

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra biomedicínské techniky

Analýza výsledků dlouhodobé biofeedback terapie
Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jan Mužík
Student: Luboš Bohatec

srpen 2008

Anotace

Název: Analýza výsledků dlouhodobé biofeedback terapie

Název anglicky: Analysis of results of long-term biofeedback treatment

Vedoucí: Ing. Jan Mužík

Konzultant: PhDr. Jiří Tyl

Student: Luboš Bohatec

Zadání:

Seznamte se s možnostmi terapie pomocí EEG biologické zpětné vazby (biofeedback). Dodané EEG záznamy analyzujte a porovnejte, jestli v průběhu terapie docházelo ke změnám parametrů EEG. Dodané záznamy pocházejí z externího pracoviště, kde byly dlouhou dobu zaznamenávány v průběhu sezení, při němž probíhala terapie pomocí biofeedbacku.

Poděkování

Děkuji Fakultě biomedicínského inženýrství a Společnému pracovišti biomedicínského inženýrství FBMI a I.LF na Albertově za poskytnuté prostředky nezbytné pro vznik této bakalářské práce. Zvláště pak vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Mužíkovi a Mgr. Tereze Trčkové za jejich čas a trpělivost.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem

.....
vypracoval(a) samostatně a použil(a) k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které
uvádím v seznamu přiloženém k práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb.,
o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů
(autorský zákon).

V dne

.....
podpis

Obsah

Úvod	1
1. Elektroencefalografický biofeedback (EEG biofeedback)	2
1.1 Historie	4
1.2 Budoucnost	6
2. Elektroencefalografie	7
2.1 Snímání a zpracování EEG signálu	11
3. EBFT	12
3.1 Princip EBFT	13
3.2 Metody	15
3.3 Technické vybavení	16
3.4 Indikace	18
3.4.1 Poruchy pozornosti	18
3.4.2 Specifické poruchy učení	19
3.4.3 Další klinické indikace	19
4. EEG biofeedbackové databáze	20
4.1 Seznámení se z daty	20
4.1.1. Databáze z EEG Centra	20
4.1.2 Databáze IQ Roma Servisu	22
4.2 Tvorba relační databáze	25
4.2.1. Relační databáze z EEG centra	25
4.2.2 Relační databáze IQ Roma Servisu	25
4.3 Analýza Databáze	27
4.3.1 Analýza databáze z IQ Roma servisu	28
4.3.2 Analýza databáze EEG Centra	30
Závěr	40
Příloha 1	42
Zdroje	43

Úvod

Přesný název bakalářské práce zní Analýza dlouhodobé biofeedback terapie. Pojem biofeedback znamená v překladu biologická zpětná vazba. biofeedback terapie je nácvik kontroly samoregulačního systému (autonomního nervového systému) pomocí biofyzilogické zpětné vazby. Používá se k léčbě řady onemocnění. Existuje mnoho druhů biofeedbacku. Tato bakalářská práce je zaměřena na jeden druh biologické zpětné vazby – EEG biofeedback.

Důvodem, proč jsem si vybral toto téma pro svoji bakalářskou práci, je, že jsem se EEG biofeedbackem zabýval ve svém týmovém projektu, a také proto, že v EEG biofeedback terapii vidím psychoterapeutickou metodu 21. století, jejíž oblast využití ještě není zcela zmapována. Cílem této bakalářské práce je seznámit se s možnostmi terapie pomocí EEG biologické zpětné vazby, analyzovat dodané EEG záznamy a porovnat, jestli v průběhu terapie docházelo ke změnám parametrů EEG. Dodané EEG záznamy pochází ze dvou odlišných zařízení. Jedna data jsou z nestátního zdravotnického zařízení v oboru klinické psychologie nesoucí název EEG biofeedback Centrum, kde byly dlouhou dobu zaznamenávány v průběhu sezení, při němž probíhala terapie pomocí biofeedbacku. A druhá data jsou ze státní neziskové organizace nesoucí název Občanské sdružení IQ Roma Servis.

V bakalářské práci nemohly být opomenuty základní poznatky o signálu, podávajícím informaci o činnosti lidského mozku, zvaném elektroencefalogram. Popisuje se zde také, jakým způsobem biofeedbacková terapie probíhá.

1. Elektroencefalografický biofeedback (EEG biofeedback)

Biofeedback je slovo vytvořené složením tří slov, v překladu znamená biologická zpětná vazba. Se zpětnou vazbou přicházíme do styku každý den. Pokud nás někdo požádá o zhodnocení zevnějšku, podáváme zpětnou vazbu odpovědí: „Sluší ti to“ . Jestliže tato informace nepřesvědčí dotyčnou tazající se osobu, další možností je pohled do zrcadla, který také slouží k získání zpětné vazby o vzhledu dané osoby. Stoupnutím na váhu, změřením teploty těla získáváme také zpětnou vazbu. Oba přístroje, váha a teploměr, nám podávají zpětnou vazbu o našem stavu. Po získání informace se můžeme rozhodnout pro krok ke změně daného stavu, pokud se nám zdá, že stav neodpovídá normě. Velká váha či vysoká teplota tak mohou být signálem k započatí nápravných opatření, zahájení diety nebo požití léku na snížení horečky.

U metody nazvané biofeedback jde o nácvik kontroly samoregulačního systému (autonomního nervového systému) pomocí biofyzilogické zpětné vazby.

Biologická zpětná vazba s použitím přístrojů slouží k okamžitému sledování biopsychofyzilogických procesů, které si člověk sám neuvědomuje, ale nad kterými může získat vědomou kontrolu. To mu umožňuje stát se aktivním účastníkem procesu udržování svého zdraví a rozvoje svého psychického i fyzického potenciálu. Cílem biofeedbacku je naučit se vědomé kontrole hlavních životních funkcí i bez použití biofeedback přístrojů. Přístroje na biofeedback se využívají především jako diagnostický (monitorovací) nástroj monitorující určitou fyziologickou veličinu. Podle toho, jakou veličinu sledujeme, se biofeedback dělí na různé modalitty. Každá z modalit se více či méně používá v klinické praxi. V závislosti na zkoumané fyziologické veličině se vytvoří množina určitých možných stavů, do kterých se sledovaná veličina může dostat. Množiny jednotlivých modalit mohou mít různou velikost.

Přístroje na biofeedback mohou používat zároveň několik modalit a mají tři hlavní úkoly[4]:

1. Monitorovat fyziologický proces (veličinu)
2. Měřit monitorovaný proces
3. Zobrazovat naměřená a zpracovaná data o fyziologickém procesu

V této práci se dále budeme zabývat pouze jednou z mnoha druhů biologické zpětné vazby nazvanou EEG biofeedback. Přesná definice zní – druh operantního podmiňování založený na zpětnovazebně řízených elektrických potenciálech elektrického pole měřených na povrchu hlavy.[6]

Či-li metoda založená na možnosti vědomě, pomocí vůle, zcela bez motorického pohybu a prostřednictvím biologické zpětné vazby ovládat elektrickou aktivitu mozku (EEG). Biologická zpětná vazba nám dává okamžitou, cílenou a přesnou informaci o ladění (případně "rozladění") mozkových vln, jejímž prostřednictvím je možné se naučit, jak tyto mozkové vlny uvést do souladu..

EEG biofeedback je řazen do oblasti aplikované psychofyziologie, přesněji klinické psychofyziologie, jedná se o aplikaci psychologických postupů k ovlivnění fyziologických dějů, respektive k ovlivnění činnosti mozku. Teoretický základ vychází z experimentální psychofyziologie. K jejímu klinické využití došlo dříve, než bylo možné její fungování komplexně teoreticky vysvětlit. Donedávna panovaly spory mezi odpůrci a příznivci, avšak nejmodernější zobrazovací funkční systémy v lékařství dokázaly ověřit účinnost klinických aplikací.

EEG biofeedback učí pomocí operantního podmiňování odstraňovat a léčit funkční potíže, které jsou způsobeny dysfunkcemi mozkové aktivity. Zpětnou vazbou je pacientův mozek informován v reálném čase o svém aktuálním fungování, a přitom je operantním podmiňováním stimulována žádoucí fyziologická (chtěná) aktivita a inhibována aktivita nefyziologická (nežádoucí). V principu jde o jakousi autoregulaci mozkové aktivity a o její změnu v žádaném směru. Vede k odstranění nesprávných a k zažití správných stereotypů v činnosti mozku, které přetrvávají i po prodělání terapie. Metoda stojí na pomezí mezi farmakoterapií a psychoterapií (verbální).[7]

Je to neinvazivní, interdisciplinární, neurologicko-psychologická metoda s velkou perspektivou související s rozvojem medicínské techniky a poznatků z oblasti aplikovaných neurověd, tedy z vědních oborů jako je psychologie, psychofyziologie, či neurofyziologie.

1.1 Historie

Aplikovat biologickou zpětnou vazbu na autonomní nervovou soustavu, a tím ovlivňovat svůj stav, jako první dokázali mistři jógové filozofie a meditačních technik. S pomocí meditačních technik dokáží například aktivně ovlivňovat svou tělesnou teplotu, srdeční frekvenci a prokrvení jednotlivých částí těla.

Od pradávna až do třicátých let dvacátého století vládlo v západní medicíně dogma, že základní životní funkce nelze vědomě ovládat. Nesčetné výzkumy na zvířatech, lidech i vyšetření již zmíněných mistrů orientálních meditačních technik, uskutečněných převážně ve Spojených státech amerických, prokázaly možnost aktivně ovládat své životní funkce.

Toto zjištění vedlo ke vzniku a vývoji nového oboru zvaného biofeedback a od padesátých let se ve Spojených státech amerických začala zkoumat a terapeuticky využívat biologická zpětná vazba. Jak již bylo zmíněno podle toho, který fyziologický proces se pomocí biologické zpětné vazby snažíme ovlivnit, rozdělujeme biofeedback na např. EMG biofeedback, při kterém se snažíme ovlivnit napětí ve svalu, nebo GSR biofeedback, sloužící k ovlivnění vodivosti pokožky atd.[3]

EEG biofeedback je jeden z nejnovějších modalit biofeedbacku. Jeho historie sahá do padesátých až šedesátých let dvacátého století. Mezi zakladatele a objevitele EEG biofeedbacku patří Dr. Kamiya a neurofyziolog profesor Serman, Ph.D. Způsob, jakým byl EEG biofeedback objeven, by se dal nazvat náhodným. Profesor Serman při jednom experimentu prováděl nácvik trpělivosti koček. Sledované kočky musely k dosažení potravy zmáčknout tlačítko až po rozsvícení světla. Při zkoumání EEG těchto koček bylo patrné větší zastoupení tzv. sensorimotorického rytmu, který souvisel s nácvikem trpělivosti koček. Stejně kočky profesor Serman poté použil při dalším experimentu, ve kterém zkoumal působení toxické látky z paliva raket, které astronautům způsobovaly halucinace a křeče. Tyto kočky vykazaly oproti ostatním kočkám daleko větší odolnost vůči toxické látce. Podobný proces učení pomocí podmíněného reflexu profesor Serman použil u epileptičky trpící epileptickými záchvaty. Epileptička prodělala osmdesát sezení s tréninkem potlačujícím epileptické záchvaty, po kterých epileptické záchvaty vymizely a epileptička mohla vynechat farmakologickou léčbu. Profesor Serman tímto podal základ dnes již celosvětově využívané terapeutické metodě také nazývané Electroencephalography Biofeedback Training (EBFT) či neurofeedback.

Po této první úspěšné klinické aplikaci se zanedlouho lékaři a psychologové začali touto metodikou zabírat. Mezi další průkopníky EEG biofeedbacku patří Dr. Lubar, který začal EEG biofeedback aplikovat na poruchy pozornosti a hyperaktivity. Dr. Linden se zaměřil na využití při léčbě ADHD syndromu, Dr. Tansey na poruchy učení z dyslexie atd.[6]

Hlavní rozvoj této metody probíhal a probíhá ve Spojených státech amerických. Tamtéž vznikla v roce 1969 organizace s názvem Biofeedback Research Society, později přejmenovaná na Association of Applied Psychophysiology and Biofeedback (AAPB) sdružující odborníky z oblasti výzkumu i klinicko-vzdělávací praxe. Dnes má AAPB dva tisíce členů. V Evropě je obdobnou organizací nadnárodní biofeedback Association of Europe.

Do České republiky se EEG biofeedback dostal až v dubnu 1996, kdy díky grantové podpoře Ministerstva zdravotnictví ČR vznikla na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze Klinicko-výzkumná laboratoř EEG biofeedback vedená zakladateli EEG biofeedbacku v ČR PhDr. Jiřím Tylem a PhDr. Vendulou Tylovou. Pracoviště ukončilo svoji činnost ukončením grantu v roce 1997. PhDr. Tyl a PhDr. Tylová poté založili první pracoviště pro veřejnost a zdravotnické a školící pracoviště zaměřené na komplexní nápravu LMD s názvem EEG biofeedback Centrum a Institut sídlící v Praze. Pro první pracoviště v ČR také pracuje přední český neurolog prof. MUDr. Josef Faber, DrSc. z Neurologické kliniky 1. Lékařské fakulty UK. Profesor MUDr. Faber založil díky grantové podpoře Ministerstva školství ČR další výzkumnou laboratoř na Dopravní fakultě ČVUT.

EEG biofeedback Institut ve specializačním kurzu s lékařskou fakultou zajišťuje klinické stáže a praktický výcvik v oblasti EEG biofeedbacku, je garantován Institutem pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví a od svého schválení vyškolil již přes dvě stě čtyřicet terapeutů. Členové EEG Institutu se ve spolupráci s českými výrobci podíleli na vývoji českého zařízení určeného na EEG biofeedback značky Brainfeedback. Zařízení značky Brainfeedback také klinicky otestovali. Od roku 1999 se Institut zapojil do internacionální sekce AAPB a biofeedback Association of Europe. Institut dnes také působí na mezinárodní úrovni, publikuje a šíří metodu do zemí, kde dosud není. EEG biofeedback se stal jednou z nejrychleji se rozvíjejících terapeutických modalit v české psychologii a v ČR je dnes již více než osmdesát pracovišť praktikujících EEG biofeedback.[7]

1.2 Budoucnost

EEG biofeedback je v současné době nejrozšířenější a nejvíce aplikovanou metodou cerebrálního biofeedbacku. V současné době však není jedinou formou. EEG biofeedback má vzhledem k charakteru snímaného signálu (EEG) má určitá omezení. Snímání signálu EEG je z hlediska zajištění správných technických podmínek obtížné. Signál je i přes dostatečné technické zázemí rušen řadou artefaktů, které v určitých částech hlavy zamezují snímání. Zejména v oblasti, která je pro klinické indikace velice důležitá, prefrontálních svodů (reprezentují nejvyšší mentální funkce a koordinaci činnosti) je EEG signál zatížen očními a svalovými artefakty. Navíc mnoho lidí s vážným zdravotním stavem, například klienti s poruchou intelektu a klienti s ochrnutím, pro něž by byla stimulace mozku velice žádoucí, nejsou schopni systematického tréninku bdělosti a pozornosti, popřípadě pro ně klasický EEG biofeedback není dostatečným podnětem.

Ukazuje se však, že nefyziologická činnost v prefrontálních svodech souvisí s prokrvením a popřípadě snížením toku krve. Tento jev zkoumá nová modalita cerebrálního biofeedbacku nazvaná Hematoencefalický biofeedback (HEG). HEG měří oxyhemoglobin v mikrocirkulaci v mozku neinvazivně, pomocí světelné spektrofotometrie. Trénink je podobný jako u EEG biofeedbacku s tím rozdílem, že klient cvičí zvýšení kapilárního růstu v oblasti frontální části mozku (Obr. 1). Aplikuje se primárně u fyziologických dysfunkcí.

