



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra Psychologie

Bakalářská práce

Neurofeedback a efektivnost jeho terapeutického využití

Neurofeedback and effectiveness of its therapeutic application

Vypracovala: Tereza Vospělová
Vedoucí práce: Mgr. Bc. Tomáš Mrhálek, Ph.D.
České Budějovice, 2020

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 11. 5. 2020

Podpis studenta:

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Mgr. Bc. Tomáši Mrhálkovi, Ph.D. za vedení práce a jeho cenné rady. Také bych chtěla poděkovat všem blízkým, kteří mě nejen po celou dobu psaní, ale hlavně studia podporovali.

Abstrakt práce

Název práce: Neurofeedback a efektivnost jeho terapeutického využití

Autor práce: Tereza Vospělová

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Tomáš Mrhálek, Ph.D.

Počet stran: 68

Tato teoretická bakalářská práce představuje neurofeedback, vývoj jeho zkoumání a přidružené oblasti. Dále se zabývá hodnocením efektivnosti terapeutického využívání v oblastech ADHD, epilepsie, specifických poruch učení, poruch autistického spektra, úzkostných poruch, OCD, depresivních poruch, poruch spánku, posttraumatické stresové poruchy a u zvyšování výkonu. Do hodnocení zahrnuje celkem 27 studií a 2 metaanalýzy z několika odborných databází jako je PubMed, Google Scholar, EBSCO, Sciencedirect, PsycNet a ResearchGate. Zařazeny byly randomizované kontrolované studie obsahující primární empirická data (mimo 2 metaanalýzy), které byly publikovány v anglickém, českém nebo slovenském jazyce či se jejich publikace chystá.

Dle dostupných výsledků nebylo možné potvrdit nejvyšší stupeň efektivity a léčba neurofeedbackem je charakterizována jako pravděpodobně efektivní. Práce shrnuje mnohé metodologické nedostatky nalezené v prostudovaných zdrojích a zdůrazňuje důležitost jejich odstranění pro budoucí výzkum, aby bylo možné nalézt a prokázat specifické působící faktory.

Klíčová slova: neurofeedback, EEG biofeedback, neuroterapie, elektroencefalografie

Abstract of thesis

Title: Neurofeedback and effectiveness of its therapeutic application

Author: Tereza Vospělová

Supervisor: Mgr. Bc. Tomáš Mrhálek, Ph.D.

Number of pages: 68

This theoretical bachelor thesis introduces neurofeedback, development of its research and its associated areas. It also deals with assessment of effectiveness of therapeutic use in the area of ADHD, epilepsy, specific learning difficulties, Autism Spectrum Disorders, anxiety disorders, OCD, depressive disorders, sleeping disorders, post-traumatic stress disorder and improving the performance. The assessment altogether involves 27 studies and 2 meta-analysis from several databases such as PubMed, Google Scholar, EBSCO, Sciencedirect, PsycNet and ResearchGate. Randomized controlled trials consisting of primal empiric data (except for 2 meta-analysis), which were published in English, Czech or Slovak language or their publishing is about to be done, were incorporated.

According to the available results, it wasn't possible to affirm the highest level of the effectiveness, and the treatment using the neurofeedback is characterised as probably efficacious. The work summarizes many methodological imperfections found in examined sources and stresses the importance of their elimination for the future research, so it might be possible to find and prove specific influencing factors.

Key words: neurofeedback, EEG biofeedback, neurotherapy, electroencephalography

Obsah

1	ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE	8
1.1	Elektroencefalografie	8
1.1.1	Zapojení elektrod	10
1.1.2	QEEG – mapování mozku	11
1.2	Biofeedback.....	11
1.3	Neurofeedback.....	12
1.3.1	Historie zkoumání a užívání NF ve světě	13
1.3.2	Historie zkoumání a užívání NF v České republice	14
1.3.3	Ukotvení NF v legislativě a praktické otázky týkající se jeho využití	15
2	NEUROFEEDBACK TRÉNINK.....	18
2.1	Plánování tréninku krok za krokem	18
2.2	Typy NF.....	23
2.3	Druhy tréninkových protokolů	25
2.4	Snímání signálu	26
2.5	Ukázkový trénink	27
3	METODOLOGIE HODNOCENÍ EFEKTIVITY	29
4	TERAPEUTICKÉ VYUŽITÍ NF V RŮZNÝCH OBLASTECH A ZHODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI.....	30
4.1	ADHD/ADD.....	30
4.2	Epilepsie	36
4.3	Specifické poruchy učení	37
4.4	Poruchy autistického spektra.....	38
4.5	Úzkostné poruchy a Obsedantně kompulzivní porucha.....	39
4.6	Depresivní poruchy	41
4.7	Poruchy spánku	42
4.8	Posttraumatická stresová porucha	43

4.9	Zvyšování výkonu.....	45
5	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ	48
6	DISKUZE	50
7	ZÁVĚR.....	53
	Seznam literatury	54
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek	66
	Seznam zkratek.....	67

Úvod

V současné době je nejen na poli psychologie ve stále větší míře uplatňován holistický přístup a multimodální léčba. Též lze pozorovat všeobecnou snahu nabídnout alternativní, ale vědecky ověřené přístupy ke klasické farmakoterapii či psychoterapii. Díky rozvoji neurověd, potažmo neuropsychologie a moderních technologií vznikla metoda neurofeedback, jíž se tato práce detailně zabývá. Aktuálně je pravděpodobně nejdiskutovanější metodou biofeedbacku z hlediska své efektivity. Zároveň jde ruku v ruce s posunem psychologického paradigmatu od výhradního zájmu o patologické stavy směrem k pozitivní psychologii a využívá se i ke zlepšování výkonů či kreativity u zdravých jedinců.

Cílem práce je shrnutí podstatných informací o neurofeedbacku, jejich přeložení do českého jazyka a zhodnocení efektivity jeho terapeutického využití. Nejprve jsou v úvodní kapitole této teoretické práce krátce představeny některé základní pojmy jako elektroencefalografie, zapojení jednotlivých elektrod, kvantitativní mapování mozku, biofeedback a následně i neurofeedback. Další část nabízí exkurz do historie výzkumu nejprve ve světě a poté i v České republice. Následují legislativní a praktické otázky týkající se etiky. Druhá kapitola se detailně zabývá neurofeedbackem, jednotlivými kroky, které je potřeba předem naplánovat, konkrétními využívanými typy a protokoly a na závěr přibližuje průběh tréninku. Ve třetí kapitole je zmíněna metodologie, pomocí níž byly zařazovány studie do kapitoly čtvrté, ta se věnuje již samotnému hodnocení efektivity metody.

V celém textu je souhrnně používáno pojmu klient, jelikož se pohybujeme na poli psychologickém, podobně jako při psychoterapii. Pojem pacient není využíván záměrně, jelikož se hodí spíše do lékařského prostředí a může s sebou nést stigmatizaci.

1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

1.1 Elektroencefalografie

Elektroencefalografie (zkráceně EEG) je neinvazivní metoda zachycující bioelektrické potenciály o různých frekvencích, které vznikají v mozku při jakékoli jeho aktivitě (Kulišťák, 2011). Měříme je pomocí elektrod, jež jsou umístovány na povrch hlavy. Jedná se o delta, theta, alfa, senzomotorický rytmus (SMR), beta a gama vlny (přehled s příslušnými frekvencemi viz Tabulka 1). Všechny frekvence jsou v mozku stále přítomny a žádné z vln nejsou a priori dobré ani patologické, problém může nastat až v okamžiku, kdy se vyskytují v neobvyklém poměru nebo v nestandardních částech mozku. Abnormality v EEG záznamu signalizují klinické poruchy, například při zvýšeném výskytu pomalých vln (theta či alfa) ve frontálních lalocích může docházet k problémům s chováním, pozorností nebo emoční regulací, často je tomu tak u poruchy pozornosti s hyperaktivitou (Hammond, 2011). Kvalitní EEG data bez artefaktů (šum z elektrické aktivity v místnosti, mrknutí, pohyby svalů) jsou pro efektivní neurofeedback trénink (NFT) naprosto zásadní (Demos, 2019).

Název	Frekvence	Výskyt
Delta	<4 Hz	hluboký, bezesný, non-REM spánek
Theta	4-8 Hz	lehký spánek, denní snění a hluboká relaxace, meditace, těsně po probuzení a před usnutím při zavřených očích
Alfa	8-12 Hz	bdělý, ale relaxovaný stav
SMR	12-15 Hz	klidový režim těla, bdělý stav mysli, pozornost zaměřená dovnitř
Beta	13-30 Hz	mentální aktivita, koncentrace
Gama	>30 Hz	intenzivně zaměřená pozornost

Tabulka 1: Frekvenční pásma mozkových vln
Volně přeloženo a upraveno podle: Demos (2019)

Každému druhu vln mohou být přiděleny dvě veličiny. První z nich je frekvence, tj. rychlost a rytmus mozkových vln, udávaná v hertzích (Hz) a druhá je amplituda, tedy výška a síla (resp. velikost) udávaná v mikrovoltech (μV).

Delta vlny se vyskytují zejména během spánku. Proto převládají u kojenců a batolat až do věku tří let, u nichž jsou přítomny až ve 40 %. Oproti tomu u dospělého jedince zabírají méně než 5 % frekvenčního pásma. Rytmičké delta vlny s vysokou amplitudou mohou značit traumatické poranění mozku (TBI – traumatic brain injury). Arytmické delta vlny byly ve zvýšené míře pozorovány u vysokoškolských studentů během úkolů zaměřených na řešení problému.

Theta vlny jsou spojovány se spontaneitou a kreativitou, ale také s nepozorností, těkavostí, denním sněním, depresemi a úzkostí. Během NFT u poruch pozornosti s hyperaktivitou (ADHD) je často hlavním cílem jejich částečné potlačení.

Alfa vlny jsou označovány za základní rytmus u zdravého člověka, bývají přítomny při relaxovaném stavu či meditaci, také při koncentraci a myšlení se zavřenými očima nebo těsně před usnutím. Při migrénách je jejich četnost výrazně nižší. Naopak zvýšený výskyt je spojován se stresem, špatnou kvalitou spánku, depresí či úzkostí. Lze je dále dělit na pomalé alfa vlny (lower alpha, 8-10 Hz) a rychlé alfa vlny (upper alpha, 10-12 Hz).

Mu vlny, objevující se v alfa pásmu (8-12 Hz), mohou být naměřeny na senzomotorické kůře, občasně v parietálních lalocích, a to při nečinnosti motorického systému. Jejich aktivita souvisí s činností zrcadlových neuronů, často mohou být nalezeny v EEG záznamu dětí a dospělých s poruchami autistického spektra.

