraktoru s určitou stabilitou fyziologickou (NONREM) a patologickou (absence).

Viz následující obraz číslo 5.





Obr. 5. Příklady amplitudové analýzy EEG křivky při různých stavech: oc. aperti – otevřené oči, oc. clausi – zavřené oči, středně hluboký spánek s pomalou theta aktivitou - NONREM 2, ep. paroxysmus – absence. Jsou patrné zvětšující se plochy maximálních hodnot v různých stavech (odleva doprava), které představují nejen různou synchronizaci a simplifikaci, ale také podstatný rozdíl v pracovním režimu thalamokortikálního systému.

Klidnou vigilitu, relaxaci anebo spíše „prázdnou meditaci“ s „pravidelnou alfa“ aktivitou v EEG lze označit za atraktor. V EEG je periodičita, i když ne zcela pravidelná, každý vteřinový úsek křivky může obsahovat alfa, ale vždy jiného tvaru. Pouhým okem tyto rozdíly nelze poznat, ale provedeme-li analýzy EEG spektra vidíme, že spektrogramy nejsou nikdy identické, mohou se však s nepravidelnou periodou opakovat, jsou zásadně pseudoperiodické a pseudoidentické. Ve stavech neklidu nebo v REM spánku jsou nestability v mozkové činnosti velké, ale de norma nevybočí do patologických forem jako je psychosa nebo epileptický záchvat, můžeme mluvit o fraktálovém chování. Zásadně však platí, že každý atraktor je fraktál, ale ne každý fraktál je atraktor.

## Literatura.

- Atkinsonová, R. L., Atkinson, R. C. Smith, B., E., Bem, D. J.: Psychologie (Psychology). Praha: Victoria Publishing 1995 (in Czech).
- Battaglia, F. P., Sutherland, G. R., Cowen, S. L.: Firing rate modulation: A simple statistical view of memory trace reactivation. *Neural Network* 8: 1280-1291, 2005.
- Beneš, J.: Kybernetické systémy s automatickou organizací. (The cybernetic system with automatic regulation). Praha: Academia 1966 (in Czech).
- Beneš, J.: On neural network. *Kybernetika* 26, No 3.: 232-247, 1990.
- Beneš, J.: Řízení rozlehlých systémů. (The large system regulation), Praha: SNTL, ALFA 1981 (in Czech).
- Berger, H.: Das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Nova Acta Leopoldina Halle, Nova Acta Leopoldina: Saale* 1938.
- Berka, K., Tondl, L.: Teorie modelů a modelování. (The Theory of models and modeling). Praha: Svoboda 1967, (in Czech).
- Bouchal, M., Konečný, R.: Psychologie v lékařství, (Psychology in medicine). Praha: SZN 1966, (in Czech).
- Bowlby, J.: Secure base. Tavistok. Routledge London 1995.
- Brodmann, K.: Feinere Anatomie des Grosshirns. In: *Handbuch der Neurologie*. Ed.: M. Lewandowsky, Berlin: Springer 1910.
- Cohen D.B.: Eye movement during REM sleep: The influence of personality and presleep conditions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32:1090-1093, 1975.
- deCharms, CH., Maeda, F., Glover, G .H.: Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *PNAS*: 102: No.51, 1862-1863, 2005.
- Dostálek C.: Časové a silové vztahy podnětů při tvorbě podmíněného spoje. (Time and power relations of stimulations during the conditioning.) Praha, Academia, 1976. (in Czech).
- Faber, J., Pilařová, M., Vučková, Z., Boehmová, D., Dobošová, L.: "EEG-biofeedback trénink", nová léčebná metoda. ("EEG-bio-feedback training" a new therapeutical method.) *Praktický lékař* 82: 480-486, 2002. (in Czech).
- Faber, J., Pilařová, M., Vučková, Z.: Practical application of "EEG-bio-feedback training" in school consultancy. Praha: Pedagogika, Charles University, Faculty of Pedagogy. Extra number, October, 2001. (in Czech).
- Faber, J., Pilařová, M.: Biological and psychological programmes as a groundplan for the ontogenesis of the human psyche. Praha: *Acta Universitatis Carolinae Medica Monographia CXLVI*, 2001.
- Faber, J., Tošovský, J., Dušek, J., Taichmanová, Z., Faberová, V.: Analýza EEG během vigilance a petit mal pomocí periodogramu. (The EEG analysis during vigilance and petit mal by help of peridogram). *Československá neurologie a neurochirurgie* 38/71, 6: 351-356, 1975. (in Czech).
- Faber, J.: Electroencephalography and psychophysiology. Praha: ISV nakladatelství 2001. (in Czech).
- Faber, J.: Isagogé to non-linear dynamics of formators and complexes in the CNS. Praha: *Acta Universitatis Carolinae Medica, Monogr. CXLIX*, 2003.
- Fields, D.: Making memories stick, *Scientific American* February: 59-65, 2005.
- Gleick, J.: Chaos. (The new science evolution). Brno: Ando Publishing 1996. (In Czech),
- Hall, S.: The quest for a smart pill. *Scientific American* September: 36-43, 2003.
- Hanel I.: Rehabilitation Psychology. Edition Scriptum. EURO ART Publishing. Praha, WIN Media, 1999.
- Heveroch A.: Amerisia. *Časopis lékařů českých*. 1913, 52: 1012-1016. (in Czech).
- Howard, R. C.: Fenton G. W., Fenwick, P. B. C.: Event - related brain potentials in personality and psychopathology. New York, Chichester: J. Willey 1982.
- Hrbek J. Neurologie I, Neurofysiologie, Neurokybernetika. (Neurology I, Neurophysiology, Neurocybernetic). SZN, Praha, 1968, ss. 757, (in Czech).