Mezi další modalita cerebrálního biofeedbacku patří EEG řízená stimulace využívající vizuální a audiostimulaci. A nejnovější modalitou je biofeedback funkční magnetické rezonance používající funkčního zobrazovacího systému magnetické rezonance.[7]

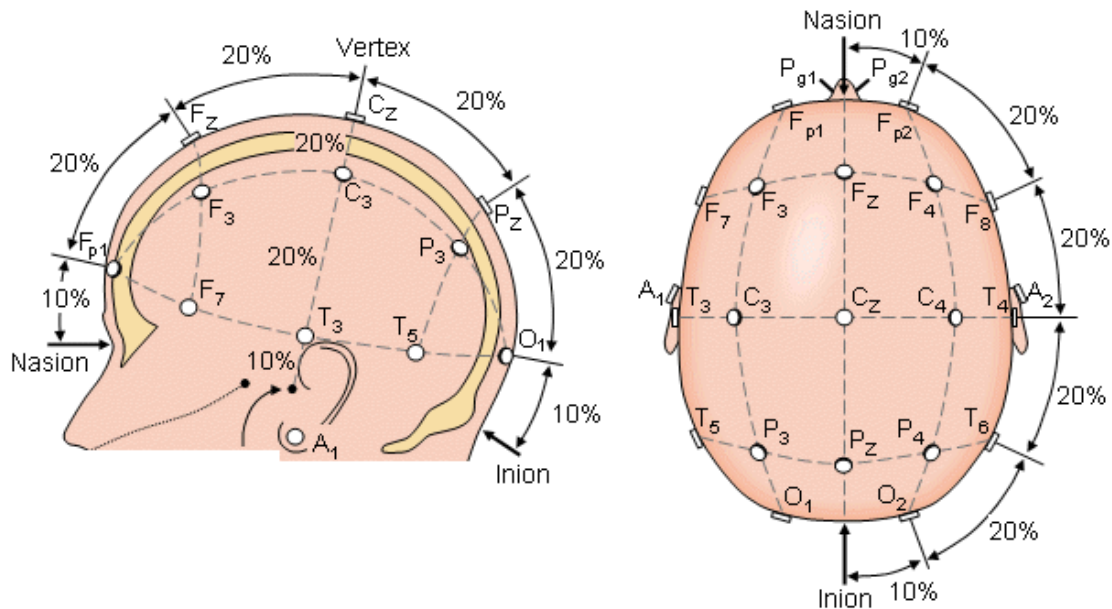


Obr. 1 Sezení Hematoencefalického biofeedbacku[18]

2. Elektroencefalografie

Neurofyziologický diagnostický nástroj, poprvé použitý Bergerem v roce 1929, snímá elektrickou aktivitu produkovanou mozkem, měřenou pomocí elektrod umístěných na povrchu lebky. Přesněji grafická prezentace excitačních a inhibičních postsynaptických potenciálů, které vznikají součinností zejména dvou částí koncového mozku - thalamu a kortexu. Thalamus má funkci generátoru rytmů. Hlavním zdrojem elektrické aktivity jsou synaptodendritické membrány ve vrchních vrstvách kortexu. Vlastní měřené potenciály vznikají synchronizací činnosti těchto synaptodendritických membrán. Tyto potenciály měřené elektrodami, rozepsané v čase, tvoří křivku nazvanou elektroencefalogram (EEG)[1]. Rozložení elektrod na snímání EEG aktivity na povrchu lebky je zpravidla realizováno tzv. systémem 10 – 20 (viz Obr. 1), vynalezaným Jasperem v roce 1958. Na povrch lebky se umístí zpravidla 19 elektrod. Tyto elektrody jsou od sebe vzdáleny o část 10% nebo 20% v obou rovinách. Pojmenování elektrod vychází z roviny řezu, ve které jsou umístěny. Číslování se děje zleva doprava v každé rovině zvlášť. Snímaný potenciál je buď bipolární (diferenční), to je potenciál naměřený mezi dvěma místy, kdy zesilovací kanál má vstup ze dvou elektrod, nebo unipolární (referenční), kdy je spojena jedna elektroda s tzv. nulovou Goldmanovou elektrodou, která je tvořena spojením všech elektrod přes určitý odpor k zemi. Unipolární zapojení může být také řešeno spojením elektrody k ušnímu lalůčku, ke kterému se také připojí elektroda (A1 nebo A2). Toto zapojení se nazývá pseudounipolární a bývá zatíženo relativně malým šumem. Pro spektrální analýzu a další zpracování křivky v počítači se používá zejména unipolárního zapojení. Bipolární zapojení může být tvořeno jak longitudiálním, tak transversálním zapojením.

Jasperův systém se dá poupravit na systém 10 – 10. Potom lze umístit na povrch lebky 64 elektrod pro přesnější mapování mozkové činnosti. Činnost mozku lze snímat také invazivně z povrchu mozkové kůry elektrokortikogramem. A pomocí vpichových elektrod stereoencefalogramem. Dají se také snímat akční potenciály jednotlivých nervových buněk mozkové kůry, případně jiné části mozku, pomocí tzv. Mikro-Elektroencefalogramu.



Obr.1 Jasperův systém tzv. systém 10 -20 na snímání EEG[12]

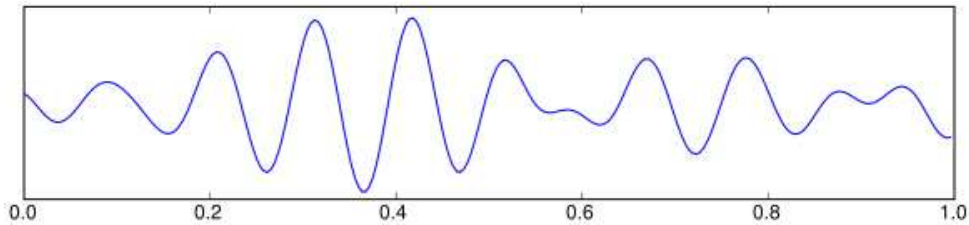
EEG se snímá nativní (klidové), tj. při normální činnosti mozku bez vnější snahy ovlivnit mozkovou činnost. Při takovémto měření se často nepodaří zachytit tížené grafoelementy odpovídající fyziologické či patologické činnosti. V takovém případě je nutno využít tzv. aktivační metody. Podle reakce na aktivační metody lze dále posuzovat funkční stav i organické poruchy mozku. Mezi základní aktivační metody patří například otevření očí, zavření očí, hyperventilace ústy, hyperventilace nosem a fotostimulace.

EEG křivka má čtyři typické grafoelementy, které jsou v EEG vždy více či méně přítomny. Dominance jednoho či druhého grafoelementu se mění v závislosti na činnosti a situaci, ve které se zkoumaná osoba nachází. Křivka EEG také podléhá ontogenezi. Typické EEG šestiletého dítěte je jiné než-li EEG padesátiletého jedince. EEG křivka je také odlišná od jedince k jedinci[2].

Základní grafoelementy:

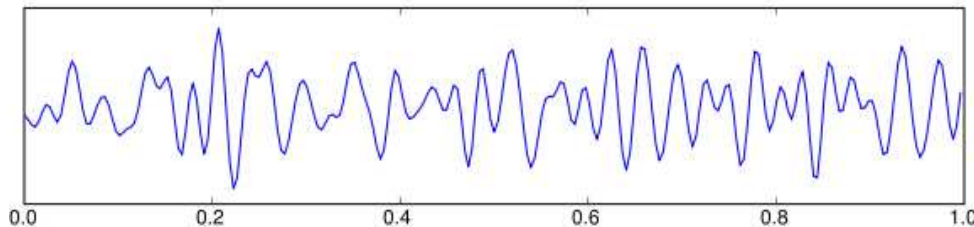
- Alfa aktivita (α) - základní rytmus lidského mozku (Obr. 2). Začíná se objevovat v období pátého až sedmého roku života dítěte. Frekvence se nachází v rozmezí 8 – 13 Hz. Amplituda je mezi 30 – 80 μ V.[1] Převažuje symetricky nad zadními částmi lebky (okcipitálně, parietálně, temporálně). Je jako většina fyziologických grafoelementů rytmická a má sinusoidní tvar. Nejlépe je patrná při zavřených očích a během psychické i fyzické relaxace. Zavření očí uvede do činnosti synchronizační thalamokortikální mechanismy. To má za následek synchronní činnost

obou mozkových hemisfér. Opětovným otevřením očí dojde k desynchronizaci a k blokování alfa aktivity, která je nahrazena rychlejší betou. Alfa aktivita se také tlumí pozorností a mentálním úsilím. Paradoxní reakcí zástavy alfa aktivity nazýváme jev, kdy ospalé osobě dáme příkaz k otevření očí a na EEG křivce objevujeme přítomnost alfa aktivity. Jedná se o jev fyziologický. Také nepřítomnost alfa aktivity nemusí být nutně patologická.



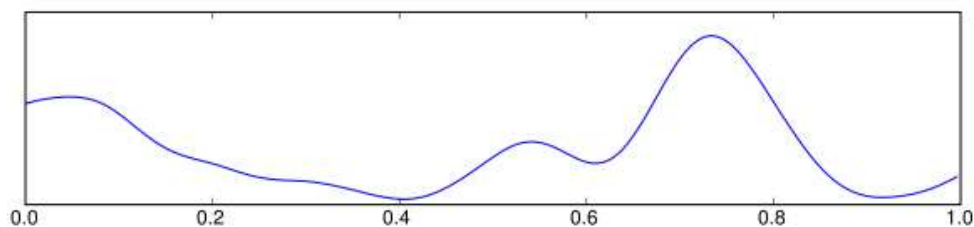
Obr.2 Alfa aktivita[13]

- Beta aktivita (β) – odpovídá frekvenci 14 – 30 Hz s amplitudou většinou menší než $30\mu\text{V}$ (Obr. 3).[1] Objevuje se nad frontální a centrální oblastí. Beta aktivita je typická pro normální bdění, kognitivní procesy a jakoukoli aktivní činnost. Někdy se beta2 aktivitou nazývá vyšší beta frekvence ($>20\text{Hz}$) a část gamma aktivity (γ) ($<35\text{Hz}$), která má frekvenci 30 – 60 Hz s amplitudou kolem $10\mu\text{V}$, která se obvykle spojuje se stresovými mechanismy, podrážděním a úzkostmi. Gamma aktivita je však patrná až po matematické analýze křivky a je nutné ji odlišit od artefaktů, především střídavého proudu (50 Hz).



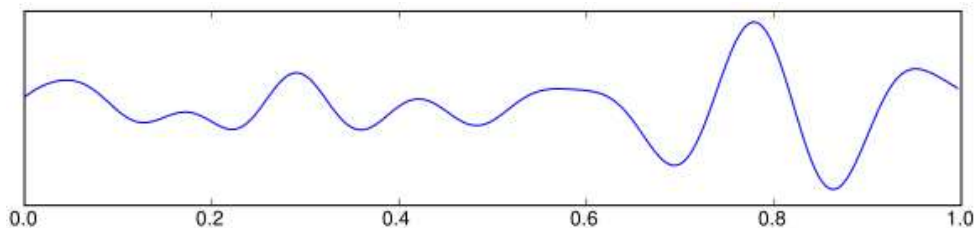
Obr.3 Beta aktivita[14]

- Delta (δ) aktivita – do ní patří frekvence 4 Hz a nižší (Obr. 4). Amplituda je 10 – $300\mu\text{V}$.[1] Výskyt této aktivity je různý od místní po rozptýlenou. Převažuje u dětí do 3 let života a fyziologicky se vyskytuje také v průběhu celého života v hluboké fázi spánku. Častější, dominantnější výskyt v bdělém stavu u dospělého jedince může naznačovat patologický stav, například organické nebo funkční poškození.



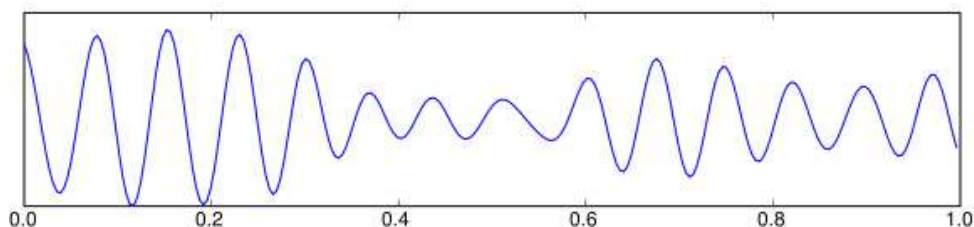
Obr.4 Delta aktivita[15]

- Théta (θ) aktivita – frekvence v rozmezí 4 – 7 Hz (Obr. 5).[1] Často se objevuje spolu s delta aktivitou u dětí do 5 let života a u dospělých ve spánku. Théta aktivita se může objevit například i při hyperventilaci nebo u emočního vzrušení dětí a mladších osob. Typická je u dětí s poruchou pozornosti a lehkou mozkovou dysfunkcí (LMD).



Obr.5 Theta aktivita[16]

Předcházející grafoelementy jsou základní, jsou více či méně zastoupeny v každé křivce EEG. Existuje celá řada dalších grafoelementů. Například pro diagnózu důležitý grafoelement tzv. komplex hrot-vlna, který v případě výskytu v EEG prokazuje pozitivní diagnózu epilepsie. Pro biofeedback významný Stermanův sensorimotorický rytmus (SMR) (Obr.6). SMR se využívá při nácviku EEG biofeedbacku. Odpovídá frekvenci 12 – 19 Hz vyskytující se nad sensorimotorickou krajinou (centro-parietální oblastí). V této oblasti spolu s beta aktivitou poukazuje na inhibici motoriky a zlepšení schopnosti koncentrace pozornosti. Sensorimotorický rytmus se od alfa aktivity liší především způsobem tlumení, zatímco alfa aktivita se tlumí otevřením očí, SMR se ruší volným pohybem. Při tréninku EEG biofeedbacku v bdění přibývá výskytu SMR, ve spánku grafoelementů tzv. K – komplexů. K – komplex je tvořen asociací většinou delta vln s rytmickými vlnami o frekvenci 12 – 14 Hz organizovanými do tvaru větěn. Vřetena mají amplitudu mezi 25 – 100 μV a jsou předcházeny nebo následovány delta vlnami o amplitudě 100 až 250 μV .



Obr.6 SMR rytmus [17]

2.1 Snímání a zpracování EEG signálu

EEG lze snímat, jak bylo popsáno výše, různými způsoby. Při diagnostickém vyšetření se používá tzv. EEG čepice, obsahující rozložení elektrod odpovídající Jasperově systému 10 – 20 (19 elektrod). Existují i EEG čepice s vyšším obsahem elektrod. Záleží k jakému účelu EEG snímáme. Pro EBFT potřebujeme pouze jednokanálové snímání, proto není zapotřebí použít EEG čepici. Stačí použít elektrody tři. Pro vytvoření stálého, vodivého spojení s povrchem hlavy se na povrch skalpu přidává EEG, případně EKG gel. Jedná se o fyziologický roztok zajišťující konstantní počet iontů. Pokud používáme EEG čepici, EEG gel nanese injekční stříkačkou do otvoru, ve kterém se elektroda nachází.

Signál EEG můžeme analyzovat, čímž získáme podrobnější informaci o EEG záznamu. V praxi nejpoužívanější analýzou je frekvenční charakteristika. Jedná se o základní analýzu, z níž získáme informaci o frekvencích obsažených v EEG signálu a o množstevním zastoupení těchto frekvencí v čase. Tato charakteristika se využívá při EEG biofeedbacku.

Při zpracování signálů pomocí počítačů se pracuje s konečnými počty vzorků. Pracuje se tedy s diskrétními průběhy i ve frekvenční oblasti, přičemž signály v oblasti času i frekvence mají konečný počet hodnot. Transformace umožňující přechod mezi časovou oblastí a frekvenční oblastí se nazývá diskrétní Fourierova transformace (DFT). Pro výpočet DFT byly vypracovány algoritmy, které jsou efektivní při výpočtu na počítači, a kterým se říká „Rychlá Fourierova transformace“. V důsledku velké výpočtové rychlosti FFT se DFT stala velmi důležitým nástrojem pro frekvenční analýzu. Při frekvenční analýze prováděné pomocí FFT získáme nejen amplitudové spektrum (absolutní hodnotu spektra), ale i fázové spektrum.

Dále můžeme například mapovat frekvence („Brain Mapping“). Počítač zobrazí model hlavy s rozložením elektrod na hlavě pacienta, kde barevně zobrazí frekvence v jednotlivých kanálech v závislosti na čase.

3. EBFT

Výcvik EEG biofeedbacku spočívá z terapeutického hlediska v kombinaci psychoterapie a neuroterapie. Jedná se o interaktivní metodu, kterou musí provádět zkušený psychoterapeut, případně osoba dostatečně vzdělaná v oblasti EEG Biofeedbacku. Kurz s názvem Metoda EEG biofeedback pro profesionály pořádá Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback ČR - Biofeedback Institut. Kurz je určený pro psychology, lékaře, pedagogy, absolventy středních zdravotnických škol, sociální pracovníky, pro zájemce z jiných oborů po domluvě.[6] Absolventi obdrží certifikát o absolvování kursu a kvalifikaci pro práci s metodou. Nicméně, aby se mohli stát členy biofeedback Institutu, musí začínající terapeuti, trenéři a technici absolvovat dvěšestě supervidovaných sezení s klienty.

Samotné terapii by mělo předcházet psychologické vyšetření od neurologa. Ten klientovi naměří vícekanálový záznam EEG, který posoudí a určí, zda je EEG nějakým způsobem odlišné, nevyrovnané, či patologické. Neurolog může také zjistit například přítomnost grafoelementů hrot-vlna poukazující na epilepsii, popřípadě jiné vážné onemocnění. Po konzultaci s klientem, či jeho zástupci o klientových problémech neurolog rozhodne, zda-li je pro klienta EEG biofeedbackový trénink (EBFT) vhodný. V EEG biofeedback Centru toto neurologické vyšetření provádí prof. MUDr. Josef Faber, DrSc. Výsledky psychologického vyšetření posoudí také terapeut na úvodním sezením, na kterém terapeut podá klientovi informace o průběhu tréninku.[9] Po domluvě s klientem a z psychologického vyšetření zjistí, jakým způsobem a na co by se terapie měla zaměřit. Zda-li má klient problém se soustředěním, pozorností, vůlí, pamětí, uvolněním atd. Provede zkušební EEG biofeedback trénink, získá tzv. křivku učení, ve které je znázorněn pokrok během sezení. Křivka učení je jednou z mnoha vodítek, podle kterých se terapeut přesvědčí o vhodnosti a účinnosti EEG biofeedback tréninku pro konkrétního klienta.