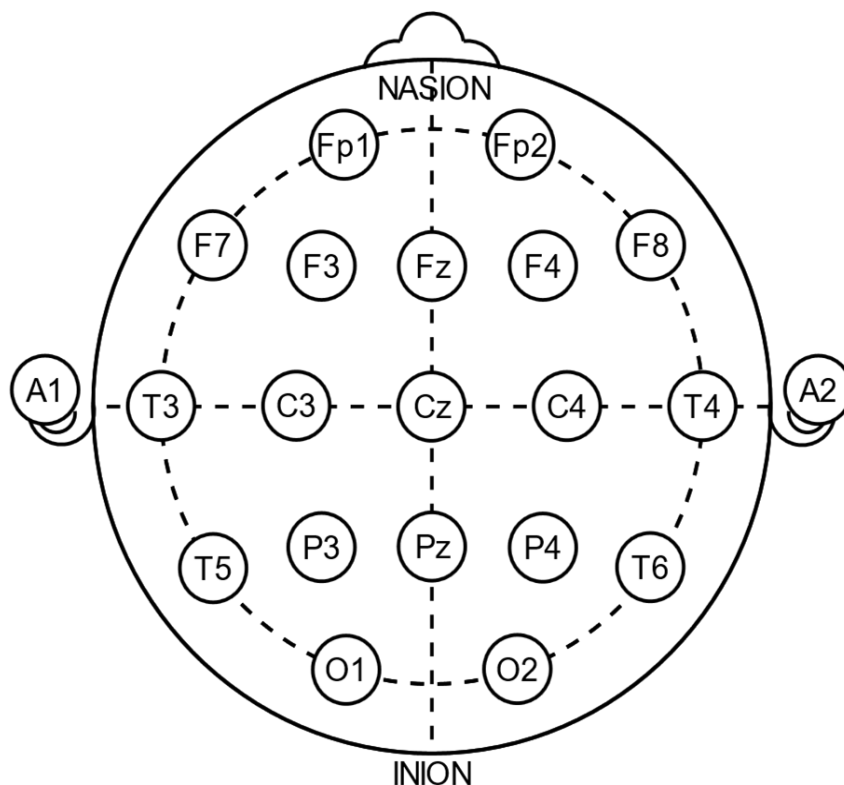
SMR vlny lze zaznamenat na senzomotorické kůře a ukazují na stav interní orientace. Vyskytují se při motorickém klidu a při jakémkoli pohybu či během usínání okamžitě mizí.

Beta vlny převládají při koncentraci a externí orientaci. Zvýšený výskyt bety lze běžně nalézt u mnoha poruch, například u obsedantně kompulzivní poruchy (OCD), u poruch spánku a mnoha dalších. Slabý kognitivní výkon a problémy se soustředěním se naopak mohou vyskytovat při nízké přítomnosti bety. Mezi beta a gama vlny někteří autoři řadí nově popsanou frekvenci **HiBeta** (vysoká beta, 20-35 Hz), kterou spojují s velkou mírou soustředěnosti, kognitivním zpracováním a špičkovou výkonností (peak performances), ale také s ruminacemi, migrénami a OCD.

Gama vlny se vyskytují během REM spánku a mentálního zpracovávání, též doprovázejí silné emoční prožitky. Naopak do velké míry chybí u specifických poruch učení nebo při mentálních deficitech (Demos, 2019; Longo, 2018; Markiewicz, 2017).

1.1.1 Zapojení elektrod

Na povrch hlavy jsou pomocí speciální čepice umisťovány elektrody, v maximálním počtu 256, které měří frekvenci mozkových vln. Uspořádány jsou dle systému 10-20 (popř. 10-10 při větším počtu elektrod), který udává jejich vzájemnou vzdálenost. Na obrázku níže (Obrázek 1) lze vidět 19 kanálové EEG (+ 2 referenční svorky A1, A2). Každá elektroda má své pevně určené místo a je pojmenována pomocí písmene a čísla. Písmena reprezentují konkrétní oblasti hlavy F – frontální lalok, T – temporální lalok, C – centrální část (senzomotorický kortex), P – parietální lalok, O – okcipitální lalok, A – ušní lalůčky, Fp – fronto-polární část, Fz, Cz, Pz – elektrody na středové čáře oddělující pravou a levou hemisféru. Všechna lichá čísla patří na levou hemisféru, sudá na pravou (Mirifar, Beckman, & Ehrlenspiel, 2017; Seeck et al., 2017).



Obrázek 1: Zapojení elektrod

Zdroj: [https://en.wikipedia.org/wiki/10-20_system_\(EEG\)](https://en.wikipedia.org/wiki/10-20_system_(EEG))

1.1.2 QEEG – mapování mozku

Kvantitativní elektroencefalografie (QEEG, též qEEG) je soubor matematických a statistických metod, jež umožňují prostřednictvím počítače zaznamenat a analyzovat filtrovaný EEG signál, a tím pádem zobrazovat mozkovou aktivitu a vytvářet tzv. mozkové mapy (Longo, 2018). Enger a Serman (2006) uvádí základní předpoklad, že patologické stavy jsou spojovány s abnormními EEG vlnami. Pomocí QEEG lze tedy lokalizovat problematická místa, k čemuž se nejčastěji využívá právě 19 (popřípadě více) elektrod zapojených systémem 10-20 a vlny jsou měřeny ve všech čtyřech mozkových lalocích. Výsledky jsou dále porovnány s některou z existujících normativních databází. (Demos, 2019; Longo, 2018) Mnoho autorů (Demos, 2019; Enger, & Serman, 2006; Hammond, 2011; Markiewicz, 2017) zdůrazňuje, že díky kvalitnímu QEEG je následně možno individualizovat neurofeedback trénink na míru klientovi, určit nadměrné nebo naopak deficitní frekvence, konkrétní problémy ve zpracování, asymetrii či koherenci vln a následně zvolit vhodný tréninkový protokol a zvýšit tak možnost na úspěch při léčbě.

Ptáček a kol. (2017) uvádí, že až 90 % dětí s ADHD má nezralé nebo abnormní EEG, a právě díky QEEG je možné pozorovat změny v klinickém obraze dítěte, které mohou po NF tréninku nastat. Na elektrodách F3, Fz a Cz se u ADHD často objevuje zvýšený výskyt theta vln, a proto je výhodné trénink zaměřit na jejich potlačení.

1.2 Biofeedback

I přes solidní vědecké důkazy bývá biofeedback (BFB) často zpochybňován pro svou odlišnost od postupů klasické medicíny. Pokud se jedinec potýká se zdravotními potížemi, tak běžně dostane léky, je odeslán na rentgen či jiné vyšetření, anebo podstoupí operativní zákrok. Jako příklad lze uvést začínající panickou ataku, při níž je možné vzít si lék (benzodiazepiny – Valium, Xanax), který jedinci pomůže se během chvíle uklidnit. Změna sice přijde automaticky sama, ale není trvalá, jelikož zde chybí proces učení (Demos, 2019). Oproti tomu biofeedback vyžaduje, aby jedinec vědomě kooperoval a zjišťoval, jak funguje jeho tělo a mysl, což je ovšem časově mnohem náročnější. K funkčním změnám, ale může vést už samotné uvědomění si problému a ochota na něm

pracovat. (Robbins, 2008). Biofeedback neboli metoda biologické zpětné vazby funguje na principu učení (jak aktivního, tak pasivního) a přirozené schopnosti organismu udržovat tělo v homeostáze. Tento soubor metod zprostředkovává informace o vlastním těle, díky nimž je možno regulovat a zlepšovat své fyziologické funkce, zdravotní stav, popřípadě výkon. Využívá se v různých oblastech psychologie, psychiatrie a klinické medicíny (neurologie a neuropsychologie, ortopedie, rehabilitace). Monitorovat lze tělesnou teplotu, tepovou frekvenci, kožní odpor, svalové napětí (EMG), frekvenci mozkových vln (EEG) a další veličiny (Ptáček et al., 2017).

1.3 Neurofeedback

Lidský mozek je plastický, je tedy možné ho během života přetvářet a měnit. Kulišťák (2011, s. 76, in Lebeer, 1998) definuje plasticitu jako „schopnost mozkové kapacity modifikovat svou strukturu nebo funkci jako odpověď na učení a poškození mozku.“ Této schopnosti mozku, učit se, neurofeedback (NF, též EEG biofeedback – EEG BFB) využívá. Jedná se o formu neinvazivní neuroterapie, která v reálném čase zobrazuje aktivitu mozkových vln, díky čemuž si je lze „uvědomovat“ a následně regulovat vlastní kortikální činnost (Arns et al., 2017). Pravidelným tréninkem dochází díky procesu učení k přetvoření struktur, a tudíž i fungování mozku. Mirifar a kol. (2017) poukazují na to, že díky magnetické rezonanci (MRI) byly po NF tréninku prokázány strukturální změny bílé a šedé hmoty mozkové, což potvrzuje zmiňovanou plasticitu. Jak uvádí Demos (2019) NF vychází z teoretických principů behaviorismu, a to jak z Pavlovova klasického podmiňování, tak hlavně ze Skinnerova operantního podmiňování. S klasickým podmiňováním má společné principy generalizace, diskriminace a extinkce. Relaxaci nacvičenou během tréninkových podmínek lze vyvolat, tedy ji generalizovat, i za jakékoli situace v běžném životě. Zpětná vazba poskytovaná klientovi je synchronizována s jeho mozkovými vlnami, ne s vlnami experimentátora, proto princip diskriminace. A veškeré chování, kterému se klient nově naučí, je třeba stále trénovat a posilovat, aby nedošlo k jeho zmizení neboli vyhasnutí. Výskyt mozkových vln je přirozeně se objevující událost a během operantního podmiňování dochází k okamžitému a cílenému posilování požadovaných frekvencí (Demos, 2019). Nejčastěji jsou klientovi vlny prezentovány v podobě vizuální, zvukové, taktilní (vibrace) nebo kombinované.