- Hydén H.: O biologii učení. (On the Biology of Learning.) Praha, Academia,
- Ivakhnenko, A. G., Müller, J. A.: Selbstorganisation von Vorhersagemodellen. Berlin: Verlag Technik 1984. (in German).
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H.: Principles of neural science. Amsterdam: Elsevier 1985.
- Lévesque, J. L., Beauguard, M., Mensour, B.: Effect of neurofeedback training on the neural substrate of attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A Functional magnetic resonance imaging study. Neuroscience Letters 16: 201-224, 2005.
- Merchant-Nancy, H., Vázquez, J., Aguilar-Roblero, F., Drucker- Colín, R.: c-fos proto-oncogen changes in relation to REM sleep duration. Brain Research, 1992, 579:342-346.
- Moffit, T.: Gén kriminality. (Gen of „criminality“.) Kulturní sloupec. Lidové Noviny, 3, VII., 2002. (In Czech).
- Pavlov, I. P.: Lekcii o rabotě bolshikh polusharij golovnoho mozga. Moskva, Leningrad: Gosudarstvennoje izdatelstvo. 1927. (in Russian).
- Posner, M. M., Raichle, M. E.: Image of mind. New York: Scientific American Library 1994.
- Prosser, J., Hughes, C.W. Sheikha, S., Kowatch, R.A., Kramer, K.L. : Plasma GABA in children and adolescents with mood, behavior, and comorbid mood behavior disorders: a preliminary study. Brief abstract station ASN,1MEDLINEX MLUI, List Link Out Related Article Domain 1997, 7(3): 181-199.
- Rosenberger, N., Trent J., Petty F.: Plasma GABA in children and adolescents with mood, behavior, and comorbid mood and behavior disorders: a preliminary study. Brief Abstract Citation ASN, 1MEDLINEXMLUI, 1997, 7(3):181-199.
- Sarkisov, S.A., Filimonov J.N.: Atlas cytoarchitektoniki kory bolshovo mozga czeloveka. Medgiz, Moskva, 1955. (in Russian).
- Seneca, Lucius Annaeus: De tranquillitate animi (O duševním klidu), Lyra Pragensis, Praha, 1984. (in Czech).
- Sterman, M. B., Friar, L.: Suppression of seizures in an epileptic following sensorimotor EEG feedback training. Electroencephalography and clinical Neurophysiology 33: 89-95, 1972.
- Sterman, M. B., Shouse, M. N.: Quantitative analysis of training, sleep EEG and clinical response to EEG operant conditioning in epileptics. Electroencephalography and clinical Neurophysiology 49: 558-576, 1980.
- Šnorek M.: Neuronové sítě a neuropočítače. (Neuronal nets and Neurocomputers.) Praha, ČVUT 2004.
- Vondráček V.: Lékařská psychologie a všeobecná psychiatrie. Praha, SPN, 1959.
- Vondráček, V., Holub, F.: Fantastické a magické z hlediska psychiatrie. (The magical and fantastical from psychiatric point of view.) Bratislava: Columbus 1 1993. (in Czech).
- Voráčková, Š. et al.: Atlas geometrie. (Atlas of geometry). Praha: Academia 2013. (in Czech).

prof. MUDr. Josef Faber, DrSc.  
ČVUT v Praze Fakulta dopravní  
Ústav dopravní telematiky  
Konviktská 20  
110 00 Praha

*Doručeno redakční radě 15. 5. 2013*

*Přijato po recenzi 12. 6. 2013*