Délka tréninku je rozdílná podle závažnosti problému a požadovaných výsledků. Výhoda oproti ostatním psychoterapiím je konečný rozsah tréninku, závisující na jednotlivých indikacích. Zhruba po deseti sezeních by měl být patrný počáteční pokrok. Poté se terapeut rozhodne, zda pokračovat v terapii. U závažných problémů, například epilepsie, stavech po úrazech hlavy, délka terapie vedoucí k dosažení výrazných a trvalých účinků zabere šedesát až osmdesát sezení. Naopak u kondičního tréninku u zdravého klienta postačí deset – dvacet sezení. Nicméně je také na klientovi, zda-li posoudí nutnost pokračovat v terapii nebo projeví

zájem pokračovat z vlastního zájmu i po odeznění příznaků onemocnění, či se rozhodne nadále zlepšovat svoji kondici. Zásadní je pochopitelně vliv frekvence tréninku. Optimální interval mezi jednotlivými sezeními je zpočátku každý druhý den. Doporučená frekvence je alespoň dvě až tři sezení za týden. Nicméně pokud se jedná o řešení závažného problému, každodenní frekvence se vyrovná účinku i robustních psychostimulancií.[7] Minimální frekvence sezení, po kterou je mozek schopen nabýt nově získanou zkušenost, je jedno týdně. Také přerušení tréninku má zásadní vliv a nemělo by překročit více než dva týdny, aby vliv naučeného před dokončením tréninku nezeslábl. Ovšem také finanční stránku EBFT nelze opomenout. Trénink není hrazen pojišťovnou. Cena jednoho sezení obvykle bývá v rozsahu 250 – 400 Kč.

3.1 Princip EBFT

Klientovi se elektroda přiloží podle jeho problému či záměru tréninku na určitou část hlavy podle Jasperova systému 10 – 20 - obvykle na centrální (C3, C4), frontální (F3, F4), parietální (P3, P4) a na boltce uší elektrody, které snímají EEG. EEG signál je snímán většinou jednokanálově. Ten je zpracován na počítači a zobrazen na obrazovce terapeuta. Na obrazovce terapeut vidí samotný EEG signál a jeho spektrum, v němž jsou patrné jednotlivé frekvence obsažené v křivce. Podle toho, na co je trénink zaměřen, terapeut vybírá jednotlivé části spektra (hladiny), pomocí nichž je ovládána hra na druhé obrazovce klienta (viz Obr.7). Klient ovládá hru pouze pomocí toho, jak dokáže ovlivňovat svou EEG křivku, respektive terapeutem vybrané hladiny.

Hra je koncipována tak, že pokud je v EEG spektru patologicky zastoupena některá jeho část, úspěch ve hře se dostaví, pokud klient dokáže snížit zastoupení oné části nebo zvýšit, pokud se jedná o snížené zastoupení fyziologické hladiny. Terapeut může nastavovat odměny, kterými je pacient odměňován podle toho, jaký je daný cíl tréninku. Například může nastavit, že pacient je odměněn pouze tehdy, pokud dokáže snížit jednu patologicky zastoupenou hladinu a zároveň zvýšit zastoupení hladiny s nízkým výkonem v EEG spektru. U hry je charakteristický počet parametrů, kterými je ovládána. Obvykle jsou hry jedno až tři parametřové. Parametrem se rozumí hladina, popřípadě hladiny, které slouží k ovládnutí hry. Pokud se jedná o dvě hladiny, je nutné nastavit operátor mezi hladinami. Tudiž, je-li hra tří parametřová, je ovládána zastoupením třemi či až šesti hladin z EEG spektra. Hladiny se liší, podle toho, o jaký jde trénink. Například u tří parametřové hry závodění aut auto může

zrychlovat, čehož klient docílí zvýšením hladiny ze spektra nad hranici danou terapeutem u hladiny s žádoucím zvýšením, a zamezit vychylování ze středu silnice snížením hladin pod úroveň danou terapeutem u dvou hladin z EEG spektra s žádoucím snížením zastoupením.



Obr. 7 - Terapeut a klient při EBFT [10]

Terapeut také vytváří podpůrné prostředí a jeho složité postavení také vyplývá z nutnosti přizpůsobit nastavení úrovně všech sledovaných hladin pro každého klienta. Tím lze docílit zvýšení zájmu klienta o hru a neustálé zlepšování, avšak zamezit přílišnému úspěchu stejně demotivujícímu, jako neúspěch. V podstatě jde o to nastavit optimální úrovně hladin pro neustálé rychlé učení klienta bez ztráty radosti ze hry. Toho je složité docílit zejména u dětských klientů a zvláště pak u hyperaktivních klientů. Jedno z možných nastavení u hladiny s žádoucím zvýšením výkonu ve spektru je nastavit úroveň na poloviční výkon, než-li je průměrný výkon pacienta u dané hladiny. Naopak u hladiny s žádoucím snížením na dvojnásobnou úroveň výkonu, než jaká je průměrná. Klient se poté snaží udržet svůj průměrný výkon nad polovičním, případně pod dvojnásobným, a tím se zlepšovat z hlediska tréninku. Nastavení cílené úrovně však terapeut poté musí měnit vzhledem k vývoji průměru

pacienta. Tímto konáním se terapeut snaží docílit zvýšení či snížení sledovaných hladin a tím změnit klientovo EEG. Avšak nejen během sezení, ale i s postupující tréinkem a po jeho absolvování docílit trvalé změny klientova EEG žádoucím směrem, které má za následek zlepšení pacientova stavu nebo jeho úplné uzdravení.

3.2 Metody EBFT

Metodou EBFT se rozumí na jaké hladiny se při EEG biofeedback tréinku terapeut zaměří. Frekvence EEG - hladiny, které jsou pro klienta žádoucí z hlediska tréinku jsou u každého stanovovány na základě vědeckých poznatků o fungování mozku v určitých stavech nebo výkonech. Typově lze tréink rozdělít na vysokofrekvenční a nízkofrekvenční. Chceme-li zvýšit bdělost, pozornost, koncentraci docílíme toho autostimulací rychlých frekvencí (Beta/SMR tréinkem). Je-li u klienta žádoucí prohloubit relaxaci, lze to docílit prostřednictvím autostimulace pomalých frekvencí (Alfa/Théta tréink). Lokalita působení tréinku je, jak již bylo zmíněno, specifická z hlediska indikace i přítomnosti dané hladiny v EEG signálu dané části hlavy. Cílená změna tréinovaných hladin představuje reorganizaci komplexních neurofyziologických jevů.

Metoda EEG tréinku také závisí na softwaru používaném při tréinku. V ČR nejpoužívanější systém Brainfeedback, viz dále, umožňuje terapeutovi několik typů tréinku podle konkrétního nároku klienta. Na výběr jsou možné tréinky nazvané SMR/Delta nebo SMR/Theta. U obou zmíněných metod je z hlediska klientova EEG chtěné zvýšení zastoupení SMR hladiny a obvykle u obou metod shodné snížení hladiny Beta2, navíc snížení zastoupení hladiny v názvu na pozici jmenovatele, tedy Delta hladiny u SMR/Delta a Theta hladiny u SMR/Theta. Další dvě metody, u kterých je pozitivní zvýšení hladiny Beta a stejně jako u předešlých dvou snížení zastoupení hladiny beta2 plus snížení hladiny ve jmenovateli, nesou název Beta/Theta se snižujícím se zastoupením hladiny Theta a Beta/Delta s pozitivním poklesem zastoupení Delta hladiny. Všechny čtyři metody se procvičují s použitím biofeedbackové hry, která je součástí nebo doplňkovým zbožím systému na biofeedback.

Systém Brainfeedback také umožňuje pro zkušeného terapeuta volitelnou metodu s možností vybrat tréinované hladiny nazvanou Cust. training.

A také obsahuje dvě metody odlišné od ostatních zaměření i způsobem tréinku. Jedná se o metodu s názvem Alpha. U této metody je cílem zvýšit zastoupení hladiny Alfa a snížit zastoupení hladin Theta a Beta2. Metoda se stejně jako následující trénuje oproti ostatním se

zavřenýma očima bez použití biofeedbackové hry, pacient je odměňován pouze audiostimuly. Poslední metoda podobná metodě s názvem Alpha se jmenuje Alpha II. Alpha II má cíl zvýšit zastoupení hladin Théta, zejména vyšších frekvencí, Alfa a snížit zastoupení Beta2. Obě poslední metody slouží k nácviku imaginace.

Systémy také obvykle umožňují terapeutovi nastavit jednotlivá rozmezí hladin, tudíž může zvýšit nebo snížit rozsah trénované hladiny, je-li to pro trénink žádoucí.

3.3 Technické vybavení

EBFT je náročný na technické zázemí. Je zapotřebí počítače s dvěma monitory a speciální softwarové i hardwareové vybavení. Na trhu je více systémů na EEG biofeedback. Řeč je o zahraničních systémech. Avšak již od začátku EEG biofeedbacku v ČR byla problémem jejich pořizovací cena. Zahraniční systémy byly drahé a to by mělo za následek špatný a pomalý rozvoj EEG biofeedbacku u nás. Členové biofeedback Institutu se spolu s technikou, jak již bylo zmíněno, podíleli na vzniku českého systému určeného pro EBFT. Firma Alien tedy uvedla na trh první český systém nazvaný Brainfeedback. V současné době je na trhu jeho verze Brainfeedback III. Jak už z názvu vyplývá, jedná se nejen o software, ale o systém jehož součástí je i zařízení přijímající EEG signál z elektrod (viz obrázek 8). Snímací zařízení i software Brainfeedback III je možné použít i na jiný feedback a to na EMG biofeedback a GSR biofeedback. V Brainfeedbacku III jsou integrovány čtyři možné zapojení elektrod. První zapojení je snímání EMG aktivity, přičemž jedna elektroda snímá EMG, druhá je referenční a třetí je zemnicí. Druhé zapojení měří jednobáňové EEG, aktivní elektroda se zpravidla umísťuje na temeno hlavy, referenční elektroda na jeden ušní boltec a zemnicí na druhý ušní boltec. Třetí zapojení je druhý kanál EEG. Poslední možné zapojení používá dvě elektrody umožňující měření odporu pokožky klienta (nazývané GSR biofeedback).

Software Brainfeedback III je kompatibilní s operačními systémy Windows. Umožňuje použít hry nahrávané na druhém počítači, který sleduje klient při tréninku.



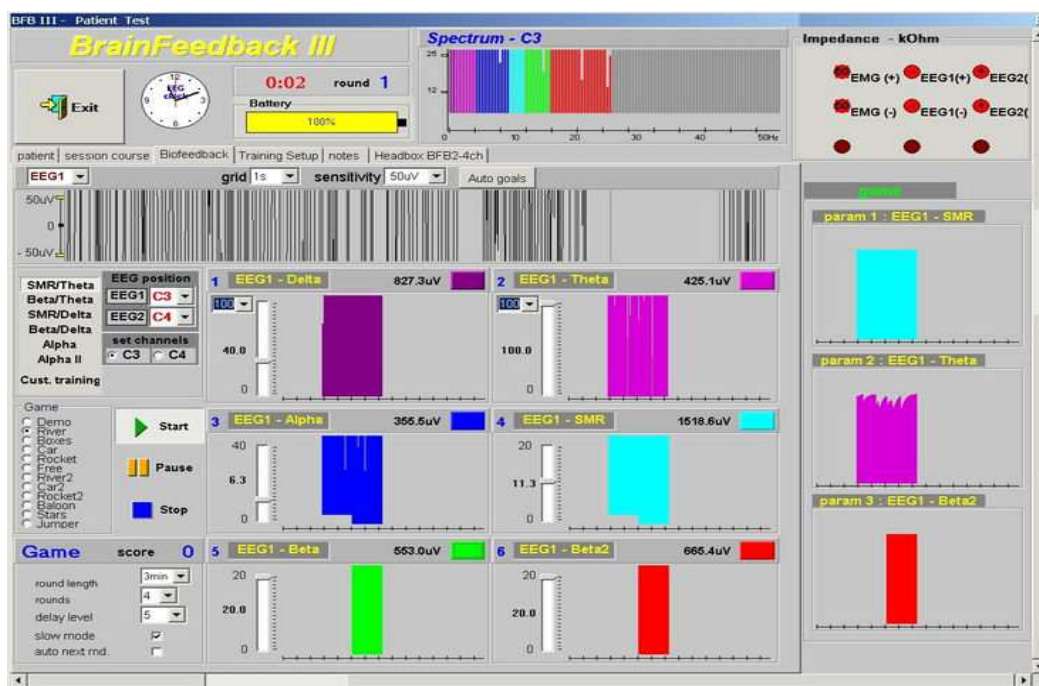
Obr.8 – Zařízení pro Brainfeedback III [11]

Hry jsou nahrávány s CD-romu, popřípadě z diskety, pokud se jedná o hry starší. Nové hry lze k softwaru dokupovat. Hry jsou tvořeny jedním až třemi ovládacími parametry, přičemž za jeden parametr lze použít i dvě hladiny s vyplněným operátorem. Celý systém také umožňuje použít za ovládací parametr veličinu z jiné modalitě biofeedbacku snímané na snímacím zařízení. Do jedné hry jde zkombinovat například dva parametry z EEG biofeedbacku a třetí parametr ovládat pomocí EMG biofeedbacku atd.

V program se ukládá databáze svěřenců, s jejíž pomocí lze uchovávat osobní data i výsledky jednotlivých tréninkových sezení. Terapeut tedy může sledovat vývoje jednotlivých klientů.

Terapeut také může měnit nastavení a frekvenční rozsah hladin pro jednotlivé pacienty, pokud z neurologického vyšetření zjistí nadměrné zastoupení některých frekvencí nebo úzkých pásem, která nejsou vzhledem ke stavu a věku pacienta fyziologická, může například změnit rozsah hladiny delta ze 2 - 7 Hz na 4 - 8 Hz pokud pacient vykazuje abnormální aktivitu u frekvencí v rozsahu 4 – 8 Hz. Na obrázku 9 je znázorněn printscreen terapeutova monitoru při tréninku, na kterém nastavuje metodu, čas kola, počet kol, elektrodu, hru, zpomalení... Sleduje samotný EEG signál, kontroluje kontakt elektrod a mění cílené hodnoty sledovaných hladin.

Pacient může být odměňován podle cíle tréninku například zlepšením jednoho nebo více parametrů či zlepšením průběhu kombinací parametrů. Klient je také odměňován nastavitelným akustickým signálem, který vybírá terapeut.



Obr. 9 - Software Brainfeedback III [11]

3.4 Indikace

Oblast možného uplatnění a klinického využití EEG Biofeedbacku, stejně jako celkově biofeedbacku, je velká. Souvisí to s působením biologické zpětné vazby jako takové. Biologická zpětná vazba systematicky podněcuje obecné procesy psychofyziologické seberegulace. Nejde však jen o klinické využití. EEG biofeedback lze také stejně úspěšně aplikovat na zlepšování výkonnosti mozku a mysli zdravých lidí za účelem sebezdokonalování. Možnost uplatnění nachází u klientů jako metoda sebeovládání a seberegulace. Ke zlepšování pozornosti a koncentrace ji používají i sportovci a jiní lidé (manažeri, vojáci..) podávajících vrcholné výkony.

Následující podkapitoly poukazují na hlavní a nejvíce využívané aplikace EEG biofeedbacku:

3.3.1 Porucha pozornosti

Syndrom deficitu pozornosti a hyperaktivity (Attention Deficit Hyperactive Disorder, ADHD), někdy nazývaný syndrom lehké mozkové dysfunkce, patří mezi nejčastější indikace EEG biofeedbacku. Tomu odpovídá i počet studií o efektivitě a využití metody při léčbě ADHD. Dalším důvodem je častý výskyt tohoto syndromu bez dostatku jiných efektivních metod bez rizik a vedlejších účinků.

Dělení syndromu poruchy pozornosti (ADHD) lze rozdělit do dvou podtypů. Prvním je ADD s hyperaktivitou u postižených jedinců spojenou s nadměrnou pohybovou aktivitou, potížemi s udržení pozornosti. A druhým typem ADD s nepozorností u postižených jedinců související se sklonem k pomalému osobnímu tempu a potížemi selektivní pozornosti.[8]

Zastoupení ADD s hyperaktivitou je častější u chlapců, dívky jsou diagnostikovány spíše s ADD s nepozorností. ADHD syndrom bývá často doprovázen další kognitivní dysfunkcí často léčenou pomocí EBFT, a to s poruchou učení. V jednom ze tří případů jsou u jedince diagnostikovány obě dysfunkce. Jedinci s ADHD syndromem v obou jeho podtypech mají často problém ve škole a v rodině související s nepozorností, vedoucí ke konfliktům s učiteli a rodinnými příslušníky. Nedostatečný přístup k činnostem vyžadujícím stálou pozornost ostatní často vnímají jako lenost, nezodpovědnost a vzdorovitost.

Více než 90% dětí s ADHD syndromem vykazují změny kvantitativního EEG, které se proto stalo jeho diagnostickou metodou. Změny v EEG jsou zvýšená aktivita hladiny Theta zejména v prefrontálním, frontálním a sensorimotorickém kortexu, a naopak sníženou aktivitou rytmické aktivity o frekvencích v rozmezí 12-20 Hz v oblasti sensorimotorického kortexu

(Senzorimotorického rytmu a hladiny Beta). Známy průkopník EBFT Dr. Lubar (1991) také v jedné ze svých studií objevil, že poměr Theta/Beta je u osob s ADHD větší než-li u zdravých jedinců.[7]

Tohoto faktu také využívá EBFT při léčbě syndromu použitím metod tréninku SMR/Theta či SMR/Delta. A faktorem úspěšnosti je pokles (snižování) poměrů trénovaných hladin tedy Theta/SMR, Delta/SMR, také sledovaný poměr Theta/Beta.