Nezřídka se jedná o počítačovou hru, například auto jedoucí po silnici, raketu letící vesmírem a další. Hru nelze ovládat klasicky joystickem, myší ani klávesnicí, ale pouze změnou frekvence mozkových vln, toho lze dosáhnout zvýšením pozornosti nebo naopak prohloubením relaxace či dalšími způsoby (Arns et al., 2017). Neurofeedback se vzájemně překrývá s metodou Brain-computer interface (BCI), kdy se jedinec nesnaží svou mozkovou aktivitu upravovat přímo, ale ovlivňuje externí zařízení prostřednictvím rozhraní spojujícího mozek s počítačem. Někteří autoři tedy tyto termíny (NF a BCI) používají zaměnitelně. (Reiner et al., 2018; Sitaram et al., 2016). Běžně se neurofeedback využívá k léčbě patologických stavů – specifických poruch učení, poruch pozornosti (ADHD/ADD), poruch spánku, při depresích, epilepsii, posttraumatické stresové poruše (PTSD), ale stále častěji také ke zvyšování kreativity, výkonnosti či kognitivních schopností u manažerů, chirurgů nebo sportovců. Ti se snaží dosáhnout tzv. peak performances – špičkových, vrcholných výkonů (Papo, 2019).

1.3.1 Historie zkoumání a užívání NF ve světě

Historie neurofeedbacku sahá až do 30. let 20. století a je spjata se jmény Gustave Durup a Alfred Fessard, kteří pozorovali, že alfa vlny mohou být modifikovány právě díky principům výše zmiňovaného operantního podmiňování (Arns et al., 2017). Jak uvádí Hammond (2011) intenzivní zkoumání NF započalo ve druhé polovině 20. století. A to zejména díky technickému pokroku během II. světové války, kdy byly vynalezeny dostatečně senzitivní přístroje (Robbins, 2008). V šedesátých letech se Kamiya a jeho žák Bach (Kamiya 1962, 1966, in Kamiya, 2011) věnovali výzkumu alfa vln. Nejprve se probandi pomocí jednoduché zvukové zpětné vazby učili rozpoznávat, jestli se nacházejí v požadované alfa frekvenci. V 50 až 500 opakováních se 6 probandů naučilo odpovídat s téměř 100% přesností. V dalším z jeho pokusů se probandi učili setrvávat v alfa frekvenci nebo ji naopak potlačovat. 8 z celkem 10 probandů se naučilo kontrolovat délku alfa cyklu po třech až sedmi hodinách tréninku. Další, kdo zkoumal alfa vlny, byl roku 1973 Green se svou manželkou, ti se vydali zkoumat biofeedback, resp. neurofeedback, do Indie, čímž bohužel na celou oblast vrhli nádech parapsychologie. Zkoumali jogíny, kteří se dokáží dostat do frekvence alfa vln a setrvat v ní po velmi dlouho dobu. Jejich měření je ovšem problematické z hlediska metodologie, jelikož jej není možné replikovat

v laboratorních podmínkách (Robbins, 2008). Wyrwická a Sterman (1968) pracovali na výzkumu spánku koček, při němž náhodně objevili SMR frekvenci, kterou kočky produkovaly po zmáčknutí páčky při nehybném čekání na potravu. Postupně tedy přestali odměňovat mačkání páčky, a naopak začali odměňovat výskyt SMR vln. Díky čemuž se je kočky naučily produkovat záměrně. Tato stejná zvířata byla shodou okolností použita při výzkumu raketového paliva způsobujícího nevolnost, bolesti hlavy a záchvaty astronautům a dalšímu personálu NASA, jenž s ním přišel do styku. Již dříve trénované kočky, které se naučily záměrně produkovat SMR frekvenci, měly značně vyšší záchvatovitý práh, což vedlo k zavedení této metody do léčby epilepsie (Mirifar et al., 2017; Ptáček et al., 2017). Budzynski zkoumal theta vlny, které bývají spojovány s efektivním učením se novým informacím (Robbins, 2008). Následně roku 1976 Lubar, Stermanův žák, popsal využití NF u poruch pozorností u dětí, což je dnes nejlépe zmapovaná oblast. Roku 1995 byla metoda BFB uznána Americkou psychologickou asociací (APA) jako relevantní terapeutická metoda pro psychology. Další velký pokrok přišel v novém tisíciletí společně s rozvojem výpočetní techniky. Vznikly nové možnosti, jak pracovat s EEG záznamem, jak ho kvantitativně hodnotit (QEEG), zpracovávat pomocí spektrální analýzy, lokalizovat intrakraniální zdroje EEG a další. Vytvořeny byly také normativní databáze usnadňující vyhodnocování záznamu (Ptáček et al., 2017).

1.3.2 Historie zkoumání a užívání NF v České republice

Dle Šlepeckého, Novotného a Haase (2010) již v 70. letech v tehdejší Československu začaly vznikat práce o biofeedbacku. Ptáček a kol. (2017) uvádí, že konkrétně o neurofeedbacku se začínají první práce objevovat až v 80. letech 20. století. Jedná se převážně o teoretické práce, zabývající se alfa vlnami, Simona (1980), Bohdaneckého a kol. (1980) a Marase a kol. (1980). V roce 1996 započalo první systematické hodnocení efektivity metody EEG biofeedbacku Tylem a kol. (1996) na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Na přelomu tisíciletí se zvedla vlna poměrně velkého komerčního zájmu o metodu, která vzbudila zájem také laické veřejnosti. To z velké části vedlo díky nedostatku kvalitních vědecky podložených dat spíše k odmítavé reakci velké části odborníků. Zároveň vzniklo mnoho komerčních center, kde dochází k nadhodnocené a neobjektivní prezentaci této metody.

Další, kdo zkoumali nebo zkoumají tuto metodu v ČR jsou Faber (1991, 2002, 2010) a Kopřivová a kol. (2008, 2013). Nejaktuálnější knižní publikaci na toto téma s názvem Biofeedback v teorii a praxi vydali Ptáček a kol. v roce 2017. Neurofeedbacku je také věnována kapitola v knize Klinická neuropsychologie v praxi od Kulišťáka a kolektivu autorů, též z roku 2017.

1.3.3 Ukotvení NF v legislativě a praktické otázky týkající se jeho využití

Legislativní ukotvení biofeedbacku, resp. neurofeedbacku v České republice chybí, a proto se vychází především z praxe v USA. Z tohoto důvodu je složité jeho užívání jakkoli regulovat, a to zejména na poli soukromé (živnostenské) praxe. To také znamená, že léčba pomocí něj nemůže být hrazena ze zdravotního pojištění. Pokud je NF využíván ve zdravotnických zařízeních, podléhá lékařskému etickému kodexu a legislativě. Jelikož se jedná o metodu s velmi širokým záběrem možností aplikace, je nutno mít znalosti z mnoha oborů (medicíny, psychologie, neuroanatomie, neurofyzologie, IT a dalších), aby bylo možno provozovat ji lege artis. Ovšem obecně neexistuje žádná profese, která by podmiňovala vstup do výcviku v této metodě (Ptáček et al., 2017).

Mezi světové organizace zabývající se otázkami ohledně biofeedbacku a neurofeedbacku patří Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback – AAPB), dále Mezinárodní aliance pro certifikaci v biofeedbacku (Biofeedback Certification International Alliance – BCIA) a Mezinárodní společnost pro neurofeedback a výzkum (International Society for Neurofeedback and Research – ISNR). V ČR jsou to Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback České republiky a pražský EEG Biofeedback Institut. V současné době lze pozorovat snahu o to, aby pracovníci využívající BFB byli certifikováni mezinárodně, proto AAPB a BCIA společně stanovují minimální standardy pro jedince využívající BFB. Každý poskytovatel EEG biofeedbacku by tedy dle BCIA měl splňovat požadavky na vzdělání v oblasti neuroanatomie a neurofyzologie, psychofarmakologie a dále musí absolvovat supervizi. Zároveň by měl být dostatečně zkušený k poskytování služeb na nejvyšší úrovni současných znalostí, pročež by měl pravidelně sledovat aktuální výzkum. EEG Biofeedback Institut v ČR přijal dle vzoru Americké

Psychologické Asociace (APA) Etický kodex Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback k provádění metody a standardům chování a vzdělávání praktiků (EEG Biofeedback Institut, n.d.). Povinnosti vyplývající z provozování přístrojového vybavení pro neurofeedback upřesňují příslušné elektrotechnické předpisy, které ukládají například povinné provedení revize za určitá časová období (AAPB, Inc.; Ptáček et al., 2017).

Ublížení klientově zdraví je, jak píše Ptáček a kol. (2017), ze samotné podstaty metody či jejího fungování nemožné, lze však ublížit jejím neodborným provozováním. Nesmí se využívat u pacientů s akutními psychózami ani při akutním epileptickém záchvatu. Zároveň může nekvalifikovaný provozovatel nesprávným použitím metody vyvolat bolesti hlavy trvající od několika hodin až po několik dnů, záchvat migrény či nespavost, noční můry. Popřípadě může dojít také ke zhoršení školních výsledků a chování v důsledku buďto útlumu či naopak přetížení. Možné je u klienta vyvolat frustraci nízkou frekvencí odměn, pokud nedojde k nastavení přiměřených cílů odpovídajících momentálnímu stavu a možnostem. Tyto nežádoucí vedlejší účinky se však vyskytují velmi zřídka a metoda je v tomto ohledu považována za bezpečnou.

Dle Longa (2018), je během léčby pomocí NF nutno brát v potaz také další aspekty, jež mohou léčbě napomáhat nebo ji naopak brzdit. Kupříkladu klienti zažívající intenzivní stres v oblasti sociální (vztahy v rodině, náročná práce) mohou z léčby profitovat mnohem pomaleji. Negativně může léčbu také ovlivňovat zvýšená konzumace alkoholu nebo rekreačních drog. Naopak benefitovat v daleko větší míře mohou ti klienti, kteří zároveň udělají změny ve svém životním stylu – zkvalitní stravu, zařadí pravidelný pohyb a zavedou správnou spánkovou hygienu. Také upozorňuje, že případně, pokud klient bere léky např. v souvislosti s ADHD měl by být jeho ošetřující lékař vždy obeznámen, že prochází NF tréninkem. Jelikož se mohou měnit potřebné dávky léků související se změnou či ústupem symptomů.

Další ze souvisejících etických otázek se týká použití **sham neurofeedbacku** (též pseudo, placebo NF), který se využívá u kontrolní skupiny k ověření efektivity NF (Arina et al., 2017). Současné výzkumy se snaží prokázat, jestli zlepšení symptomů nastává díky aktivnímu působení NF či do hry vstupují

spíše nespecifické faktory, včetně placebo efektu. Sham NF může probíhat buďto na odlišné frekvenci, než která by měla být trénována nebo může být celý průběh přednastavený nezávisle na jedinci (Schönenberg et al., 2017). Mirifar a kol. (2017) poukazuje na problém etiky, jelikož klienti investují svůj čas a úsilí, aby dosáhli zlepšení stavu, a přitom se jim dostává pouze sham NF, od něž není očekáván žádný účinek. Navrhuje proto, aby byl sham NF použit pouze jednou či dvakrát a byl následován klasickým NF. V Schönenbergově a kol. (2017) studii se experimentální skupina zúčastnila 30 NFT a kontrolní skupina absolvovala 15 sham NFT, následovaných 15 klasickými NFT. Vždy by tedy měla být nabídnuta možnost, jak sham NF nahradit a kompenzovat.