3.3.2 Specifické poruchy učení

Druhou možnou oblastí aplikace EEG biofeedbacku jsou specifické poruchy učení. Specifická porucha učení se vyskytuje zejména u dětí s průměrným intelektem na rozdíl od nespecifické poruchy učení, která se vyskytuje u mentálně slabších jedinců. Specifická proto, že postihuje pouze dílčí schopnosti, ze kterých je složen komplexní děj učení. Těchto poruch je více. Mezi základní typy patří dyslexie (vývojová porucha čtení), dysgrafie (vývojová porucha grafického projevu), dyskalkulie (vývojová porucha matematických schopností) atd. Tyto typy se také dělí z hlediska oslabení konkrétní části nervového systému.

Jak už bylo zmíněno, specifické poruchy jsou u třetiny případů jsou diagnostikovány u jedinců se syndromem ADHD. Například dyslexie je projev nedostatečné spolupráce centra řeči a zpracování informací, lze ji diagnostikovat již po narození metodou evokovaných potenciálů.

Z hlediska nápravy a terapie jde o složitý proces, jehož součástí jsou speciální pedagogické metody a další metody. Jde vlastně o nápravu špatných neurochemických procesů učení, tréninkem a rehabilitací. Jedinci se specifickou poruchou učení vykazují, stejně jako jedinci s ADHD syndromem, vyšší amplitudy aktivit v hladině Theta a menší v pásmu Senzomotorického rytmu. Proto je z hlediska terapie žádoucí použít EBFT se stejnou metodou tréninku jako u ADHD syndromu.

3.3.3 Další klinické indikace

Nelze zapomenout na první klinickou aplikaci EBFT, kterou byla léčba záchvatů farmakorezistentní epilepsie. Tato aplikace v ČR však nebývá často využívána.

Naopak v ČR členové Biofeedback Institutu aplikovali a sepsali studie efektivity EEG biofeedbacku u vývojových vad řeči, afázie a dětské mozkové obrny. Za zmínku také stojí

lčba poruch spánku, u kterých má EEG biofeedback rychlý efekt (10 až 20 sezení).

Oblast klinického využití je však daleko širší (lčba posttraumatické stresové poruchy, lčba migrén, závislostí, rehabilitace osob po mozkové mrtvici...). Jednotlivá délka terapie je souvisí se závažností onemocnění.

4. EEG biofeedbackové databáze

K dispozici jsem měl dvě databáze s odlišným obsahem, zejména co do velikosti a způsobu tvorby. První databáze z EEG Centra byla ukládána po dobu šesti let a byla daleko větší, nežli druhá databáze ze státní neziskové organizace Občanské sdružení IQ Roma Servis. Občanské sdružení IQ Roma Servis používá EEG biofeedback jako doplňkovou metodu, což je patrné i z dané databáze. Databáze byly odlišné i z hlediska formy, ve které jsem je obdržel.

4.1 Seznámení se z daty

4.1.1. Databáze z EEG Centra

Databázi, kterou mi k analýze zapůjčil PhDr.Tyl, byla tvořena třemi soubory formátu DBF. Jednalo se přesně o soubor pacient.dbf, sezeni.dbf, databaze.dbf. Databáze byla ukládána pod systémem Brainfeedback od firmy Alien technik.

Stáhnul jsem si software, ve kterém bych si mohl otevřít soubor s příponou dbf. Na internetu jsem našel freewareový software DBF manager. V tomto programu se mi podařilo databázi otevřít, avšak byl nevhodný pro analýzu. Proto bylo zapotřebí převést soubory do formátu xls, který je možné spustit v Microsoft Excelu případně importovat do Microsoft Accessu.

Databázi tvořily tři tabulky totožné s názvy souborů, tj. Pacient, Sezeni, Databiof.

První tabulka s názvem Pacient obsahovala základní informace o pacientovi, tyto informace však byly neúplné. U každého pacienta bylo uloženo rodné číslo označené jako ROD_CISLO, jméno-JMENO, příjmení-PRIJMENI, dále nspecifikované údaje: METODA, HL_DELTA, HL_THETA, HL_ALFA, HL_SMR, HL_BETA, HL_BETA2, POMALA_HRA, ZPOMALENI, CITLIVOST (vyplněné záhlaví znázorněno na obrázku 10). ROD_CISLO, JMENO, PRIJMENI, METODA, ZPOMALENI, CITLIVOST byla datového typu text. Sloupce s předponou HL_ byly datového typu číslo a sloupec POMALA_HRA ve formátu Ano/Ne. V tabulce Pacient se nacházelo i mnoho nevyplněných sloupců jako například: POPIS, POHLAVI, TITUL, KOD_POJIST, CISLO_POJI.. Vyplněné hodnoty byly

vyplňovány s ledabylostí. Rodné číslo vůbec neodpovídalo standartnímu formátu rodného čísla, jednalo se spíše jen o určité identifikační číslo daného pacienta. Také jméno a příjmení obsahovalo divné a prázdné hodnoty. Význam výše zmíněných nespecifikovaných údajů se nepodařilo rozluštit.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ROD_CISLO	JMENO	PRIJMENI	METODA	HL_DELTA	HL_THETA	HL_ALFA	HL_SMR	HL_BETA	HL_BETA2	POMALA_HRA	ZPOMALENI	CITLIVOST
2	12345678901			Alpha/Thet	10	138	4	65	72	33	NEPRAVDA	3	100uV
3	93120411			Beta/Theta	10	142	4	73	5	43	PRAVDA	4	100uV
4	8803250000			Beta/Theta	99	142	60	75	5	39	PRAVDA	3	100uV
5	8710173340			Beta/Theta	10	109	4	72	5	33	PRAVDA	4	100uV
6	8809200235			Beta/Theta	10	126	4	76	72	44	PRAVDA	3	100uV
7	9002131204			Beta/Theta	140	167	56	76	5	29	PRAVDA	3	100uV
8	935244223			Beta/Theta	10	159	4	70	5	42	PRAVDA	4	100uV
9	12121241			Beta/Theta	109	132	4	72	5	37	PRAVDA	3	100uV
10	920508			Beta/Theta	155	138	4	77	5	44	PRAVDA	3	100uV
11	9512200049			Beta/Theta	159	109	4	75	79	41	PRAVDA	3	100uV
12	8904142563			Beta/Theta	10	132	4	69	5	38	PRAVDA	3	100uV
13	9404140064			Beta/Theta	10	142	4	66	5	29	PRAVDA	4	100uV
14	76434				130	10	45	73	5	20	PRAVDA	4	100uV
15	9459246247			Beta/Theta	10	150	80	73	52	37	PRAVDA	4	70uV

Obr.10 Záhloví a prvních 15 záznamů v tabulce Pacient

Druhá tabulka nazvaná Sezení (viz Obr.11) obsahovala také prázdné sloupce: POPIS, JMENO_SOUB, CASDELKA, NABER_JMEN, ARCHIVACE. Tyto sloupce v tabulce neobsahovaly ani jedinou hodnotu. Platné sloupce v tabulce sezení jsou ROD_CISLO - rodné číslo pacienta, jedná se o totožný sloupec jako stejně nazvaný sloupec v tabulce Pacient, ale narozdíl od tabulky Pacient v tabulce Sezení tento sloupec neobsahuje jedinečné hodnoty. Dále pak sloupec CISLO_S udávající číslo sezení, CAS, DATUM, BODU_CEL - sloupec vyjadřující počet bodů dosažených pacientem za sezení, CAS_CELKEM – délka sezení a METODA – obsahující jednu z možných EEG biofeedback metod popsanych výše v kapitole 3.2. Všechny sloupce až na sloupec DATUM, který byl datovým typem datum a čas, a sloupce BODU_CEL uloženým v datovém typu číslo, byly datového typu text.

	A	B	C	D	E	F	G
1	ROD_CISLO	CISLO_S	CAS	DATUM	BODU_CEL	CAS_CELKEM	METODA
2	93120411	093120411	13:21:15	11.1.2002	767	15min	SMR/Theta
3	93120411	193120411	13:39:19	11.1.2002	142	3min	SMR/Theta
4	8803250000	08803250000	14:15:24	11.1.2002	1790	36min	SMR/Theta
5	8710173340	08710173340	15:14:00	11.1.2002	739	15min	SMR/Theta
6	8710173340	18710173340	15:32:39	11.1.2002	649	15min	SMR/Theta
7	8809200235	08809200235	17:03:27	11.1.2002	1452	30min	SMR/Theta
8	9002131204	09002131204	18:09:10	11.1.2002	1216	30min	SMR/Theta
9	935244223	0935244223	8:08:33	14.1.2002	1515	30min	SMR/Theta
10	12121241	012121241	9:43:05	14.1.2002	614	12min	SMR/Theta
11	920508	0920508	13:51:03	14.1.2002	1474	30min	SMR/Theta
12	9512200049	09512200049	15:12:48	14.1.2002	989	17min	SMR/Theta
13	8904142563	08904142563	16:03:20	14.1.2002	1289	30min	SMR/Theta
14	1234567890	012345678901	17:07:07	14.1.2002	1359	30min	SMR/Theta
15	9404140064	09404140064	17:55:52	14.1.2002	1572	30min	SMR/Theta

Obr.11 Záhloví a prvních 15 záznamů v tabulce Sezení

Třetí tabulka označená Databiof (viz Obr.12) byla nejdůležitější tabulkou databáze. Nacházely se v ní hlavní informace z EEG biofeedback terapie. Skládala se ze sloupců: CISLO_S - totožný sloupec jako v tabulce Sezení, ELEKTRODA - název určoval konkrétní elektrodu ze Jasperova systému 10 – 20, oba sloupce byly uloženy v datovém typu text, LEVEL(datový typ číslo) – kolo v sezení, pro které byly v tabulce Databiof uloženy cílové hodnoty EEG hladin pacienta v mikrovoltech, nad kterými byl pacient odměňován. Tyto hodnoty jsou uloženy ve sloupcích datového typu číslo, nesoucí v názvu předponu HL_ a poté následoval název určité hladiny: HL_THETA, HL_ALFA, HL_SMR, HL_BETA, HL_GAMA. A ve sloupcích s názvem jednotlivých hladin: THETA, ALFA, SMR, BETA, GAMA se nacházely střední hodnoty hladin z pacientova EEG záznamu v mikrovoltech za jedno kolo, také tyto hodnoty byly uloženy v datovém typu číslo. Názvem GAMA hladina zde zřejmě míněna byla hladina Beta2. Sloupec BODU udával počet bodů dosažených pacientem za jedno kolo. DELKA_MIN(datový typ text) obsahoval trvání kola v minutách. ZPOMALEN sloupec datového typu číslo ukazoval na časovou dobu v ms, za kterou mu bude podána zpětná vazba. Tabulka Databiof také obsahovala sloupec METODA shodný se sloupcem z tabulky sezení, a prázdné sloupce ROD_CISLO a HRA datového typu text.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	CISLO_S	ELEKTRODA	LEVEL	HL_DELTA	DELTA	HL_THETA	THETA	HL_ALFA	ALFA	HL_SMR	SMR	HL_BETA	BETA	HL_GAMA	GAMA	BODU	DELKA_MIN	ZPOMALEN
2	093120411	C3	1	100,0	39,3	30,0	20,9	20,0	13,7	3,2	6,2	20,0	6,4	15,5	8,4	140	3min	3
3	093120411	C3	2	100,0	36,2	30,0	19,4	20,0	12,9	3,2	5,6	20,0	5,9	15,5	7,2	171	3min	3
4	093120411	C3	3	100,0	37,9	27,5	19,7	20,0	12,3	1,2	5,8	20,0	5,8	11,0	7,3	171	3min	3
5	093120411	C3	4	100,0	46,5	25,5	24,2	20,0	15,5	3,2	7,4	20,0	6,5	11,0	8,2	127	3min	3
6	093120411	C3	5	100,0	37,9	27,0	20,5	20,0	13,6	3,2	6,1	20,0	5,8	11,0	7,1	152	3min	3
7	093120411	C4	1	100,0	36,3	28,0	19,5	20,0	12,6	3,2	5,4	20,0	5,4	11,0	6,5	142	3min	3
8	093120411	C4	2	100,0	53,2	34,0	23,6	20,0	13,7	3,0	6,0	20,0	5,9	11,0	7,1	173	3min	3
9	093120411	C4	3	100,0	40,7	28,0	20,3	20,0	11,8	3,0	5,5	20,0	5,5	11,0	6,5	147	3min	3
10	093120411	C4	4	100,0	37,7	28,0	20,0	20,0	12,3	3,0	5,3	20,0	5,4	11,0	6,1	161	3min	3
11	093120411	C4	5	100,0	40,8	28,0	20,4	20,0	12,4	3,0	5,8	20,0	5,5	11,0	6,6	144	3min	3
12	06803250000	C4	1	100,0	35,3	30,5	19,2	20,0	15,7	4,8	12,7	20,0	11,2	11,8	6,9	167	3min	2
13	06803250000	C4	2	100,0	31,6	30,5	17,0	20,0	16,2	5,0	12,8	20,0	12,2	11,8	8,2	178	3min	2
14	06803250000	C4	3	100,0	33,4	28,5	16,3	20,0	14,5	5,5	12,1	20,0	11,2	11,8	7,4	154	3min	2
15	06803250000	C4	4	100,0	34,3	28,5	16,5	20,0	15,6	5,5	12,1	20,0	11,0	11,8	7,0	156	3min	2

Obr.12 Záhloví a prvních 15 záznamů v tabulce Databiof

4.1.2 Databáze IQ Roma Servisu

Druhá databáze ze státní neziskové organizace Občanského sdružení IQ Roma Servis byla daleko menší, než-li databáze z EEG Centra. Databáze byla tvořena v programu Brainfeedback III. Obdržel jsem ji již ve formátu databáze z programu Microsoft Access. Obsahem se od první odlišovala. EEG biofeedback byl praktikován na dvou počítačích, z tohoto důvodu jsem obdržel dvě databáze. Byly v ní tři tabulky se stejnými názvy i shodnými funkcemi jako v databázi z EEG centra. Jednotlivé sloupce se však lišily. V tabulce Pacient (Obr.13) rozdíly nebyly, snad jen v jiném pojmenování sloupce s ID pacientů. Zde sloupec nesl název patient_ID (datový typ text). Dále tabulka obsahovala sloupec se jménem

nazvaným name (datový typ text), příjmením ve sloupci surname (datový typ text), address (datový typ text), city(datový typ text). Ostatní sloupce - title, marital_status, address, Zip, city, state, phone, reserved, DOB, family_name, insurance, insur_code, physian_surname, allergy, dg, medication (všechny datový typ text), anamnesa (datový typ memo) nebyly vyplněny.

patient_ID	surname	name	address	city	DOB	family_name	insurance	insur_code
0000								
12134566								
1233664								
1234								
123456								
123456								
123456								
123456								
12345689								
123568								
123654								

Obr.13 Část záhlaví tabulky Pacient(vyplněné pouze jméno a příjmení)

Tabulka jménem Sezeni se už od tabulky se stejným názvem z databáze z EEG centra odlišovala výrazněji. Obsahovala sloupce s identifikačním číslem pacienta patient_ID (text), ve sloupci jménem FileName (datový typ text) bylo uloženo identifikační číslo sezení (obrázek 14) tvořené písmenem B, za kterým následovalo číslo a za ním ID pacienta ze sloupce patient_ID. V tabulce Sezeni byl také sloupec s časem začátku sezení nazvaný Time (datový typ text), datem sezení – Date (datový typ datum a čas), body dosažené za sezení – Score (datový typ číslo), délkou sezení – TimeTotal (datový typ text), metodou EEG biofeedback tréninku Method(datový typ text), ve sloupcích Scalename1 až Scalename6 (datový typ text) byly uloženy názvy jednotlivých hladin EEG spektra. Nastavené frekvenční rozsahy jednotlivých hladin EEG byly uloženy ve formě nejvyšší obsažené frekvence hladiny ve sloupci Scale1_FROM (datový typ číslo), za slovem Scale (1-6) následovalo číslo hladiny, a nejvyšší obsažené frekvence hladiny ve sloupci Scale1_TO (datový typ číslo). Zřejmě pro možnost využití vícekanálového snímáčího zařízení obsahovala tabulka Sezeni sloupce Electrode (1-6) (datový typ text). Ve sloupci RewardScale (datový typ text) se nacházelo uložené číslo hladiny EEG spektra, jejíž zastoupení chceme zvýšit, za kterým následovaly dva sloupce s názvem lišícím se číslem v názvu – Inhibit(1-2)Scale (datový typ text) obsahující čísla inhibovaných hladin EEG spektra. Tabulka ještě obsahovala v celé databázi prázdný sloupec text (datový typ memo).

patient_ID	Time	Date	Score	TimeTotal	Method	FileName
0000	15:42:06	11.3.2008	772	12min	SMR/Delta	B2.0000
0000	14:17:32	12.3.2008	2112	30min	SMR/Delta	B3.0000
12134566	16:05:16	3.5.2006	579	9min	SMR/Delta	B2.12134566
12134566	16:25:31	3.5.2006	559	9min	SMR/Delta	B3.12134566
12134566	16:11:47	22.5.2006	1710	30min	SMR/Delta	B4.12134566
12134566	13:44:52	27.9.2006	1555	30min	SMR/Delta	B5.12134566
1233654	14:41:27	4.12.2006	231	6min	SMR/Delta	B2.1233654
1233654	14:56:34	4.12.2006	155	3min	SMR/Delta	B3.1233654
1233654	15:16:55	4.12.2006	81	3min	SMR/Theta	B4.1233654
1234	14:51:07	31.5.2006	1530	30min	SMR/Delta	B2.1234

Obr.14 Část záhlaví tabulky Sezení(obsahuje pouze nejdůležitější)

Poslední tabulka DataBFB obsahovala sloupce s identifikací sezení – training_no (datový typ text), tento sloupec odpovídal sloupci Filename z tabulky Sezení, a sloupec s identifikací pacienta – patient_ID (datový typ text). Oba sloupce neobsahovaly jedinečné hodnoty. Sloupec level (datový typ číslo) udával čísla kola sezení, sloupec electrode, jak už z názvu vyplývá, určoval elektrodu, ze které se EEG signál snímal. Oproti první databázi z EEG Centra zde byl navíc sloupec session (datový typ číslo) ve kterém se ukládalo číslo sezení. Vzhledem k duplicitním hodnotám hodnota ve sloupci ne vždy odpovídala. Tížené střední hodnoty hladin pacientova EEG byly ukládány ve sloupci Scale (1-6) (datový typ číslo) a hodnoty nastavované terapeutem, nad kterými byl pacient odměňován, uládány ve sloupci Threshold (1-6) (viz Obr.15). Názvy hladin uložených ve sloupcích Scale (1-6) a Threshold (1-6) byly uloženy ve sloupcích Scale(1-6)name v tabulce Sezení. Body dosažené za kolo se nacházely ve sloupci score(datový typ číslo), délka sezení ve sloupci length_min(datový typ text), zpoždění ve sloupci delay(datový typ číslo). Metoda biofeedback tréninku byla obsažena ve sloupci method (datový typ text). Sloupce percent_Augment, percent_Inhibit, percent_Inhibit2(všechny datový typ číslo) udávaly procentuální zesílení a zeslabené sledované hladiny, zesilována byla SMR a inhibována Beta2 a Delta či Theta. V tabulce Databiof byly také prázdné sloupce – Scale(1-6)name (datový typ text) a game_no (datový typ číslo) obsahující ve všech záznamech 0.

training_no	patient_ID	electrode	level	Session	Threshold1	Scale1	Threshold2	Scale2	Threshold3	Scale3	Threshold4	Scale4	Threshold5	Scale5	Threshold6	Scale6
B10.45781	457812	C4	1	10	32,2	27,743	16,4	8,510	8,4	9,5150	6,4	9,555	6,4	8,6627	10,4	9,24493
B10.45781	457812	C4	2	10	47	37,522	16,4	9,849	8,4	10,904	4	11	6,4	10,450	11,4	10,9946
B10.45781	457812	C4	3	10	47	24,262	16,4	8,615	8,4	10,469	4	11,48	6,4	10,913	12,4	12,0649
B10.45781	457812	C4	4	10	47	45,591	16,4	10,47	8,4	11,154	4	10,90	6,4	10,063	12,4	10,9305
B10.555	555	C3	1	10	42,6	20,688	16,4	7,554	8,4	10,243	2,4	10,25	6,4	6,1936	13,4	8,49979
B10.555	555	C3	2	10	42,6	15,266	16,4	6,095	8,4	7,5259	2,4	8,032	6,4	5,0948	13,4	7,24899
B10.555	555	C3	3	10	42,6	15,799	16,4	6,1	8,4	7,7082	2,4	8,326	6,4	5,2958	13,4	8,10427
B10.555	555	C3	4	10	42,6	16,309	16,4	5,758	8,4	7,9362	2,4	9,244	6,4	5,2147	13,4	7,11087
B10.555	555	C3	5	10	42,6	16,876	16,4	6,129	8,4	6,8473	2,4	7,854	6,4	5,0678	13,4	6,98063
B10.555	555	C3	6	10	42,6	17,963	16,4	6,406	8,4	7,3011	2,4	8,134	6,4	5,6525	13,4	8,38685

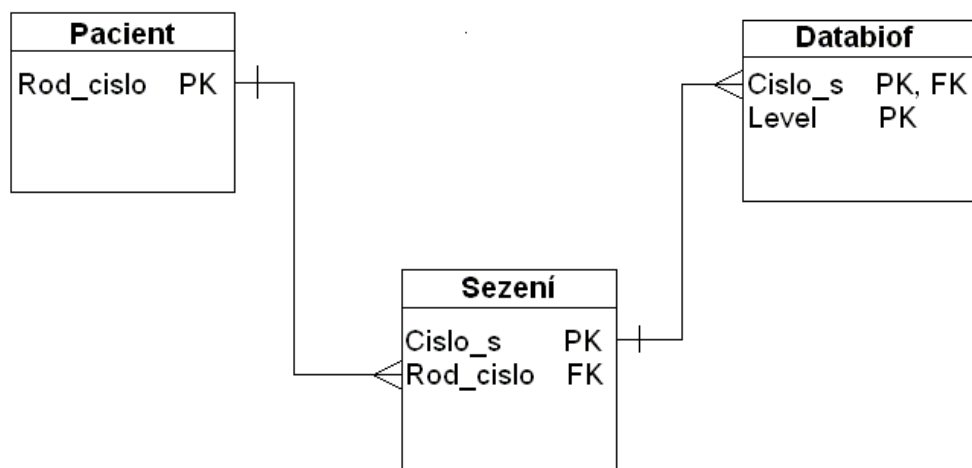
Obr.15 Část záhlaví tabulky DataBFB

4.2 Tvorba relační databáze

4.2.1. Relační databáze z EEG centra

Jakmile byly soubory databáze ve formátu xls, začal jsem z nich tvořit relační databázi v programu Microsoft Access 2003. Objevilo se však mnoho problémů, které přitom bylo nutno vyřešit.

Prázdné hodnoty v tabulkách a duplicity v číslech sezení způsobily nemožnost vytvořit primární klíče. Musel jsem odstranit prázdné hodnoty, ať už se jednalo o zcela či z části prázdné záznamy. Duplicitní byly čísla sezení a také některé záznamy v tabulce Databiof. Totožná čísla sezení obsahovala sezení, která začínala ve stejný den. Jednalo se zejména o krátká sezení. Tyto duplicity jsem odstranil vlastním pozměněním čísla sezení. Duplicity v tabulce Databiof byly odstraněny tím způsobem, že se zkontroloval počet bodů a čas, který odpovídal sezení v tabulce Sezení, a co nesešlo, bylo odstraněno tak, aby bylo dosaženo jednoty v délce a výsledku sezení mezi tabulkou Sezení a Databiof. Na obrázku 16 je znázorněn relační model databáze, kterou jsem vytvořil.



Obr.16 Relační model databáze

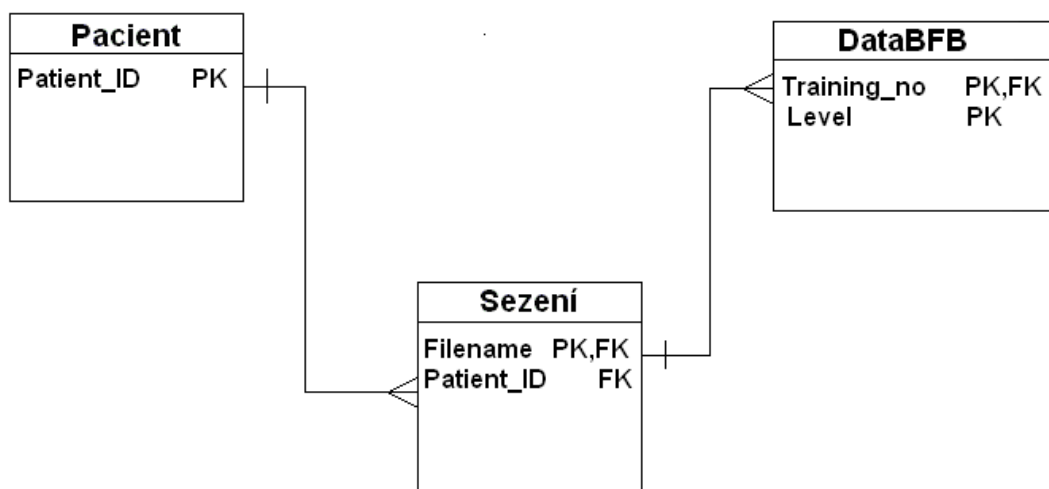
4.2.2 Relační databáze IQ Roma Servisu

V druhé databázi byl problém s identifikačním číslem pacientů. ID bylo uloženo ve sloupci s názvem Patient_ID. Sloupec Patient_ID obsahoval duplicity bránící vytvoření primárního klíče. Tento nedostatek jsem odstranil pomocí vytvořeného dotazu, který mi našel zmíněné

duplicity, ty jsem odstranil pozměněním záznamů ve všech tří tabulkách tak, že jsem u duplicitních Patient_ID přidal další číslo odlišující tohoto pacienta od pacienta se dříve duplicitním ID.

Stejně tak v tabulce Sezení byly duplicity v identifikačním čísle sezení – Filename. V identifikačním čísle se po písmenu B nacházela shodná čísla udávající číslo sezení. Vzhledem k tomu, že toto číslo za písmenem B nebylo pro další analýzu důležité, jsem pomocí dotazu duplicity vyhledal a odstranil připsáním dalšího čísla, což umožnilo bez narušení databáze vytvoření primárního klíče pro tabulku sezení. Primárním klíčem se stal, jak bylo zamýšleno, sloupec Filename. Hodnoty ve sloupci Filename odpovídaly hodnotám ve sloupci Training_no v tabulce DataBFB, a proto jsem z důvodu návaznosti a jednotnosti musel změněním hodnot ve sloupci Filename změnit i hodnoty ve druhém zmíněném sloupci nacházející se v tabulce DataBFB. Přitom jsem správnost změny kontroloval, zda-li se jedná o dané sezení, sledováním stejného typu, délky sezení a shodným počtem bodů dosažených za sezení.

Odstraněním výše zmíněných problémů nejednotnosti jsem vytvořil relační databázi, jejíž model je znázorněn na obrázku 17.



Obr.17 Relační model databáze

4.3 Analýza Databáze

Hledané projevení EEG biofeedback tréninku v klientově EEG, tím i pozitivní ovlivnění klienta EEG biofeedback tréninkem, souvisí s metodou tréninku a s problémem či důvodem nastoupení EBFT. V analyzovaných databázích se nejvíce používala metoda SMR/Delta a druhá metoda již méně zastoupená SMR/Theta. Tudíž byla další analýza zaměřena na ovlivnění klienta těmito dvěma metodami. Zmíněné metody se používají v kombinaci, což je patrné i z analyzovaných databází. Převládá však SMR/Delta metoda. Obvykle klient absolvuje většinu sezení metodou SMR/Delta, avšak také některé sezení metodou SMR/Theta. Umístění sezení s metodou SMR/Theta je náhodné. V případě obou metod jsou zkoumané dvě hladiny EEG spektra – SMR (senzorimotorický rytmus) a Beta2 hladina. Lišící se hladiny zkoumané v těchto metodách jsou Delta a Theta hladina.

Při analýze byl zkoumán vývoj středních hodnot amplitud jednotlivých zmíněných hladin. Z nich patrné ovlivnění EBFT by se projevilo v klesajícím, rostoucím či jiném trendu vývoje sledovaných středních hodnot.

Vzhledem k tomu, že EEG signál je z hlediska charakteristiky spíše stochastický, jsou přesnějším ukazatelem ovlivnění klienta EEG biofeedback tréninkem poměry hladin z EEG spektra. Nejpoužívanější poměry používané v souvislosti s EEG biofeedbackem jsou, jak už bylo zmíněno v kapitole 3.4.1., Theta/Beta, Theta/SMR. Tyto poměry používal při svých studiích Dr.Lubar (1991).[7] Indikátorem ovlivnění klienta EBFT by také u těchto poměrů byl patrný nějaký trend ve vývoji poměru s rostoucím počtem sezení. Poměr Theta/Beta se nazývá index pozornosti, jeho hodnota by měla být u dětí pod hodnotou tři a u dospělých pod dvě. V případě vyšších hodnot to poukazuje na poruchu pozornosti, či jiný problém.

V databázi je však nejvíce používaná metoda SMR/Delta, tudíž je inhibována hladina Delta a z tohoto důvodu je charakteristický také vývoj poměru Delta/SMR.

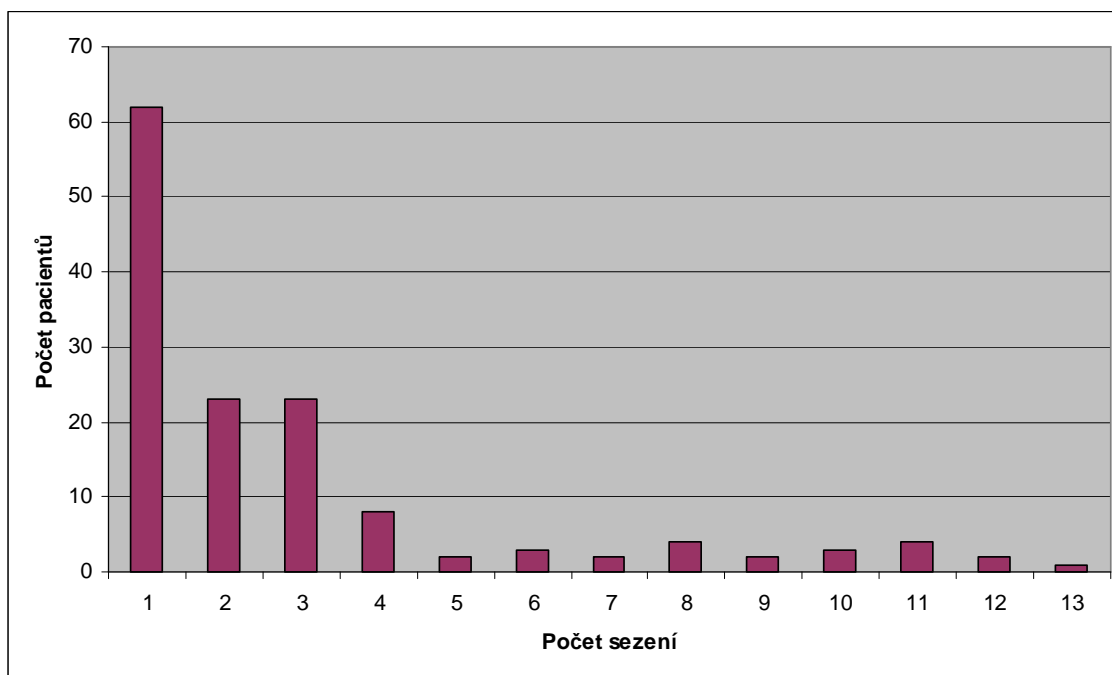
Nelze opomenout také u metod sledovanou hladinu Beta2, jež je inhibována, a proto se při analýze také zaměříme na poměr Beta2/Alfa. Poměr Beta2/Alfa je používán v souvislosti s pacienty, kteří mají potíže s depresí, úzkostí anebo fóbiemi. Hodnota indexu by měla být menší než-li jedna.

Inhibované hladiny Theta, Delta, Beta2 by měli vůči žádoucímu sensorimotorickému rytmu klesat či se ustalovat, a tudíž vývoj výše zmíněných poměrů by měl z hlediska žádoucího

ovlivnění klienta EBFT mít patrný klesající či ustalující trend. Poměry byly spočteny u každého sezení, jednalo se o průměrnou hodnotu poměru ze všech kol absolvovaných při sezení. Takto vznikly poměry s počtem u každého klienta rovným počtu sezení.

4.3.1 Analýza databáze z IQ Roma servisu

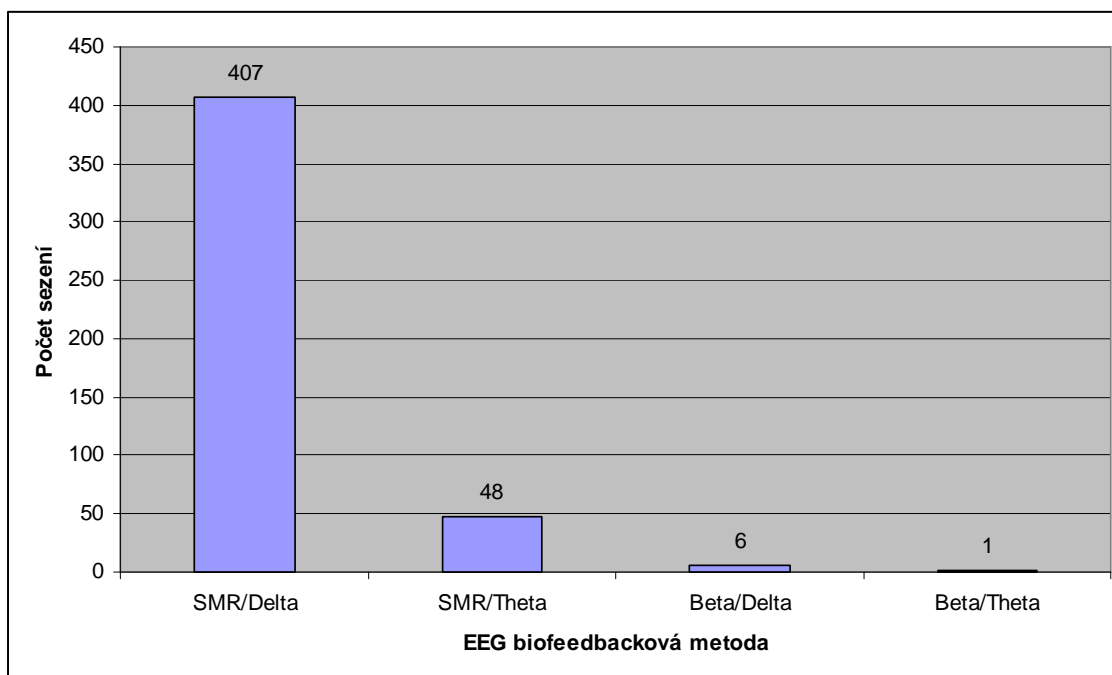
Sloučením poddatabází z obou počítačů vznikla databáze obsahující 139 klientů a 462 sezení. Počet sezení jednotlivých klientů se lišil – rozložení sezení je znázorněno na obrázku 18. Klientům byl při tréninkových sezeních snímán jednokanálový EEG signál podle tzv. Jasperova systému 10-20 nejčastěji z elektrody C3. Přesněji u 285 sezení se jednalo o elektrodu C3, u 174 sezení byl EEG signál snímán z elektrody C4 a Cz u zbývajících 3 sezení.