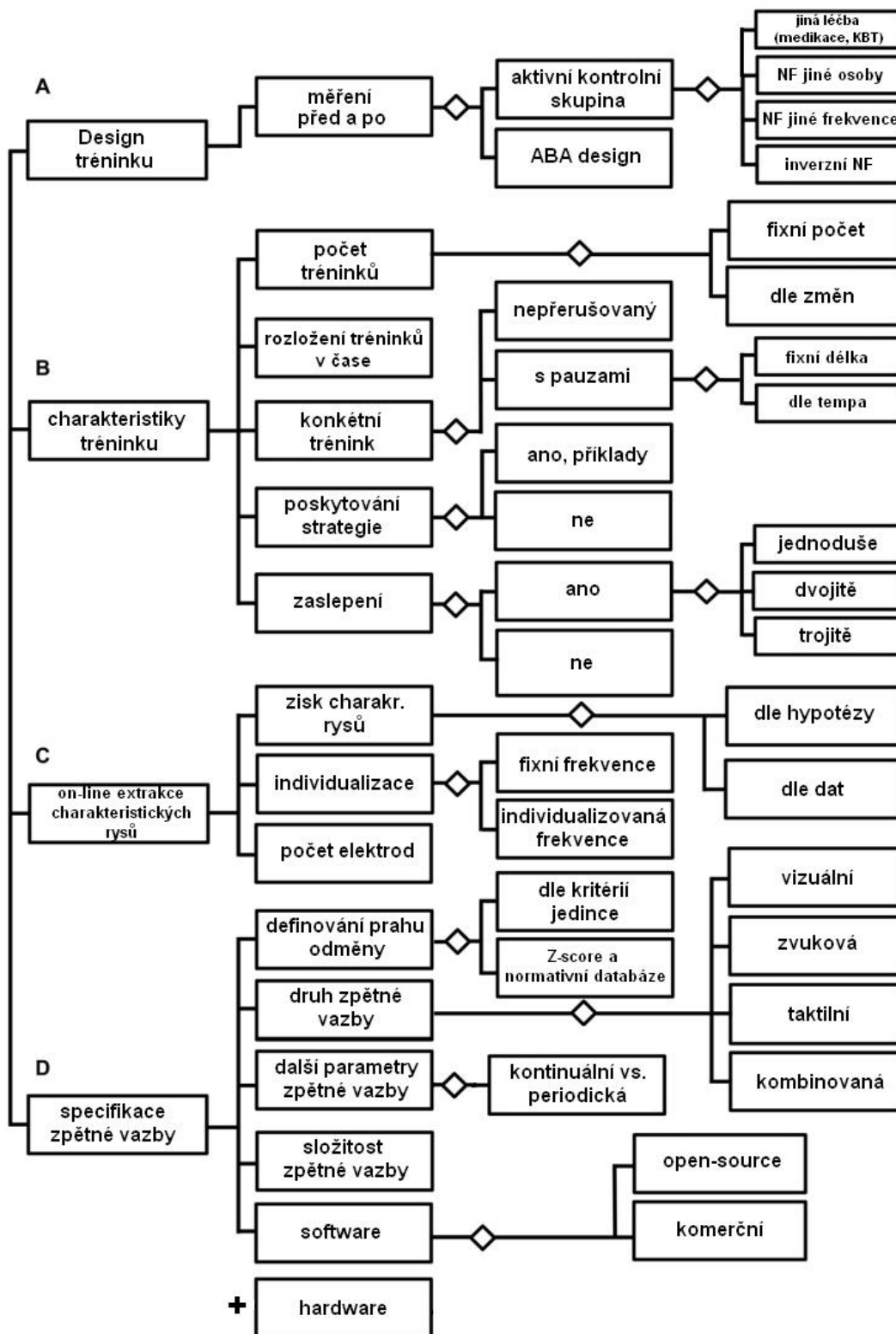
2 NEUROFEEDBACK TRÉNINK

Enriquez-Geppert, Huster a Herrmann (2017) popisují pět důležitých komponent neurofeedbacku. První z nich zahrnuje způsob, jakým proběhne **zisk dat**. Lze využít různých přístrojů a metod, jedná se například o EEG, fMRI a další možnosti, které jsou konkrétněji popsány v kapitole 2.2. Za druhé je to **on-line zpracování dat**, jelikož zpětná vazba je poskytována okamžitě, musí být systém schopen vyhodnocovat a odstraňovat rušivé artefakty vznikající v záznamu při pohybech očí nebo svalů. Třetí bod nazývají jako **extrakci charakteristických rysů** (v originále feature-extraction), tzn. nalezení a vyznačení příslušných mozkových vln (například theta/SMR), se kterými bude dále pracováno, a které mají být trénovány. Za čtvrté je to **generování zpětné vazby**, tedy přetvoření získaného signálu a jeho prezentace **klientovi**, který je posledním, pátým, článkem v celém procesu.

Dále Ptáček a kol. (2017) upozorňují, že před zahájením samotného tréninku je pro zvýšení jeho potencionální úspěšnosti vhodné udělat kvalitní vstupní vyšetření, tedy projít psychologickou a zdravotní dokumentaci klienta, pořídit záznam kvalitativního EEG (QEEG), otestovat jej dotazníky a pravdivě edukovat o možnostech metody.

2.1 Plánování tréninku krok za krokem

Naprosto zásadní nejen pro NF trénink, ale i pro každý experiment/výzkum je jeho správné naplánování. Na obrázku na následující straně (Obrázek 2) je přehledný náskres sledující NF krok za krokem. Na samém počátku je nutno stanovit výzkumný design, tedy to, jakým způsobem bude probíhat výběr jedinců, jejich rozdělení do skupin a měření před, v průběhu i po ukončení, aby bylo možno správně vyhodnotit výsledky. Důležité je vždy mimo experimentální skupinu sledovat také kontrolní skupinu, ideálně aktivní (nebo alespoň pasivní). Možností, jak pracovat s kontrolní skupinou je hned několik, ideální variantou je skupina absolvující sham NF (též pseudo, placebo NF). Ten může být ve formě buďto dopředu nahraného záznamu mozkové aktivity někoho jiného nebo lze odměňovat jiné než trénované frekvence (Enriquez-Geppert et al., 2017). Také je možné



Obrázek 2: Plánování NF tréninku krok za krokem

Volně přeloženo a upraveno podle: <https://psycnet.apa.org/record/2017-08754-001>

využít jako kontrolní skupinu jedince procházející jiným druhem léčby. Takovým způsobem ovšem nelze kontrolovat působící nespecifické faktory. Sundawa a kol. (2018) porovnávají aktivní skupinu procházející NF s kontrolní skupinou používající medikaci, Schönberg a kol. (2017) zase NF a kognitivně-behaviorální terapii. Možné je využít i inverzního NF, kdy má jedinec za úkol nejdříve zvyšovat a následně snižovat (nebo naopak) výskyt určité frekvence, tudíž by mělo být možné sledovat protichůdné behaviorální a jiné změny. Poslední možností je místo kontrolní skupiny využít ABA design, kdy je nejprve aplikován reálný trénink (fáze A), ten následně je přerušen (fáze B), aby bylo možno pozorovat, zda se navrátí původní stav a poté je trénink (fáze A) opět obnoven (Enriquez-Geppert et al., 2017). Také je potřeba rozhodnout, celkem kolik tréninků, a jak často bude konkrétní jedinec absolvovat. Longo (2018) poukazuje na fakt, že aby mohl být NF efektivní, je potřeba absolvovat větší množství tréninků, obvykle mezi 30-40. Někteří klienti mohou těžit již z 20, jiní potřebují i 60 a více. Také podotýká, že po dosažení požadovaných výsledků je vhodné ještě přidat dalších 5-10 sezení pro jejich upevnění. Počet tréninků může být fixní, nejčastěji stanovený předem nebo ho lze upravovat v průběhu dle aktuálních požadavků a změn symptomů konkrétního klienta (Enriquez-Geppert et al., 2017). Dle Longa (2018) by tréninky měly být častěji než 1× za týden, ideálně 2× až 3× týdně. Obvyklá doba trvání se různí od 20 až do 60 minut, přičemž nejčastěji trvají 45 minut. Po 5-6 sezeních by měl klient začít pociťovat změny, jako zlepšení spánku, větší množství energie, vyšší koncentrace nebo schopnost snadněji relaxovat. Celkový čas by také měl být přizpůsoben konkrétním možnostem a schopnostem klienta. Trénink je možné naplánovat buďto v kuse nebo s pauzami mezi jednotlivými bloky. Další otázkou je, zda během tréninku poskytovat klientovi instrukce a rady, jak docílit požadovaného stavu, jak posilovat nebo naopak snižovat určitou frekvenci nebo zdali je lépe nechat ho, ať se o to pokouší samostatně. Speciálním příkladem jsou pacienti po mozkové mrtvici, u nichž je NF využíván při rehabilitaci postižených končetin. V takovém případě jsou přímo instruováni, aby si požadované pohyby představovali. Následující bod, a to zaslepování NF výzkumů, potažmo tedy jednotlivých tréninků, je poněkud problematický. Dle metodologických zásad měly být kvalitní výzkumy zaslepeny, buďto jednoduše, dvojitě nebo v ideálním případě trojitě. Při zaslepení, kdy ani výzkumník neví, zda se jedná o klasický NF či sham NF musí být celý proces

automatizovaný a řízený počítačem, což stojí v protikladu k doporučením o maximální možné individualizaci na míru každému, které ovšem musí provádět experimentátor (Enriquez-Geppert et al., 2017). Vytvoření kontrolní placebo (sham) skupiny sice minimalizuje efekt působení nespecifických faktorů, ale zároveň s sebou nese již výše zmiňované etické problémy. Lansbergen a kol. (2010) zkoumali proveditelnost a bezpečnost dvojitě zaslepeného, individualizovaného NF s placebo skupinou u dětí s ADHD. Někteří autoři, např. Kotchoubey a kol. (2002) argumentují, že sham NF není proveditelný, jelikož ho klienti snadno rozpoznají. Proto Lansbergen a kol. (2010) požádali v závěrečném rozhovoru rodiče i děti, aby určili, zda bylo dítě v aktivní NF nebo sham skupině. Dle dostupných výsledků ani jedna ze skupin nebyla schopna spolehlivě určit své zařazení. Naopak Angelakisem a kol. (2007) došli k protichůdnému závěru. V jejich pilotní studii jeden z celkového počtu šesti účastníků procházel sham NF, kdy jako zpětnou vazbu dostával signál patřící jinému účastníkovi. Po skončení experimentu hodnotil NF jako matoucí a neefektivní. Dalším bodem, na který je nutné se dle Enriqueze-Gepperta a kol. (2017) zaměřit je extrakce charakteristických rysů ze záznamu mozkové aktivity. Charakteristický rys může být definován jako určitá aktivita, frekvence či její poměr s jinou, odlišující mozek s patologickými projevy od zdravého. Tuto aktivitu lze měřit mnoha způsoby – v klidu, během úkolu, s otevřenými nebo zavřenými očima atd. Důležité je určit i to, zda se bude pracovat s fixním nebo s individualizovaným rysem (specifickou frekvencí). Čím více je neurofeedback individualizovaný na míru určitého klienta, tím úspěšnější by měl dle předpokladu být, jelikož záleží i na proměnných jako je věk klienta, na míře určitého postižení/symptomu nebo kognitivních schopnostech. Pro snímání samotného signálu hraje důležitou roli i umístění a počet použitých elektrod. Rogala a kol. (2016) nabízí přehled studií, které využívají k měření jednoho rysu odlišné pozice a způsoby probrané podrobněji níže v kapitole 2.4. Další kroky nabízející různé možnosti se týkají poskytování zpětné vazby. Jak zdůrazňuje Demos (2019) NF vždy odměňuje a nikdy netrestá. Tréninkové cíle neboli práh odměny nastavuje buďto manuálně klinik/experimentátor nebo systém zcela automaticky, čehož využívají již zmíněné zaslepené studie. Manuálně nastavitelné cíle jsou proměnlivé podle aktuálního výkonu klienta, když je „ve formě“ dostává ztížené cíle, naopak nejde-li mu trénink, cíle jsou ulehčovány, aniž by o tom klient věděl. Ve výsledku by mělo být 80 %

odměňovaného času a jen 20 % neodměňovaného (Ptáček et al., 2017). Pro nastavení prahu odměny lze využít i Z-score tréninku pracujícího s normativní databází. Podstatný je také způsob, jakým je zpětná vazba poskytována, jestli se jedná o formu vizuální, zvukovou, taktilní či kombinovanou. Zpětná vazba může mít podobu jednoduché černobílé grafiky, ale i komplexní počítačové hry (Enriquez-Geppert et al., 2017; Lecomte & Juhel, 2011). Fernández a kol. (2015) zkoumali efektivitu vizuální versus zvukové zpětné vazby u dětí s poruchami učení. Dle jejich experimentu vyšla pro tuto skupinu jako efektivnější zvuková zpětná vazba, jelikož tato konkrétní experimentální skupina projevuje specifické potíže se sémantickým zpracováváním vizuální zpětné vazby. Dále upozorňují na vhodnost spíše jednoduché než komplexní zpětné vazby, což souvisí se snížením celkové rychlosti zpracovávání informací u těchto jedinců. Enriquez-Geppert a kol. (2017) zmiňují, že ve studiích bývá zpravidla preferována jednoduchá zpětná vazba, a naopak v klinické praxi spíše komplexní ve formě různých videí a her. Zpětnou vazbu lze prezentovat kontinuálně či periodicky, tzn. že se objevuje po určitém počtu opakování nebo fixním časovém úseku. Hafeez a kol. (2019) testovali efektivitu různých druhů zpětné vazby na zmírňování stresu, jako nejefektivnější dle jejich výzkumu vyšla zpětná vazba ve formě hry. Také zmiňují virtuální realitu jako jednu z nejnovějších možností, která kombinuje všechny již zmíněné modality. Berger a Davelaar (2018) dále zkoumali, zda je efektivnější 2D či 3D virtuální realita. Z jejich výzkumu vyšla lépe 3D virtuální realita, která umožňuje lepší vnoření se a zapojení. Poslední neméně důležitou součástí, kterou Enriquez-Geppert a kol. (2017) uvádějí je příprava softwaru pro NF trénink, který splňuje všechny dříve zmíněné body. Dají se zakoupit buďto komerční softwary nebo existují open-source softwary, jenž je možné vylepšovat a upravovat dle individuálních záměrů. Za zmínku také stojí důležitost hardwaru, v dnešní době již existují poměrně malá, skladná a přenosná zařízení, která se dají využívat i v domácím prostředí.

2.2 Typy NF

Existuje několik druhů neurofeedbacku, které se vyvíjely společně s moderními technologiemi. Pro úplnost následuje jejich přehled, avšak práce se dále zabývá hodnocením efektivity pouze u EEG biofeedbacku.

1) **Frekvenční neurofeedback (Frequency/power neurofeedback)** je nejčastěji využívaným druhem tréninku k léčbě ADHD, nespavosti či úzkosti. Na skalp jsou standartně umístěny 2 až 4 elektrody. Jeho cílem je změna rychlosti nebo amplitudy specifických frekvenčních pásem v různých částech mozku (Marzbani et al., 2016). Klienta je možné odměňovat za zvýšení či naopak snížení výskytu určité frekvence. Hranici odměny lze určovat manuálně, kdy ji nastavuje přímo technik na základě klientova aktuálního výkonu nebo automaticky podle procenta úspěšnosti (Demos, 2019).

2) **Neurofeedback pomalých korových potenciálů (Slow cortical potential neurofeedback – SCP-NF)** lze využít k léčbě ADHD, migrén či epilepsie. Během samotného tréninku je klient usazen do pohodlné židle s opěrkami na hlavu a ruce před obrazovku počítače, na níž je zpětná vazba (Christiansen et al., 2014). Jeho úkolem je produkovat negativní (soustředěním se) nebo pozitivní (relaxací) pomalé korové potenciály (SPCs) a tím řídit pohybující se objekt (raketu, letadlo, ...) na monitoru, který má před sebou. Klientovi není poskytnuta žádná konkrétní instrukce, pouze může dostat radu, aby se soustředil na něco, co ho uklidňuje, jako je poslech hudby, nebo naopak aby si představil něco vzrušujícího, jako závody aut (Christiansen et al., 2014; Marzbani et al., 2016). Během SCP tréninku se jedinci učí regulovat svoji kortikální excitabilitu a „přepínat“ mezi stavem aktivace/pozornosti a deaktivace/relaxace (Mirifar et al., 2017).

3) **Systém nízkenergetického neurofeedbacku (Low-energy neurofeedback system – LENS)** tvoří vedle klasických aktivních forem NF vyžadujících klientovo zapojení pasivní alternativu. Klient se nemusí soustředit a udržovat pozornost, pouze nehybně sedí se zavřenýma očima. Do mozku je mu vysílán slabý elektromagnetický signál, jež mění jeho mozkové vlny, a tedy i fungování. Metoda využívá 19 nebo více elektrod stejně jako klasické EEG.

Využívá se k léčbě TBI, ADHD, nespavosti, úzkostí či depresí (Hammond, 2006; Zandi-Mehran, Firoozabadi, & Rostami, 2014).

4) **Hemoencefalografický neurofeedback (Hemoencephalographic neurofeedback – HEG NF)** poskytuje informace o cerebrální perfúzi, tedy o množství protékající krve (Dias et al., 2012). Často se využívá k léčbě migrén (Marzbani et al., 2016). V poslední době začíná být metoda značně popularizována, jelikož její „výhodou je rychlejší a čistější signál, který netrpí neduhy klasického EEG biofeedbacku, tedy externími a muskulárními artefakty“ (Kulišťák et al., 2017, s. 813).

5) **Live Z-score neurofeedback** poskytuje kontinuální zpětnou vazbu díky srovnávání změn elektrické aktivity mozku s databází (Marzbani et al., 2016). Při využití této metody klinik/technik rozhoduje pouze o umístění elektrod dle mapy vytvořené pomocí QEEG. Normativní databáze automaticky vytvoří jakési „okno“, které má nastavené spodní a horní limity požadované frekvence. Pokud se klient pohybuje v tomto „okně“, je následně odměněn (Demos, 2019).

6) **Low-resolution electromagnetic tomography (LORETA)** monitoruje mozkovou aktivitu pomocí více (až 19) elektrod, měří velikost, asymetrii, fázi a koherenci mozkových vln. Využívá se v léčbě závislostí, OCD či depresí (Marzbani et al., 2016).

7) **Zobrazování pomocí funkční magnetické rezonance (Functional magnetic resonance imaging – fMRI NF)** dokáže zobrazovat aktivitu hlubokých podkorových oblastí mozku, jedná se o jednu z novějších technologií (Marzbani et al., 2016). Může pomoci překonat některé nedostatky EEG NF, jelikož má lepší prostorové rozlišení a dokáže zobrazit celý mozek, nejen korové signály. Tím pádem lze trénovat i podkorové oblasti. Její užívání a provoz je ovšem dražší a složitější, proto neexistuje tolik dostupných studií (Niv, 2013). Využívá se při léčbě depresivní poruchy, schizofrenie, OCD, poruch příjmu potravy nebo závislostí (Arns et al., 2017). Lze využít i kombinace fMRI a EEG neurofeedbacku (Marzbani et al., 2016).

8) **Zobrazování pomocí blízké infračervené spektroskopie (Near-infrared spectroscopy based neurofeedback – NIRS NF)** je oproti EEG i fMRI poměrně mladou metodou. Podobně jako fMRI měří změny v koncentraci okysličeného a neokysličeného hemoglobinu v mozkových cévách. Na místo aktivace proudí zvýšené množství okysličené krve, která absorbuje infračervené světlo odlišným způsobem, proto lze pozorovat změny (Kober et al., 2014).

2.3 Druhy tréninkových protokolů

Po zvolení konkrétního typu neurofeedbacku je následně nutné zvolit ještě tréninkový protokol. Využívá se mnoha druhů a vždy by se měl odvíjet od potřeb konkrétního klienta. Protokol definuje jednotlivé frekvence nebo jejich kombinace, jež mají být trénovány. Též určuje umístění aktivních elektrod (Mirifar et al., 2017).

1) **Alfa protokol** se využívá nejčastěji při meditaci, usínání, snižování stresu a úzkosti, dále ke zmenšení bolesti a při léčbě TBI (Marzbani et al., 2016). Phneah a Nisar (2017) aplikovali alfa NFT za účelem pozvednutí nálady. Nan a kol. (2012) ke zlepšení krátkodobé (pracovní) paměti.