Obr. 18 Rozložení pacientů v závislosti na počtu sezení

Při tréninku byla především použita EEG biofeedbacková metoda SMR/Delta (viz Obr. 19). Pod hladinou SMR – senzomotorického rytmu, jehož zastoupení se v EEG spektru v průběhu tréninku snažilo zvyšovat, byly řazeny frekvence z EEG spektra v rozmezí od 12 do 19 Hz. Hladina Delta inhibovaná při sezeních obsahovala frekvence z EEG spektra v rozmezí od 2 do 7 Hz. Při tréninku se také inhibovala hladina Beta2, jejíž frekvence spadaly do rozmezí od 22 do 32 Hz. U 48 sezení založených na metodě SMR/Théta se inihibovala

hladina Théta obsahující frekvence od 7 do 8 Hz. Výjimku, při které se nezvyšovalo zastoupení SMR rytmu v EEG spektru, tvořilo 7 sezení, při kterých se zvyšovalo zastoupení hladiny Beta v rozmezí od 19 do 22 Hertzů.



Obr.19 - Zastoupení jednotlivých EEG metod v databáze

Vzhledem k tomu, že klienti absolvovali minimum sezení, neměla další podrobnější analýza většího smyslu. Ani jeden klient neabsolvoval minimální doporučený počet sezení, tj. 20. V databázi absolvovalo pouze 10 klientů alespoň poloviční počet doporučených sezení a z nich nejvíce jeden klient absolvoval 13 sezeními.

Tudíž jedinou možnou formou další analýzy bylo zjištění rozmezí hodnot poměrů použitých při analýze databáze z EEG Centra. Ke sledování zmíněných poměrů a hodnot bylo použito pouze záznamů 54 klientů absolvujících alespoň tři sezení.

První sledovaný poměr Theta/Beta se v databázi nacházel v rozmezí hodnot od 0,5 do 2,9. Druhý sledovaný poměr Theta/SMR obsahoval hodnoty od 0,3 po 2,7. Z hlediska 407 sezení absolvovaných metodou SMR/Delta byl charakteristický poměr Delta/SMR nabývající hodnot v rozmezí od 1,7 do 7,6. A poslední sledovaný poměr Beta2/Alfa nabýval hodnot od 0,4 po 1,7.

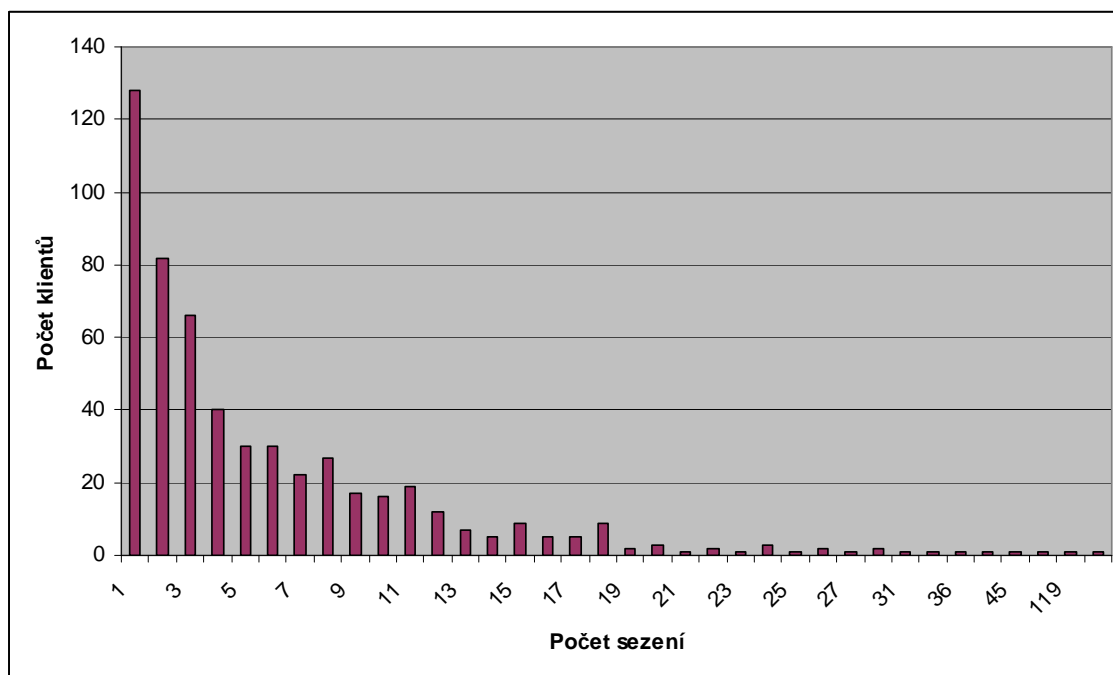
4.3.2 Analýza databáze EEG Centra

Jakmile jsem se mi podařilo vytvořit relační model, začal jsem databázi zkoumat. V databázi je 586 klientů. Věk jednotlivých pacientů nelze určit, protože, jak už bylo zmíněno, rodná čísla pacientů uložená ve sloupci ROD_CISLO sloužila pouze k identifikaci pacienta a konkrétní hodnoty neodpovídaly formátu rodného čísla. U jednotlivých pacientů bylo z osobních údajů v databázi uloženo pouze jméno a příjmení. V databázi nebyly uloženy problémy či důvody, které se pacienti snaží pomocí EEG biofeedback terapie řešit.

Celkový počet sezení byl roven číslu 4644. Na jednoho pacienta vycházelo průměrně 6 sezení. Určení průměrného času sezení bylo složitější.

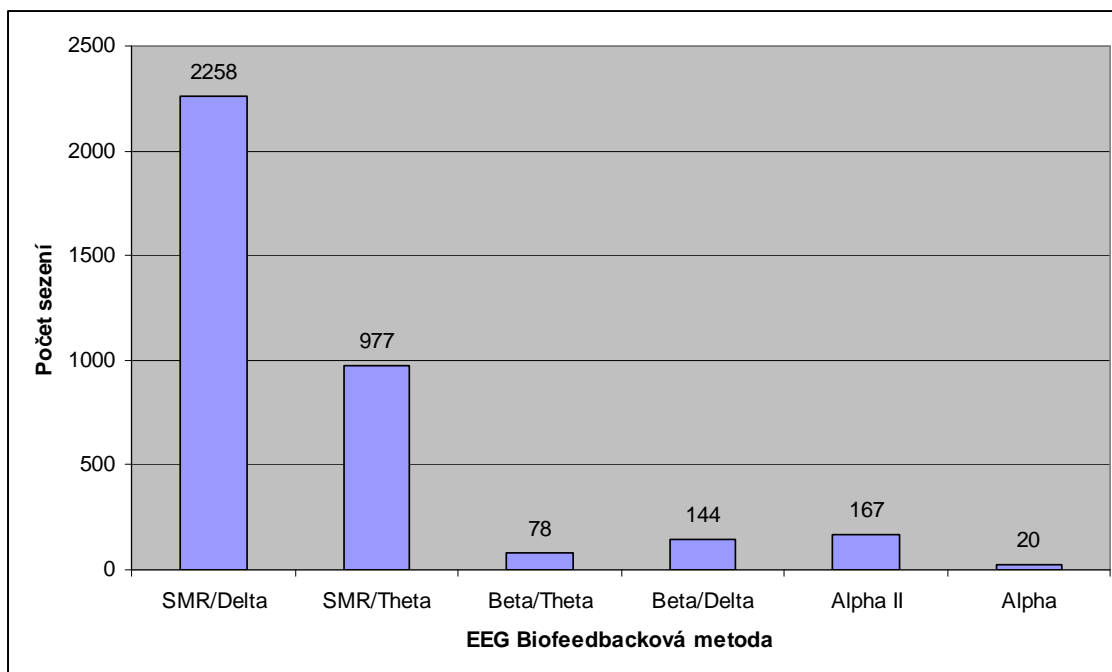
Čas sezení uložený pod sloupcem CAS_CELKEM v datovém typu text obsahoval hodnotu v minutách následanou příponou min. Tato přípona musela být odstraněna zmenšením velikosti pole textu na dva body a rozdělením na sezení trvajících více jak 9minut, tudíž neobsahovaly písmeno m a byly přeměněny rovnou na datový typ číslo. U sezení trvajících 9 a méně minut se velikost pole musela zkrátit na jeden bod a poté převést na datový typ číslo. U jednotlivých sezení pak průměrná doba vyšla 32 minut. Průměrný počet levelů absolvovaných za sezení bylo 11. Za jeden level obdržel pacient průměrně 155 bodů. A za celé sezení byla střední hodnota dosažených bodů 1658.

Počet sezení se u jednotlivých pacientů lišil. Na obrázku 20 je znázorněn histogram sezení.



Obr.20 Rozložení pacientů podle počtu sezení

Zastoupení jednotlivých metod EEG biofeedbacku používaných při sezení v databázi je znázorněno na obr.21. Nejčastěji se při EEG biofeedbackových sezeních používalo metody SMR/Delta. To proto, že se často pod hladinu Delta řadily grafoelementy s frekvencí v rozmezí 2-7 Hz. Tudíž se tato metoda používala i při léčení dětí s poruchou ADD/ADHD. Druhou nejpopulárnější metodou byla SMR/Theta, kde se pod theta hladinou skrývaly frekvence v rozmezí 4-7 Hz.



Obr.21 Zastoupení jednotlivých metod v databázi

Elektrody nejvíce aplikované při sezeních byly C4 a C3. Třetí elektrodou co do počtu sezení byla F3, elektroda zvláště zatížená na artefakty myografického původu. Další elektrody již méně zastoupené v databázi byly: P3, P4, Pz a u dvou sezení také zvláště zatížená elektroda F4. Z důvodu rozdílných elektrod je obtížné srovnávat EEG signál, který je pod každou elektrodou rozdílný, ať už se jedná o změnu oblasti nebo o změnu hemisféry.

V databázi je tedy sice 586 pacientů, avšak pro další analýzu je zapotřebí pacientů s alespoň dvaceti sezeními. Tudíž k bližší analýze posloužila skupina pacientů s absolvovanými alespoň dvaceti sezeními. Do této skupiny patřilo dvacetšest jedinců. Vybráním záznamů pouze těchto pacientů jsem vytvořil databázi s názvem Nad20sezení. Počet sezení absolvovaných klienty se lišil. Z důvodu porovnatelnosti jsem však analyzoval pouze jen prvních dvacetjedna sezení, které absolvovali všichni klienti.

Zaměřil jsem se na již zmíněné střední hodnoty hladin z EEG spektra (SMR, Beta2, Delta, Theta) a na jejich vzájemné poměry (Theta/Beta, Theta/SMR, Delta/SMR, Beta2/Alfa). Zjištěním průměrné střední hodnoty sledované hladiny z EEG spektra pomocí SQL dotazů z tabulky Databiof jsem získal za každé sezení průměrnou hodnotu sledovaných hladin. Počet těchto hodnot pak byl u každé hladiny stejný jako počet sezení absolvovaných konkrétním klientem.

A dále jsem spočetl výše zmíněné poměry hladin za sezení. K této analýze bylo zapotřebí nejprve pomocí SQL dotazů vytvořit poměry hladin u jednotlivých levelů, a poté spočítat střední hodnotu za celé sezení. Jednalo se o výpočetně náročné dotazy, které musely být prováděny postupně. Tímto postupem vznikl dotaz, který zohlednil údaje z tabulek Sezení a Databiof. Z tabulky Sezení byly dotazem vybrány sloupce Rod_cislo, Cislo_s, Datum, Metoda a Bodu_cel. Z tabulky Databiof byl nejprve v samostatném dotazu vybrán sloupec Cislo_s a vytvořeny sloupce s poměry vzniklými podělením sloupců se středními hodnotami hladin ze spektra EEG pacienta za jeden level. Potom jsem pokračoval sloučením vybraných sloupců z tabulky Sezení a vypočtením střední hodnoty poměrů za celé sezení. Vznikly tedy dva dotazy. Jeden obsahující poměry hladiny Theta/Beta a Theta/SMR, druhý s poměry Delta/SMR Beta2/Alfa. Sloučením dotazů vznikla nová tabulka s relevantními informacemi.

Po spočtení průměrných hodnot hladin a poměrů jsem vytvořil dotaz pro každého ze 26 zkoumaných klientů a exportoval tyto hodnoty do programu Microsoft Excel, čímž vzniklo 26 souborů nazvaných identifikačním číslem klienta. Poté jsem vytvořil excelové soubory nazvané podle jednotlivých hladin a poměrů, do kterých jsem zkopíroval hladiny a poměry všech klientů. Těchto souborů bylo 9: SMR, Beta2, Delta, Theta, Theta/Beta, Theta/SMR, Delta/SMR a Beta2/Alfa. V každém byla tedy uložena hladina nebo poměr všech klientů.

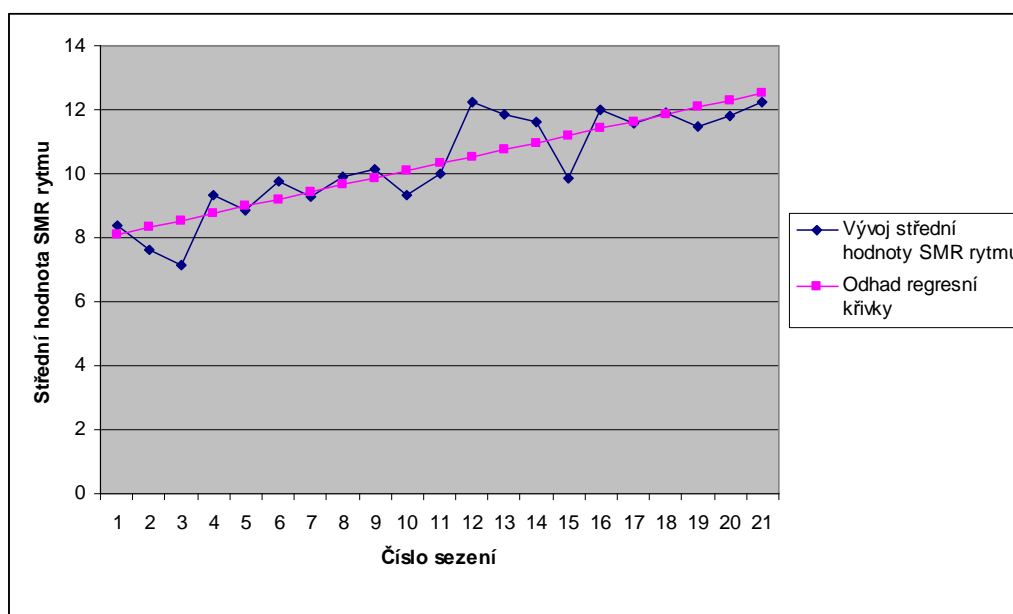
Na vývoj jednotlivých hladin a poměrů jsem aplikoval regresní analýzu. U každé hladiny a poměru jsem použil tři typy regresních křivek, tj. lineární, exponenciální a logaritmickou. Spočítal jsem odhady regresních křivek, pás spolehlivosti a index determinace. Použité vzorce jsou v Příloze 1. Index determinace nabývá hodnot od nuly po jedna, přičemž pokud index determinace vynásobíme stem, dostaneme procento hodnot, odpovídající odhadu regresní křivky. Porovnal jsem indexy determinace u všech regresních křivek. Největší hodnota indexu ukazovala na nejvhodnější aplikovanou křivku. Hodnoty indexu determinace se výrazně lišily pro některé vývoje hladin, poměrů nabýval hodnot menších než 0,1, z čehož plynula nevhodnost odhadu regresní křivky, a pro některé z hodnot větších než 0,5, což odpovídalo možnému proložení vývoje danou křivkou.

Nicméně u osmnácti klientů se ukázala nevhodnost použitelnosti kterékoliv z těchto regresních křivek. Z databáze a z ní vytvořených výpočtů vyplývá, že těchto osmnáct jedinců působením EEG biofeedback terapie nevykázalo změnu ve svém EEG, případně v poměrovém zastoupení hladin z EEG spektra.

Zbývajících osm klientů vykazovalo vývoj nahraditelný regresní křivkou buď u hladiny, poměru nebo obojího. Dále jsem se zaobíral jen těmito jedinci.