2) **Alfa/theta protokol** bývá také nazýván jako „EEG relaxační terapie“, klient se během něj dostává do relaxovaného stavu a redukuje tak stres. Používá se pro léčbu deprese, poruch učení, úzkosti, závislosti či PTSD. Zároveň může pomoci zvyšovat míru kreativity. Obvykle probíhá na elektrodách O1, O2, Cz nebo Pz a posilována je frekvence 7-8,5 Hz (Marzbani et al., 2016). Provádí se při zavřených očích (Egner, Strawson, & Gruzelier, 2002). Gruzelier (2008) a Gruzelier a kol. (2014) se zabývali vlivem tohoto protokolu na zlepšení hudebních či tanečních výkonů.

3) Díky **Beta protokolu** lze trénovat pozornost, soustředění a kognitivní zpracování, čímž je možno docílit lepšího výkonu ve škole nebo při práci. Lze jej aplikovat také při nespavosti nebo OCD (Marzbani et al., 2016).

4) **Beta/theta protokol** se nejčastěji využívá k léčbě ADHD/ADD, kdy se jedinec snaží potlačit výskyt theta vln, a naopak zvýšit výskyt bety (Niv, 2013). Doppelmayr a Weber (2011) zkoumali účinek protokolu na reakční čas, prostorové schopnosti a kreativitu, dále zmiňují využití u epilepsie.

6) **SMR protokoly (SMR/theta, SMR/delta)** jsou známy již od dob Stermana a jeho pokusů s kočkami. Využívají se k léčbě epilepsie a též ADHD, jelikož zvýšení relaxace a inhibice motorické aktivity snižuje nadměrnou dráždivost. Odměňována je frekvence 12-15 Hz na senzomotorickém kortexu, na pozicích elektrod C3, C4 nebo Cz (Schabus et al., 2017).

7) Delta vlny jsou přítomny ve 3. a 4. fázi spánku bez rychlých očních pohybů (NREM spánku) a mimo spánek jsou spojovány s odpočinkem, pohodlím a úlevou od bolestí. **Delta protokol** se proto aplikuje při bolestech hlavy, TBI a u poruch učení (Marzbani et al., 2016).

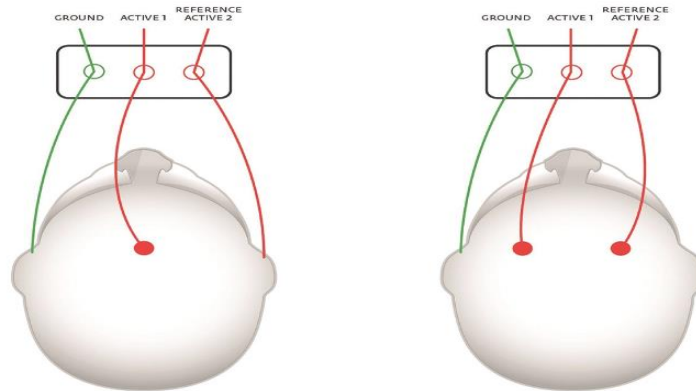
8) **Gama protokol** se využívá pro zlepšení kognice při řešení problémů, zrychluje zpracování informací a zlepšuje krátkodobou paměť. Jelikož gama vlny mohou být pozorovány hlavně v hipokampu, jehož úkolem je převádět údaje z krátkodobé do dlouhodobé paměti. Také díky němu lze snížit výskyt migrén (Marzbani et al., 2016).

9) **Theta protokolem** lze snižovat úzkost a výskyt denního snění, dále se používá u deprese nebo ADHD (Marzbani et al., 2016).

2.4 Snímání signálu

Jelikož má EEG povahu slabých elektrických signálů, jež jsou produkovány pyramidovými neurony, je možno ho snímat přímo z povrchu hlavy pomocí kontaktních elektrod, pod něž se dává vodivý gel. Takový signál stačí zesílit a lze ho dále zpracovávat (Ptáček et al., 2017). Oproti klasickému mnohakanálovému EEG se během NF tréninku tradičně využívá monopolárního či bipolárního zapojení elektrod, jak lze vidět na obrázku (Obrázek 3). Výjimku tvoří výše zmiňovaný Systém nízkoenergetického neurofeedbacku (LENS), který využívá 19 elektrod. Při monopolárním zapojení je na skalp umístěna jedna elektroda nahrávající signál a ten je porovnáván s druhou tzv. referenční elektrodou umístěnou na ušní lalůček, popřípadě na mastoideus, výběžek kosti spánkové, nacházející se za uchem. Od signálu z aktivní elektrody je odečten signál z referenční elektrody a výsledek představuje aktuální aktivitu. Třetí uzemňovací elektroda je umístěna na druhý ušní lalůček. Oproti tomu bipolární zapojení vyžaduje dvě aktivní elektrody na skalpu a jednu uzemňovací na ušním lalůčku.

Rozdíl signálů obou aktivních elektrod rovná se aktuální mozkové aktivitě. Bipolárně snímaný signál má menší rozsah, nicméně lze pomocí něj lépe lokalizovat patologická ohniska. Z bipolárního zapojení mohou také spíše profitovat děti, které nevydrží klidně sedět, jelikož není tolik náchylné na muskulární artefakty. (Demos, 2019; Marzbani et al., 2016)



Obrázek 3: Vlevo monopolární a vpravo bipolární zapojení elektrod

Zdroj: Demos (2019)

2.5 Ukázkový trénink

Před samotným tréninkem je klient nejčastěji usazen před monitor, na němž mu bude prezentována zpětná vazba. Je posazen do pohodlného křesla, které má opěrky na ruce a hlavu, jak je možné vidět na obrázku (Obrázek 4) na následující straně (Longo, 2018). Angelakis a kol. (2007) ve své pilotní studii nabízejí popis ukázkového tréninku alfa frekvence sloužícího ke zlepšení kognitivní výkonnosti u starších osob. Vycházejí z předpokladu, že u dětí a starších osob je alfa frekvence obecně pomalejší a dosahuje svého vrcholu dříve. Před zahájením prvního NF tréninku a po ukončení posledního měřili participanty pomocí 128 kanálového EEG. Již samotné NF tréninky probíhaly 1× či 2× týdně, v celkovém počtu 31-36. Každý trénink trval přibližně 60 minut, z čehož 10 minut zahrnovala příprava. Následovaly 2 minuty nahrávání EEG signálu v klidu s otevřenými očima, poté 8 minut již konkrétního NF protokolu a 3 minuty přestávky, při níž se sledovalo dokumentární video. Poté opět 8 minut NF, 3 minuty přestávky a nakonec posledních 8 minut NF. Aktivní elektroda byla umístěna na pozici POz a použita byla kombinace vizuální a zvukové zpětné vazby. Účastníci byli instruováni, aby se snažili si všimnout, jaká strategie jim pomohla dostat se

do odměňovaného stavu a následně ji znovu využít. Také byli slovně podpořeni, pokud se jim dařilo. Dle výsledků má použitý protokol vliv na zlepšení rychlosti zpracování a exekutivní funkce, naopak žádný vliv nemá na paměť. Enriquez-Geppert a kol. (2017) využili trénink o celkové době 30 minut, složený z 6 bloků NFT po 5 minutách, mezi nimiž si délku pauzy určoval sám klient. Celková doba i rozvržení se liší napříč všemi studii.



Obrázek 4: Usazení klienta při NFT

Zdroj: <https://greenhousecenter.org/deeply-rooted-in-neurofeedback-training-for-adhd/>

3 METODOLOGIE HODNOCENÍ EFEKTIVITY

Celá práce je vedena jako teoretická přehledová studie, která si klade za cíl shrnutí podstatných informací o neurofeedbacku v českém jazyce, kde do velké míry schází adekvátní zdroje. Dalším cílem je zhodnocení efektivity této metody v několika oblastech, zejména u jedinců s ADHD, epilepsií a dalšími poruchami. Do čtvrté kapitoly (obdobně jako do celé práce), která je zaměřena na hodnocení efektivity, byly zařazeny studie dle následujících kritérií. Využito bylo následujících odborných databází, zejména *PubMed*, dále pak *Google Scholar*, *EBSCO*, *Scencedirect*, *PsycNet* a *ResearchGate*. Vyhledávání probíhalo dle klíčových slov charakterizujících každou z oblastí, tedy například: *neurofeedback*, *neurotherapy*, *EEG biofeedback*, *neurofeedback and ADHD*, *neurofeedback and epilepsy*, *neurofeedback and learning disorders*, *neurofeedback and autism*, *neurofeedback and anxiety*, *neurofeedback and OCD*, *neurofeedback and depression*, *neurofeedback and sleep disorders*, *neurofeedback and PTSD*, *neurofeedback and performance* společně s filtrem *Randomizovaná kontrolovaná studie (Randomized Controlled Trial)*. Poté byl přečten abstrakt a následně kompletní text u 78 studií. Z čehož bylo zařazeno celkem 27 studií a 2 metaanalýzy. Zařazeny byly pouze ty studie, které splňují následující body a) obsahují primární empirická data (mimo zmiňované metaanalýzy), b) jsou umístěny ve výše vypsáných databázích, c) jsou v anglickém, českém nebo slovenském jazyce. Naopak k nezařazení studií došlo v případě, pokud neobsahovaly kompletní informace o použité metodologii, tedy umístění konkrétních elektrod, trénovanou frekvenci nebo pokud chyběla kontrolní skupina. Malý výzkumný vzorek nebyl považován za nedostatek, ač je mnohým studiím vytýkán. Též je vhodné zmínit, že většina ze zařazených výzkumů je novějšího data (rok 2000 a dále), starší práce nejsou ignorovány, nicméně často nesplňují výše popsaná kritéria o zařazení.

4 TERAPEUTICKÉ VYUŽITÍ NF V RŮZNÝCH OBLASTECH A ZHODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI

Jak již bylo zmíněno v první kapitole, neurofeedback je využíván k léčbě v mnoha oblastech. Hammond (2008) publikoval v roce 2001 a následně 2007 rešerši dostupných NF studií zabývajících se: epilepsií, ADHD/ADD, úzkostnými poruchami, PTSD, poruchami spánku, depresí, závislostí a abstinenčním syndromem, hemisférickou asymetrií, vztekem, premenstruačním syndromem, poraněním mozku, mrtvicí, kómatem, spasticitou, dětskou mozkovou obrnou, chronickými bolestmi, bolestí hlavy, chronickým únavovým syndromem, fibromyalgií, autoimunitními onemocněními, schizofrenií, OCD, Parkinsonovou nemocí, Tourettovým syndromem, autismem, astmatem, vysokým krevním tlakem, tinnitem, kreativitou, kognitivním úpadkem během stárnutí, ale také pachatelé kriminálních činů. Právě množství oblastí, na které lze NF aplikovat vede mnohé odborníky k jisté skepsi ohledně metody. Následující kapitola se některými oblastmi zabývá podrobněji, zejména pak oblastí ADHD/ADD, která je zároveň nejvíce prozkoumanou.

4.1 ADHD/ADD

Porucha pozornosti s hyperaktivitou (ADHD), je nejrozšířenější neurovývojovou poruchou s výskytem v populaci přibližně 5 % (Friedman & Rapoport, 2015). Bink a kol. (2014) dokonce uvádějí prevalenci až 7,1 %. Postihuje děti, primárně chlapce, od raného věku, nejčastěji od 6 let. Což souvisí se zvýšenými požadavky při nástupu do školy. Může přetrvat až do dospělosti. Obecně je charakterizována hyperaktivitou, impulsivitou a nepozorností (Sharma & Couture, 2014). V současné době rozeznáváme tři podtypy – ADHD – převážně nepozorný subtyp (ADHD-I), převážně hyperaktivně-impulzivní subtyp (ADHD-H), a kombinovaný subtyp (ADHD-C). Častý je výskyt komorbidních poruch, jedná se zejména o specifické poruchy učení, poruchy opozičního vzdorů nebo poruchy chování (Drtílková & Fiala, 2016). Pokud nejsou symptomy ADHD adekvátně kontrolovány a není-li s nimi pracováno, mohou narušovat školní vzdělávání, sociální interakce a subjektivně pociťovaný well-being, zároveň mohou vést k riskantnějšímu chování (Pakdaman et al., 2018; Sundawa et al., 2018). Mnohé výzkumy ukazují, že pro děti s ADHD je nejvýhodnější léčba kombinovaná,

ale často se jim dostává pouze léčby farmakologické. Předepisované léky ovšem mohou mít mnoho vedlejších účinků, jako je nespavost, snížená chuť k jídlu, zpomalení růstu a podobně. Navíc po ukončení jejich užívání se symptomy obvykle vrátí a dlouhodobý efekt stále zůstává nejasný (Christiansen et al., 2014; Janssen et al., 2016). Mnoho dětí, dle Lansbergena a kol. (2010) až 20 %, na tento druh léčby nereaguje vůbec a u dalších je stále mnoho prostoru pro zlepšování. Neurofeedback tedy může být jednou z nabízených alternativ.

Sundawa a kol. (2018) zkoumali v randomizované kontrolované studii (RTC – Randomized control trial design) efektivitu NF oproti efektivitě medikace, konkrétně methylfenidátu (MPH), běžně dostupného pod názvem Ritalin. Celkem 40 dětí, z toho 36 chlapců, s nově diagnostikovaným ADHD náhodně rozdělili do 2 skupin. První skupina, $n = 20$, průměrný věk 8,4 let, prošla celkem 30 NF tréninky za použití unipolárního zapojení na pozici Fz. Přičemž každý trénink trval 30 min a byl použit theta/beta protokol (theta 4-8 Hz, beta 13-20 Hz) a jednoduchá vizuální zpětná vazba generovaná automaticky systémem. Druhá skupina, též $n = 20$, průměrný věk 9 let, užívala po dobu 12 týdnů medikaci, konkrétně 2× denně 5-20 mg MPH. Celkem 8 dětí (40 %) z této skupiny hlásilo některé vedlejší účinky léčby – úbytek váhy v důsledku snížené chuti k jídlu, bolesti hlavy a břicha. Učitelé a rodiče dětí vyplňovali před začátkem a po ukončení experimentu dotazníky (The Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale; VADRS) k hodnocení symptomů. V NF skupině hodnotili rodiče zlepšení všech symptomů ADHD se střední velikostí účinku (ES – effect size), zatímco učitelé hodnotili zlepšení pouze u nepozornosti a výkonu. U MPH skupiny hodnotili učitelé i rodiče zlepšení ve všech kategoriích (mimo rodičovského hodnocení celkového výkonu) s velkou velikostí účinku. Thajští výzkumníci hodnotí možnost využití NF pozitivně i přes jeho menší účinek zejména proto, že MPH je jediný dostupný lék na ADHD v Thajsku, který je zároveň schválený Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA – Food and Drug Administration). Tudíž, pokud některé z dětí na léky nereaguje, popřípadě mu vedlejší účinky způsobují potíže, nabízí dle nich NF slibnou alternativu.

Pakdaman a kol. (2018) sledovali 14 dětí ve věku 5-10 let, které náhodně rozdělili do 2 skupin. První skupina ($n = 7$) podstoupila NF při souběžném

užíváním Ritalinu (5-30 mg MPH) a druhá skupina (n = 7) podstoupila pouze NF. Každý účastník absolvoval celkem 40 NFT v období 6 měsíců, tedy 2× týdně. Využito bylo bipolární zapojení na elektrodách C3, C4 a SMR protokol (11-15 Hz) pro děti s hyperaktivními a impulsivními symptomy nebo monopolární zapojení na elektrodách Fz či Cz a beta protokol (15-18 Hz) pro děti primárně nepozorné. V obou případech bylo nutno snížit výskyt delta a theta vln. Tréninky trvaly 45-60 minut, použita byla vizuální a sluchová zpětná vazba. K posouzení symptomů před a po bylo použito testů Conner's Continuous Performance Test (CPT) a Wechslerovy inteligenční škály pro děti (WISC-R). Výsledky ukázaly, že léčba multimodální, tedy NF a Ritalin dohromady, je účinnější než samostatný NF. Nicméně samostatný NF hodnotí jako přijatelnou alternativu pro rodiny preferující léčbu bez léků.

Lee a Jung (2017) provedli výzkum, v němž 36 dětí (27 chlapců a 9 dívek) s ADHD ve věku 6-12 let náhodně rozdělili do dvou skupin. Porovnávali účinek medikace za působení NF oproti kontrolní skupině, která užívala pouze medikaci. NF skupina se účastnila 2× týdně celkem 20 tréninků. Využit byl beta a SMR/theta protokol společně s audiovizuální zpětnou vazbou a unipolární zapojení s měřením na pozici C3 nebo C4. Odměňován byl výskyt frekvencí 12-15 Hz a 15-18 Hz, naopak byla snaha potlačit frekvence 4-7 Hz a 22-30 Hz. K hodnocení efektivity využili před a po NFT následujících dotazníků: WISC-III (upraven na korejské normy), Hodnotící škálu pro rodiče, Connersové škálu a ADHD Diagnostic system. Zkoumali změny kognitivních funkcí, elektrické aktivity a hodnocení symptomů rodiči. Dle výsledků lze NF považovat za možnou účinnou léčbu ADHD, ke statisticky většímu zlepšení došlo u kombinované léčby, zejména u symptomů nepozornosti. Významné bylo také snížení theta aktivity v obou hemisférách. Naopak se nepodařilo prokázat zlepšení kognitivních funkcí. Autoři nicméně poukazují na některé nedostatky, například malý vzorek, také chybějící kontrolní (sham) skupina, tudíž nelze prokázat aktivní působení NF.

Schönenberg a kol. (2017) porovnávali v trojitě zaslepené, randomizované kontrolované studii účinek NF, sham NF a kognitivně-behaviorální skupinové terapie (KBT). Celkem se zúčastnilo 113 dospělých jedinců ve věku 18-60 let s ADHD, kteří byli buďto bez medikace nebo měli stabilní medikaci nejméně 2

měsíce, a nebylo plánováno, že jim bude měněna. Účastníci samozřejmě nevěděli, jestli budou podstupovat NF či sham NF, ti z KBT skupiny svůj způsob léčby znali. První NF skupina (n = 37) podstoupila celkem 30 theta/beta tréninků během 15 týdnů. Primárně šlo o snižování thety (4-8 Hz) a zvyšování bety (13-21 Hz) na elektrodách Fz, Cz a Pz pomocí vizuální zpětné vazby, která odměňovala 80 % tréninkového času. Druhá skupina (n = 38) absolvovala sham NF, přesněji 15 sham NFT za využití dopředu nahraného signálu jiné osoby a 15 theta/beta tréninků, jako kompenzaci, také během 15 týdnů. Třetí KBT skupina (n = 38) prošla během 12 týdnů celkem 12 skupinovými terapiemi, které byly zaměřené na zlepšení schopností a strategií v oblastech time managementu, plánování a organizování. KBT skupina byla dále rozdělena do menších podskupin po 5-8 lidech. Mimo dotazníkové testování (Connersové škála po dospělé a další) podstoupili všichni účastníci několik diagnostických rozhovorů – před zahájením, během léčby (po 8 týdnech), po ukončení (po 16 týdnech) a následně po 6 měsících. Dle výsledků se ADHD symptomy zlepšily téměř stejně u všech tří skupin, nicméně neprokazují, že by byl NF nadřazen sham NF či KBT. Studie tudíž neprokázala aktivní působení NF. Autoři vyzdvihují některé další faktory, které mohly sehrát roli ve zlepšení stavu všech účastníků, jedná se například o samotnou povahu úkolů vyžadujících soustředění a sezení v klidu a fakt, že naučené dovednosti mohly být úspěšně převedeny do běžného života.

Janssen a kol. (2016) ve dvojité zaslepené studii zkoumali efekt NF tréninku a jeho možnost generalizace do běžného života. Celkem 38 dětí (29 chlapců a 9 dívek) ve věku 7-13 let absolvovalo během 10 týdnů v průměru 29 theta/beta (4-8 Hz a 13-20 Hz) tréninků nebo sham NFT. NF tréninky trvaly 45 minut a probíhaly 3× týdně, použito bylo unipolární zapojení elektrod s měřeným signálem na pozici Cz a jednoduchá vizuální zpětná vazba. Participantů mimo něj obdrželi speciálně vytisknuté karty, díky nimž měli naučené postupy převést do běžného života, měli na ně koukat během psaní domácího úkolu či ve škole, aby tak vyvolali zážitek podobný NFT. Chování účastníků bylo hodnoceno pomocí škály – Strengths and Weaknesses of ADHD symptoms and Normal behavior scale (SWAN). Následně byly vyhodnocovány individuální křivky změn (tedy učení) u všech jedinců. Ve snižování theta frekvence byly výsledky značně heterogenní a neprokázaly, že by na skupinové úrovni proběhlo učení. Celkem 15 dětí se theta

vlny naučilo signifikantně snížit, u 7 z nich došlo k mírnému snížení a 16 nevykazovalo žádné statisticky významné změny. Efekt učení bylo možno pozorovat v beta frekvenci, kde signifikantní změny zaznamenala více než polovina dětí. Autoři ovšem poukazují na fakt, že beta frekvence může být také ovlivněna EMG aktivitou, kterou navrhují samostatně měřit a následně odečíst. Zajímavé je, že sham skupina zaznamenala některé výsledky lepší než skupina podstupující reálný NF. Jak uvádí autoři, získané výsledky je složité interpretovat, učení během NFT sice nastalo, ale nijak nesouviselo s behaviorálními změnami.