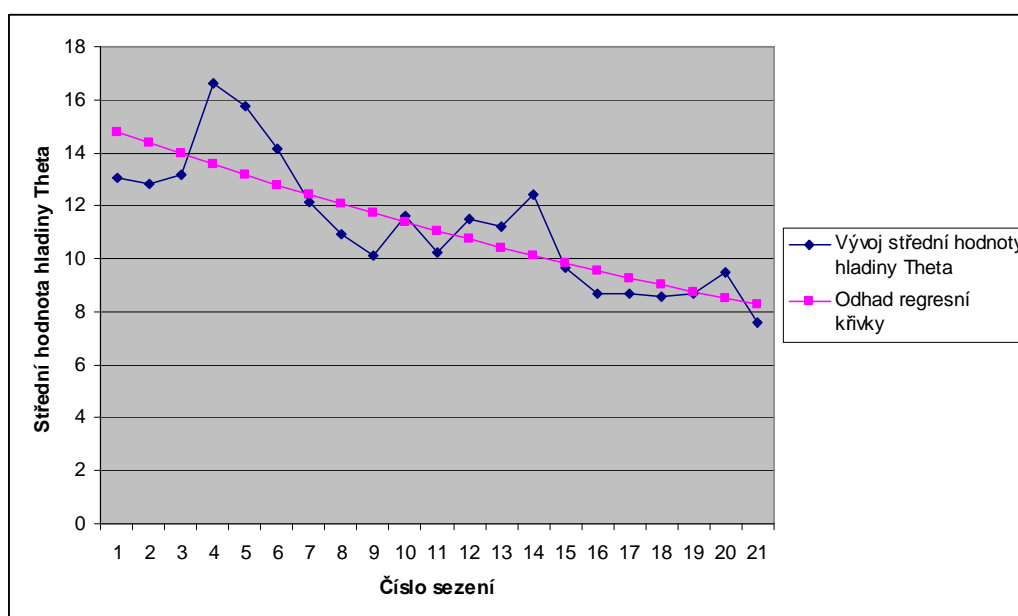
Za pomoci Mgr. Trčkové, která pracuje v EEG Centru, jsem zjistil diagnózu a věk klientů. Nacházely se mezi nimi rozdíly jak ve věku tak v diagnóze, kvůli které nastoupili terapii. Věk jednotlivých klientů byl v rozmezí od 7 do 57 let. Byli mezi nimi čtyři jedinci s diagnostikovanou poruchou pozornosti (ADHD), dva případy deprese, poruchy spánku lišící se zastoupením tréninku Alpha II, jeden případ specifických poruch učení a jeden případ kokaťavosti.

Vývoj průměru SMR rytmu se u pěti jedinců choval alespoň z poloviny podle regresního modelu. Dvěma případům nejlíže odpovídal exponenciální průběh, jednomu logaritmický a dvěma případům lineární, přičemž nejvíce ze 76,9% u klienta trpícího poruchou pozornosti, trénujícího metodou SMR/Delta. Tento vývoj je znázorněn na obrázku 22. Hodnota hladiny SMR stoupala, stejně jako u čtyřech případů, což je z hlediska terapie žádoucí. Poslední z pěti zmíněných vývojů vykazoval klesající tendenci. SMR rytmus ostatních klientů nevykazoval v průběhu terapie vývoj. Rozmezí hodnot, ve kterých se střední hodnota SMR nacházela, bylo od 5 do 15 μV .



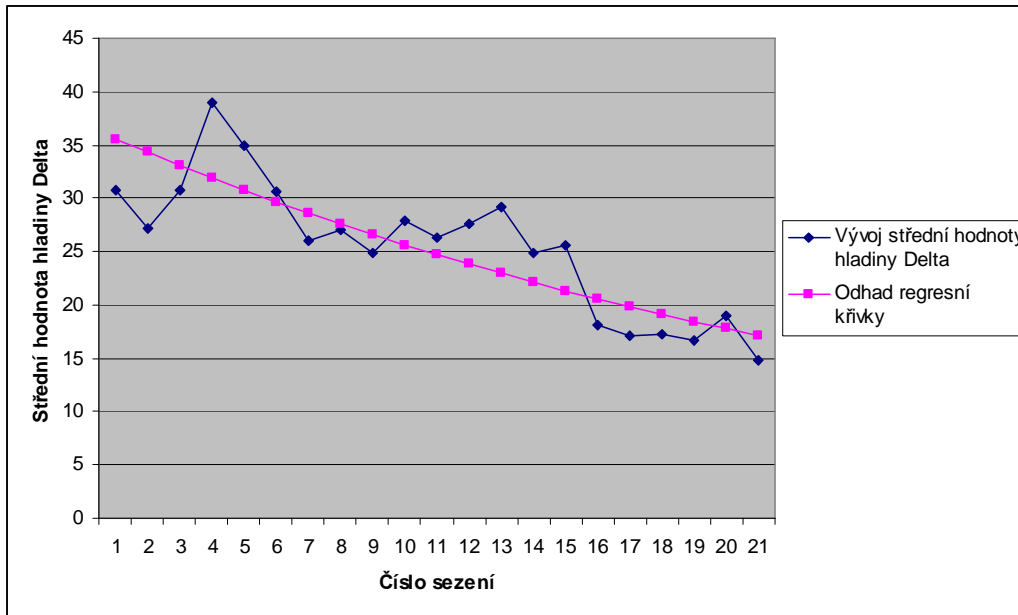
Obr.22 Vývoj střední hodnoty SMR rytmu

Střední hodnota hladiny Theta se vyvíjela u dvou klientů alespoň z poloviny podle odhadu regresní křivky. Nejvíce vyhovoval exponenciální model. Ze 73% v případě klienta trpícího koktavostí trénujícího metodou SMR/Theta. Průběh střední hodnoty hladiny je na obrázku 23. Z hlediska terapie je žádoucí snížení střední hodnoty hladiny, což odpovídalo dvěma již zmíněným klientům. Jeden klient vykazoval opačný vývoj, tj. nárůst střední hodnoty hladiny. Tento vývoj klienta trénujícího metodou SMR/Delta ze 44% odpovídal exponenciálnímu regresnímu modelu. Ostatní klienti nevykazovali ve střední hodnotě hladiny Theta vývoj charakterizovatelný alespoň jedním z regresních modelů. Střední hodnoty hladiny Theta nabývaly hodnot 6-17 μV .



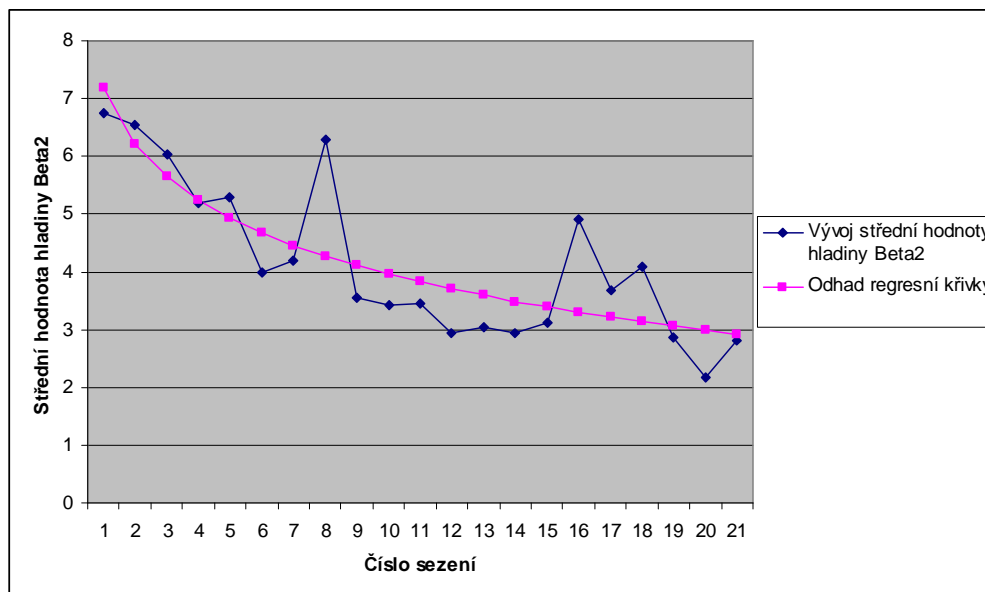
Obr.22 Vývoj střední hodnoty hladiny Theta

Třetí sledovaná hladina Delta a její vývoj byl obdobný jako u Theta hladiny, tj. vývoj střední hodnoty hladiny odpovídal u dvou případů odhadu regresní křivky alespoň z 50%. Jeden vývoj nejlépe charakterizoval logaritmický regresní model a druhý ze 73% exponenciální. Oba vývoje měly klesající trend, přičemž druhý zmíněný, zobrazený na obrázku 23, patřil, stejně tak jako vývoj střední hodnoty hladiny Delta, klientovi trpícímu koktavostí. Tento klient se z hlediska změn v hladinách a poměrech ukázal jako nejvýraznější. Další tři klienti měly u střední hodnoty hladiny Delta patrný klesající trend. Avšak použité regresní modely jim neodpovídaly. V jejich průběhu byly patrné výrazné výkyvy. Rozmezí hodnot vývoje hladiny Delta byl od 8 do 60 μV .



Obr.23 Vývoj střední hodnoty hladiny Delta

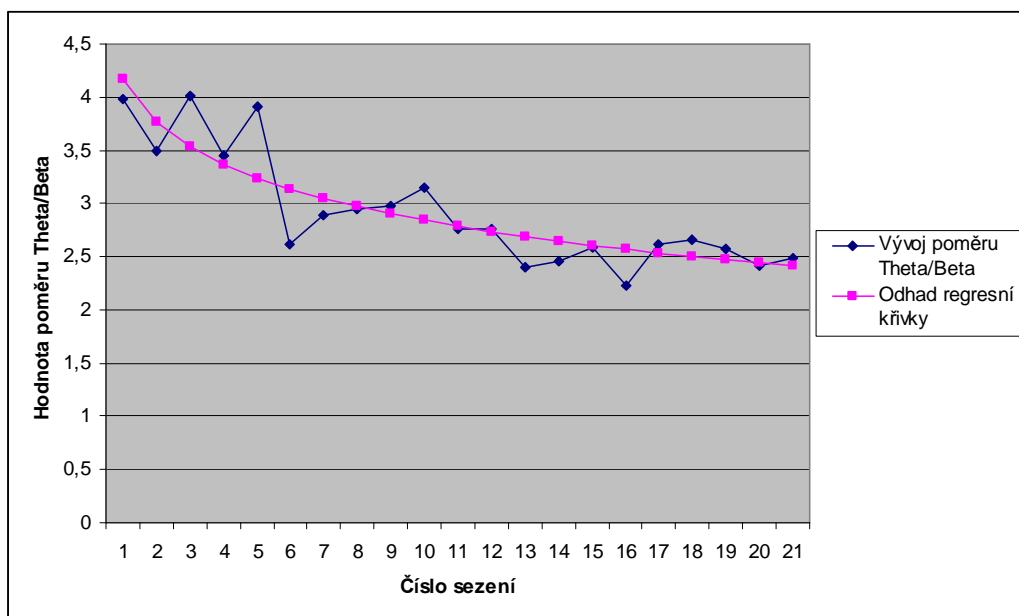
Poslední sledovanou hladinou z EEG spektra byla Beta2 používaná u obou nejpoužívanějších metod EEG biofeedback tréninku v databázi. Dva vývoje střední hodnoty odpovídaly logaritmickému regresnímu modelu více jak z poloviny. Byl u nich patrný klesající trend, který je pozitivní pro EBFT. Nejvíce, tedy ze 69%, vyhovoval odhad regresní křivky znázorněnému vývoji střední hodnoty na obrázku 24. Beta2 hladina však u ostatních klientů kolísala bez patrného vývoje, který nešlo charakterizovat ani jedním ze tří regresních modelů. Střední hodnoty se nacházely mezi 3 až 14 μV .



Obr.23 Vývoj střední hodnoty hladiny Delta

Z analyzovaných poměrů je nejdůležitějším z hlediska praktického využití poměr Theta/Beta. Jedná se o poměr používaný při diagnostice poruch pozornosti. Poměry se daly na rozdíl od jednotlivých hladin lépe charakterizovat regresními modely. Poměr Theta/Beta alespoň z poloviny odpovídal regresnímu modelu u šesti klientů. Čtyři klienti vykazovaly klesající trend ve vývoji poměru, což je z hlediska toho, že se zastoupení hladiny Theta snaží EBFT snížit a zastoupení hladiny Beta ve spektru zvýšit, pozitivní. Zbylí dva ze šesti klientů ovšem vykazovali ve vývoji stoupající trend, ikdyž trénovali stejnou metodou SMR/Delta tréninku jako většina. Je nutno podotknout, že hodnoty poměru i po stoupnutí byly pod hranicí fyziologie, tedy pod hodnotou 3. A lze jen těžko určit, zda pro tyto dva klienty nebyl žádoucí vzrůst poměru z hlediska psychického stavu. U třech klientů ze zmíněných šesti klientů nejvíce odpovídal exponenciální regresní model a dalším třem byl nejbližší logaritmický model. Nejvíce logaritmický regresní model odpovídal ze 75% u klienta, který trpěl specifickými poruchami učení, přesněji dyslexií, dysgrafií a dysortografií. Terapie u něho probíhala ve věku osmi let. Hodnotu poměru měl zprvu terapie nad hranicí fyziologie s výkyvy a při jedenáctém sezení hodnota již klesla pod tuto hranici (viz obrázek 24) s dalším ustálením na hodnotě 2,5.

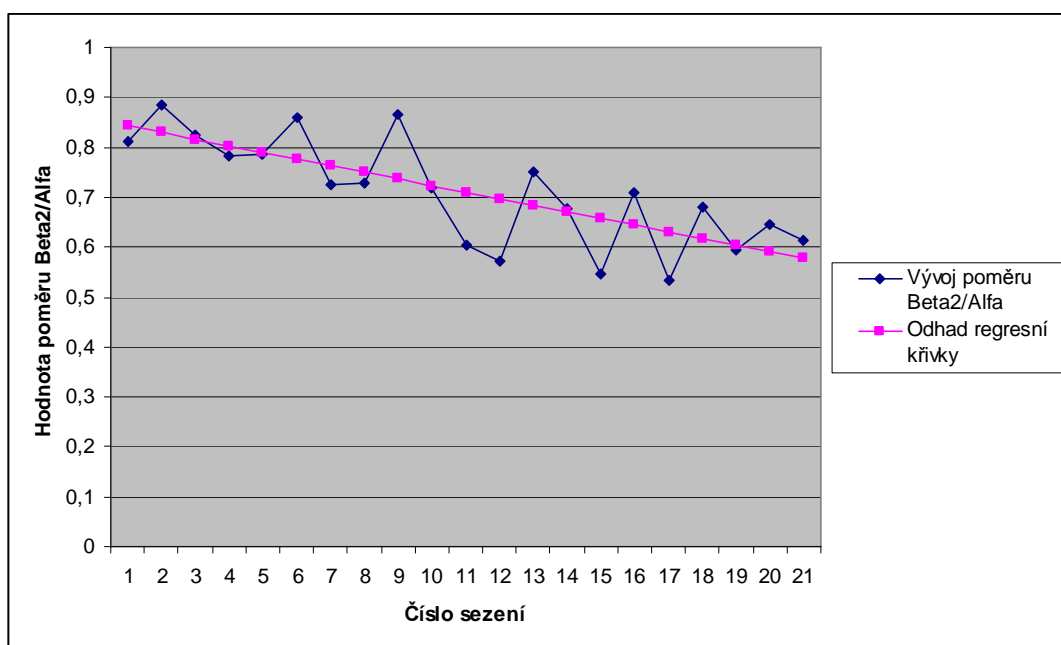
Vývoj poměru u ostatních klientů, vyjímaje zmíněných šesti, kolísal bez vývoje a ustálení někdy i nad hranicí hodnoty tři. Rozmezí, ve kterém se poměr nacházel, bylo od 0,8 po hodnotu 4.



Obr.24 Vývoj poměru Theta/Beta

Poměr Beta2/Alfa lze použít při léčbě depresí, úzkostí a fobií. Střední hodnota hladiny Alfa by měla být větší, než-li střední hodnota hladiny Beta2. Hodnota tohoto poměru by se měla nacházet pod hranicí jedna. Tento poměr se u zkoumaných dvacetišesti jedinců nacházel mezi hodnotami 0,2 a 1,5. U třech jedinců se poměr vyvíjel alespoň z poloviny podle regresních modelů. Dva vývoje nejlépe vystihl logaritmický regresní model a jeden nejlépe lineární regresní model. Mezi těmito třemi jedinci byl již dvakrát zmíněný klient trpící koktavostí. Vývoj jeho poměru nejlépe z 58% popsal lineární regresní model (viz Obr. 25).

Všichni klienti až na jednoho se s hodnotami tohoto poměru v průběhu či ke konci terapie dostali pod hranici hodnoty 1. Tomuto klientovi kolísala hodnota poměru mezi 0,8 až 1,5. Klient trénoval střídavě metodu SMR/Delta s metodou Alpha II trénovanou se zavřenýma očima. Tyto dvě metody se, pokud je to zapotřebí, střídají během jednoho sezení. Napřed se trénuje SMR/Delta a poté Alpha II.

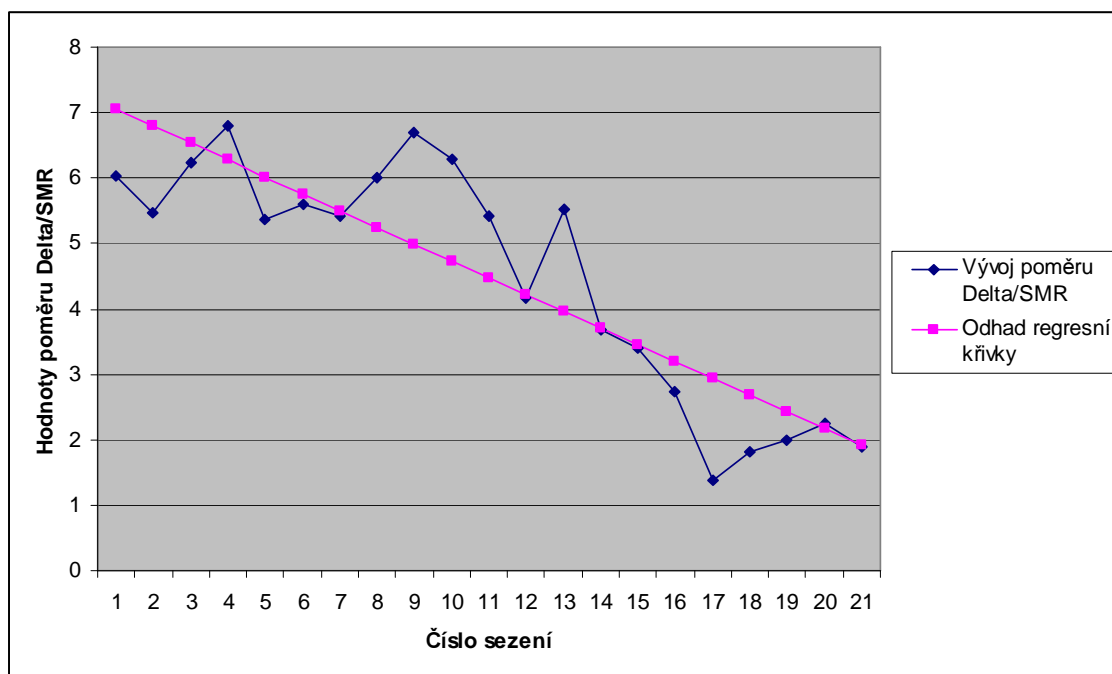


Obr.25 Vývoj poměru Beta2/Alfa

Následující zkoumaný poměr Delta/SMR vychází z poznatku, že pokud se trénovala metoda SMR/Delta, tak v sobě hladina Delta zahrnovala zkoumanou Thetu plus nižší frekvence 2-4 Hz. Tento poměr se oproti ostatním nacházel ve větším hodnotovém rozpětí, tj. v hodnotách mezi 1,5 až 8. Ve čtyřech vývoích šlo alespoň z poloviny aplikovat regresní model. Polovině,

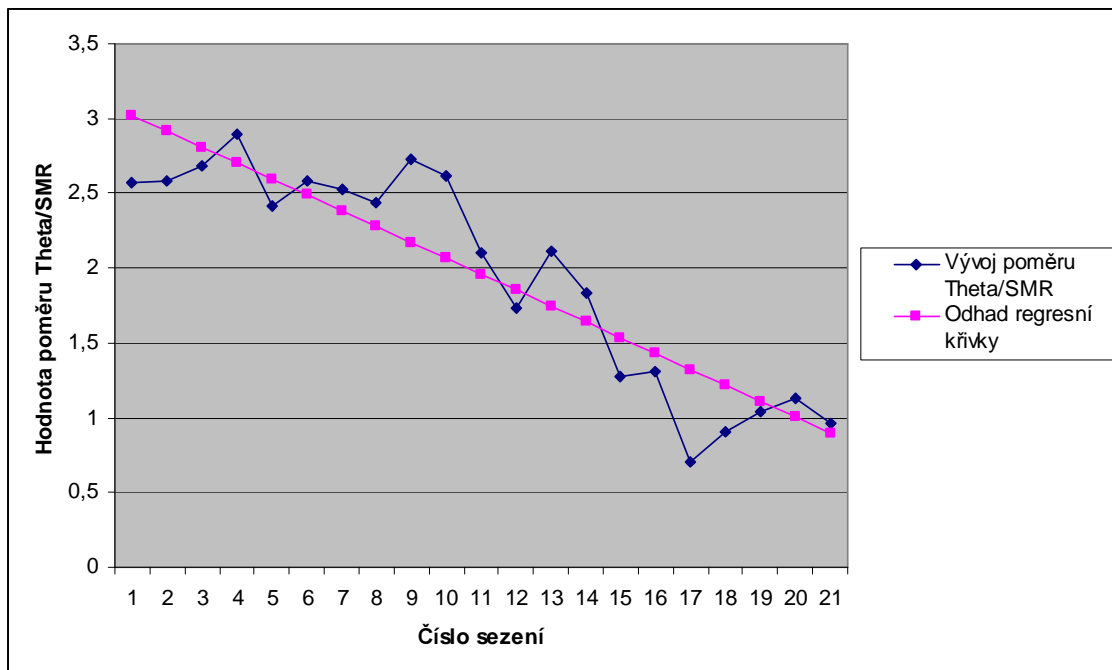
tedy dvěma, nejvíce vyhovoval logaritmický průběh, třetímu exponenciální a čtvrtému ze 75% lineární regresní model. Poslední zmíněný vývoj patřil opět již několikrát zmíněnému klientovi trpícímu koktavostí. Jeho vývoj je znázorněn na obrázku 26.

U čtyřech dalších jedinců vykazoval vývoj klesající trend, avšak méně popsatečný regresními modely. Ostatním poměr spíše kolísal bez vývoje.



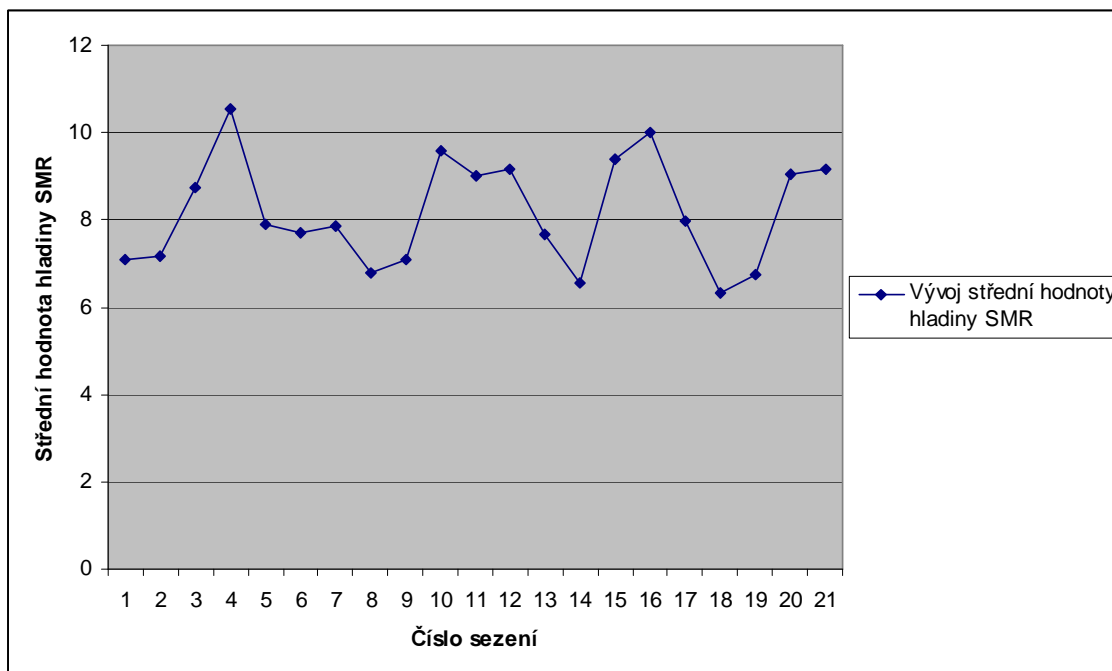
Obr.26 Vývoj poměru Delta/SMR

Do posledního z analyzovaných poměrů, tedy Theta/SMR, spadají frekvence 12-19 Hz (SMR rytmu), které odpovídají z části hladinám Alfa a Beta. Tento poměr je také používán v souvislosti s diagnostikou poruch pozornosti. Nacházel se v užším rozmezí než-li Theta/Beta, tj. v hodnotách od 1,2 po 3. Sedm klientů mělo vývoj tohoto poměru charakterizováno nejméně z poloviny vysvětlitelným regresním modelem. Tři případy nejlépe charakterizoval logaritmický model a shodně po dvou vývojích zase exponenciální a lineární model. Poměr pět ku dvěma charakterizuje klesající versus stoupající trend patrný u zmíněných sedmi klientů. Ve všech sedmi případech se nacházel pod hodnotou 3. Největší podobnost regresnímu modelu, tj. z 82%, byla patrná opět u klienta s problémem koktavostí. Vývoj s odhadem regresní křivky je znázorněn na obrázku 27. Ostatní vývoje jsou spíše kolísavé bez vývoje, občas však s ustalující tendencí.



Obr.27 Vývoj poměru Theta/SMR

Tolik samotná analýza, avšak u dalších nezmíněných vývojů hladin a poměrů, kterých bylo daleko více než-li zmíněných, bylo z hlediska charakteristiky obvyklé nepravidelné kolísání bez vývoje, u kterých nebylo platné využití regresní analýzy. Typický příklad takového vývoje je znázorněn na obrázku 28, což je vývoj střední hodnoty hladiny SMR.



Obr.28 Vývoj střední hodnoty hladiny SMR

Závěr

Seznámil jsem se s možnostmi EEG biologické zpětné vazby a analyzoval jsem dodané databáze pořízené při EEG biofeedback tréninku pocházející z externích pracovišť. Nejednalo se však o EEG záznamy jako takové, nýbrž o záznamy EEG biofeedback sezení. K dispozici jsem měl záznamy klientů a jejich sezení. Každé sezení se dělilo na jednotlivá kola, ze kterých byly v databázi uloženy střední hodnoty hladin z EEG spektra. Analyzoval jsem dvě databáze, z nichž jedna pocházela ze státní neziskové organizace nesoucí název Občanské sdružení IQ Roma Servis a druhá pocházející ze zdravotnického zařízení EEG Centra. K bližší analýze první i druhé databáze bylo zapotřebí odstranit nekonzistence a duplicity, které bránily bližšímu zkoumání. S databázemi jsem pracoval v programovém prostředí Microsoft Access, v níž jsem pomocí SQL dotazů odstranil již zmíněné nedostatky. Jejich odstraněním bylo možné z nich vytvořit relační databázi. A pomocí dalších dotazů si z nich vybrat potřebné informace k další analýze probíhající v programovém prostředí Microsoft Excel.

Databáze z Občanského sdružení IQ Roma Servis byla daleko menší, než-li druhá zmíněná. Obsahovala 139 klientů absolvujících 462 sezení. Další analýza, ve které jsem zkoumal vývoj střední hodnoty aplikovaných hladin z EEG spektra při EEG biofeedback tréninku a jejich vzájemných poměrů, vyžadovala u klienta alespoň dvacet absolvovaných sezení, tj. doporučenou minimální délku terapie. Po vytvoření relační databáze z IQ Roma Servisu se však ukázalo, že toto minimum neabsolvoval ani jeden klient. Tudíž další analýza databáze neměla většího smyslu. Určil jsem pouze rozmezí hodnot, ve kterých se zkoumané hladiny a poměry nacházely.

Druhá databáze pocházející z EEG Centra obsahovala 586 klientů se 4644 sezeními. Bohužel však z nich pouze 26 absolvovalo alespoň zmíněných 20 sezení. Přesněji všichni absolvovali alespoň 21 sezení, které jsem dále blíže zkoumal. Na vývoj středních hodnot hladin z EEG spektra a jejich poměrů jsem aplikoval regresní analýzu třech různých regresních modelů. A zjistil jsem, že u osmi klientů byly patrné změny ve vývoji sledovaných hladin a poměrů v průběhu terapie charakterizovatelné regresními modely. Tížené změny však nešly nějakým způsobem shrnout, protože byly u jednotlivých klientů různé a po zjištění bližších informací jsem zjistil, že se jednalo o klienty různých věkových kategorií s různými problémy, kvůli kterým nastoupili EEG biofeedback trénink. Nutno však podotknout, že zmínění klienti také

absolvovali sezení s různými metodami EEG biofeedback tréninku a zkoumaný EEG signál byl snímán z rozdílných elektrod, z čehož vyplývalo rozdílné zastoupení grafoelementů a rušivých artefaktů. Také je nutno podotknout, že se nejednalo o EEG záznamy jako takové. Ke zkoumání byly použity průměry středních hodnot ze sezení, tedy jedna hodnota u každého vývoje za jedno sezení. Pro vývoj ostatních hladin a poměrů bylo charakteristické kolísání bez patrného trendu s nemožností popsat tento vývoj zvolenými regresními modely.

Pro prokazatelné zjištění, zda-li vlivem EEG biofeedback tréninku dochází ke změnám parametrů EEG, by bylo zapotřebí si předem stanovit podmínky a také podle nich experiment provést, tj. nalézt vhodné probandy, dodržovat stejné metody EEG biofeedback tréninku, stejné elektrody ze kterých je snímán EEG signál, dodržovat pravidelnost jednotlivých sezení a také dobu ve kterých sezení probíhá. Analyzované databáze však nespĺňovaly ani jednu ze zmíněných podmínek. A ke zkoumání výsledků by také bylo možné použít klasické EEG záznamy nasnímané neurologem před nastoupením EEG biofeedback tréninku a po jeho zkončení, které by lépe odpovídal reálnému rozpoložení klienta. Popřípadě po každých pěti sezeních (či častěji) aplikovat vstupní měření, které se skládá u každého klienta z nasnímáním EEG - snímaných 3 minuty při zavřených očích, 3 minuty při otevřených očích a 3 minuty při fokuzaci na zvolený bod. Tím by se mohl snížit vliv nežádoucích artefaktů, kterých je při 45 minutovém sezení daleko více.

Příloha 1

Vzorce regresních křivek:

Lineární $y = a + bx$

Exponenciální $y = ae^{bx}$

Logaritmický $y = a + b \ln x$

Transformace na lineární $y = \ln y$ $a = \ln a$

Transformace na lineární $x = \ln x$

Vzorce koeficientů:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}$$

Výběrové průměry:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Odhad regresní přímky:

$$\hat{\eta}(x) = a + bx$$

Rozptyl odhadu regresní přímky:

$$D(\hat{\eta}(x)) = \left[\frac{1}{n} \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} \right] \sigma^2$$

Odhad rozptylu:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{S_R}{n-2}$$

Reziduální součet čtverců:

$$S_R = \sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\eta}(x_i))^2$$

Interval (pás) spolehlivosti pro regresní přímku (křivku):

$$(\hat{\eta}(x) - t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-2) \sqrt{\hat{D}(\hat{\eta}(x))}, \hat{D}(x) + t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-2) \sqrt{\hat{D}(\hat{y}(x))})$$

Index determinace:

$$I^2 = \frac{S_{\hat{\eta}}}{S_y} \quad S_{\hat{\eta}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\eta}_i - \bar{y})^2$$

$$S_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Zdroje:

- [1] FABER, Josef. Elektroencefalografie a psychofyziologie. Praha: ISV nakladatelství, 2001. ISBN: 80-85866-74-9.
- [2] FABER, Josef. EEG Atlas do kapsy. Praha: Triton, 1997. ISBN: 80-85875-51-9.
- [3] VALUCH, J.M. Neurotechnologie, mozek a souvislosti (3. vydání). Praha: Galaxy Publishing, 2006. ISBN: 80-903202-1-X.
- [4] SCHWARTZ, Mark Stephen and associates. biofeedback: a practitioner's guide. New York: Guilford Press. ISBN: 0-89862-916-0
- [5] KROPÁČEK, Jiří. Statistika B. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Učební text, 2007. ISBN: 80-214-3295-0
- [6] TYL, Jiří, PhDr. Efektivita EEG-biofeedbacku: Teorie a výzkum. Sborník zahraničních studií. Uspořádal PhDr. Jiří Tyl. EEG – biofeedback Centrum
- [7] TYL, Jiří, PhDr. BIOFEEDBACK čili Jak mysl ovládá svůj mozek. Teorie a praxe aplikované psychofyziologie. TRITON, 2006.
- [8] Kulišťák, Petr. Neuropsychologie. Praha: Portál, 2003. ISBN: 80-7178-554-7
- [9] EEG biofeedback. Základní informace pro veřejnost. PhDr. Jiří Tyl. URL: <<http://www.eegbiofeedback.cz/cesky/cesky.php?menu=1>>
- [10] BrainFeedback therapy@ Relax! Mind de-strees zone. Image Gallery. [cit. 2007-23-11] URL: <<http://brainfeedbacktherapy.com/imagesgallery.php#>>
- [11] EEG biofeedback. BrainFeedback III Unit [cit. 2007-08-12] URL: <<http://web.telia.com/%7Eu36119576/brainbiofeedback/index.htm>>
- [12] 13 Electroencephalography. Web-version of the book: Jaakko Malmivuo & Robert Plonsey: Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. Oxford University Press. New York. 1995 [cit. 2008-20-06] URL: <<http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/>>
- [13] Image:Eeg alpha.svg. Wikipedia Commons. [cit. 2008-20-06] URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Eeg_alpha.svg>
- [14] Image:Eeg beta.svg. Wikipedia Commons. [cit. 2008-20-06] URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Eeg_beta.svg>
- [15] Image:Eeg delta.svg. Wikipedia Commons. [cit. 2008-20-06] URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Eeg_delta.svg>

[16] Image:Eeg theta.svg. Wikipedia Commons. [cit. 2008-20-06] URL:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Eeg_theta.svg>

[17] Image:Eeg SMR.svg. Wikipedia Commons. [cit. 2008-20-06] URL:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Eeg_SMR.svg>

[18] HEG biofeedback. biofeedback.Centrum EEG biofeedbacku we Wroclawiu.
[cit. 2008-30-06] URL: <<http://biomed.org.pl/site.php?id=3>>