Bink a kol. (2014) v randomizované kontrolované studii sledovali celkem 71 adolescentů ve věku 12-24 let s ADHD, které rozdělili do 2 skupin. Do studie byli zařazeni pouze chlapci/muži, jelikož dle autorů některé výzkumy uvádějí rozdíly v EEG spektru mezi pohlavími. U mužů lze pozorovat zvýšenou frekvenci thety, v porovnání s kontrolní skupinou, zatímco u dívek/žen nikoli. Zařadili také jedince s komorbidními poruchami autistického spektra. Kontrolní skupina (n = 26) prošla léčbou dle běžného klinického přístupu (treatment as usual – TAU), tedy různými druhy terapie – KBT, systemickou terapií a dalšími za použití medikace. Druhá skupina (n = 45) absolvovala stejný druh léčby, ale navíc ještě NF. Celkem se jednalo o přibližně 37 (2×-3× týdně) theta/SMR tréninků, za použití unipolárního zapojení na pozici Cz a jednoduchou vizuální a sluchovou zpětnou vazbou. Ke zjištění změn před a po bylo využito Posuzovací škály ADHD (ADHD Rating Scale), Sebeposuzovací škály (Youth Self Report) a Dotazníku problémového chování dítěte (Child Behavior Checklist). Behaviorální problémy poklesly u obou skupin ve stejné míře, ES = střední až velký efekt. Objektívni výsledky skupiny procházející navíc léčbou NF nebyly nijak statisticky signifikantnější. Adolescenti z NF skupiny ale hlásili subjektivně pocíťovanou vyšší míru zlepšení pozornosti. Symptomy autismu nebyly léčbou nijak signifikantně ovlivněny. Autoři též poukazují na omezené znalosti specifík NF léčby, proto nemohou doporučit její využití a nabádají k dalšímu výzkumu, zejména konkrétních mechanismů podílejících se na působení a dlouhodobém efektu.

Vollebregt a kol. (2013) vypracovali systematický přehled a uskutečnili dvojitě zaslepenou, placebem kontrolovanou studii, v níž zkoumali, zda může mít NF efekt na zlepšení kognitivních funkcí u dětí s ADHD. Celkem 41 dětí (8-15 let)

bylo náhodně rozděleno buďto do NF skupiny (n = 22) nebo do sham NF skupiny (n = 19). Ve studii byl použit individualizovaný NF dle QEEG. Každý účastník tedy trénoval specifické frekvence a měření probíhalo na různých elektrodách, přičemž ani jedno není dále specifikováno. Tréninky probíhaly 2× týdně (celkem 30) za použití audiovizuální zpětné vazby. Autorům se nepodařilo prokázat žádné signifikantní změny na kognitivní úrovni, v nichž by NF převyšoval sham NF.

Arnold a kol. (2012) zjišťovali proveditelnost randomizované, dvojitě zaslepené a sham kontrolované studie u 34 nemedikovaných dětí ve věku 6-12 let s ADHD. Ty byly zařazeny do skupin v poměru 2:1. Experimentální NF skupina (n = 24) byla rozdělena na další dvě podskupiny, kdy každý absolvoval celkem 40 alfa/theta a beta NF tréninků, a to buďto 2× nebo 3× týdně. Každý trénink trval 45 minut a použito bylo monopolární zapojení elektrod na pozici Cz a komplexní zpětná vazba ve formě hry. K vyhodnocení symptomů byla použita bohatá testová baterie zahrnující hodnocení rodičů i učitelů před zahájením, v průběhu, po trénincích číslo 12 a 24, na konci a následně po 2 měsících. Pouze 32 % dětí a 24 % rodičů správně odhadlo, zda dítě bylo v NF nebo sham skupině. Spíše preferovaný byl NF 3× za týden. Mezi 24. a 40. tréninkem již nenastaly dle hodnocení rodičů a učitelů žádné podstatné změny v symptomatologii, jako dostačující tedy bylo vyhodnoceno 30 tréninků. Nepodařilo se prokázat, že by NF byl nadřazen sham NF.

Perreau-Linck a kol. (2010) navrhli jednoduše zaslepenou, randomizovanou a placebem kontrolovanou studii, do níž zařadili 9 dětí s ADHD ve věku 8 až 13 let. Do studie byly zařazeny pouze ty děti, kterým byl pomocí QEEG naměřen zvýšený výskyt theta vln v anteriorní oblasti a snížený výskyt beta vln v posteriorní oblasti. V experimentální NF skupině bylo celkem 5 dětí a zbylé 4 v kontrolní sham skupině. Děti z obou skupin se zúčastnily celkem 40 hodinových tréninků, které probíhaly 3× týdně. V experimentální skupině byl použit SMR/theta trénink a v sham skupině dopředu nahraný trénink. V obou skupinách, experimentální i kontrolní bylo dosaženo přibližně stejných výsledků, proto nelze prokázat nadřazenost NF nad sham NF, na výsledcích se tedy pravděpodobně podílejí i nespecifické faktory jako je motivace, očekávání a podobně.

4.2 Epilepsie

Epilepsie je charakteristická svými opakujícími se epileptickými záchvaty, klinicky se jedná o nemoc s rozmanitou skupinou projevů, při kterých dochází k poruchám vědomí, chování, senzitivních či motorických funkcí. Epileptický záchvat může trvat od několika sekund až po několik hodin a je náhlou poruchou kortikální aktivity, kdy dochází k nekontrolovatelným elektrickým výbojům v mozku. Hlavním ohniskem je epileptické ložisko, což je oblast neuronů, která se vyznačuje patologickou elektrickou aktivitou (Ambler, 2011). Farmakologická léčba epilepsie podobně jako u ADHD nefunguje na velké množství pacientů (až 1/3) a nese s sebou mnoho vedlejších účinků a zdravotních rizik (Tan et al., 2009). Léčba pomocí neurofeedbacku sahá až do samotných počátků jeho vývoje a je spjata se jménem Stermana, který dělal pokusy s kočkami zmiňované v kapitole světové historie. Nejčastěji se využívá SMR tréninku, kdy snížení senzomotorické vzrušivosti vede ke zvýšení záchvatové prahu. Také bývá využíván trénink pomalých korových potenciálů. Enger a Sterman (2006) udávají, že v jimi zkoumaných studiích 82 % ze 174 zúčastněných vykazovalo signifikantní (minimálně o 50 %) snížení výskytu epileptických záchvatů a přibližně 5 % celý rok po ukončení NF hlásilo naprosté vymizení záchvatů. Existující studie tedy poukazují na velmi dobrou účinnost, nicméně mnoho z nich nebylo nikdy replikováno a nebyly tak odstraněny metodologické nedostatky, zejména malý vzorek testovaných a chybějící nebo neadekvátní kontrolní skupiny.

Frey a Koberda (2015) v případové studii retrospektivně zkoumali záznamy 125 NFT celkem od 6 jedinců (5 žen) s refrakterní (farmakorezistentní) epilepsií. Ti po dobu 20 týdnů (1×-2× týdně) absolvovali 20-30 minutové LORETA Z-score NF tréninky. Konkrétní protokol a oblast byly každému vybrány individuálně dle QEEG. U všech 6 jedinců došlo ke změně v QEEG záznamu a celkem 5 z nich hlásilo snížení frekvence výskytu epileptických záchvatů.

Tan a kol. (2009) publikovali metaanalýzu, do níž zahrnuli výzkumy provedené v letech 1970 až 2005 uveřejněné v databázích MedLine, PsychInfo a PsychLit. Z celkem 63 publikovaných studií pouze 10 splňovalo požadavky na zařazení, tzn. byla v nich uvedena změna frekvence záchvatů po NFT, žádný z účastníků nebral léky atd. Z těchto 10 studií 9 využívalo SMR protokolu a pouze

1 SPC tréninku. Z celkového počtu 87 klientů celkem 64, tj. 74 %, hlásilo snížení týdenního počtu záchvatů. I přes některé limity, jako je například malý vzorek, všech 10 studií prokázalo zlepšení u velmi obtížné skupiny jedinců, na které nezabírá jiná léčba.

4.3 Specifické poruchy učení

Poruchy učení jsou charakterizovány obtížemi při získávání a využívání zejména školních dovedností u jedinců s průměrnou a vyšší hladinou intelektu. Řadíme sem několik druhů poruch v závislosti na oblasti postižení. **Dyslexie** je specifická porucha čtení, problém nastává v rozpoznávání a zapamatování písmen, zejména těch tvarově podobných, čtení je pomalé a obtížné, porozumění textu slabé. **Dysgrafie**, specifická porucha psaní, se vyznačuje nečitelným písmem, písemný projev je pomalý a velmi namáhavý. **Dysortografii**, tedy specifickou poruchu pravopisu, doprovází špatná schopnost rozlišovat měkké a tvrdé slabiky, sykavky. **Dyspraxie** je specifická porucha obratnosti projevující se při hrách, sportu, při manuální práci. Dále pak **dysmúzie**, specifická porucha vnímání a reprodukce hudby, je charakteristická problémy se zapamatováním melodie a rozlišováním tónů. Také existuje **dyspinxie**, specifická porucha kreslení, či **dyskalkulie**, specifická porucha matematických schopností postihující prostorové a matematické představy, operace s čísly (Slowík, 2007).

Fernández a kol. (2015) uvádějí, že EEG záznam dětí s poruchami učení je charakteristický zvýšeným výskytem pomalé theta frekvence, a naopak sníženým výskytem alfy, proto je tedy vhodné využít právě theta/alfa protokolu. Thornton a Carmody (2005) dále zdůrazňují, že nejčastěji se jedná o změny v oblastech temporálního a čelního laloku levé mozkové hemisféry.

Azizi, Drikvand a Sepahvandi (2018) porovnávali efekt kognitivní rehabilitace (KR) versus NF na pozornost u dětí se specifickými poruchami učení. Studii dokončilo celkem 45 dětí ve věku 7-10 let, které byly náhodně rozděleny do 3 skupin. Děti z NF skupiny (n = 15) se zúčastnily 20 NFT, druhá skupina (n = 15) prošla 20 kognitivními tréninky a třetí skupina (n = 15) neprodělala žádnou léčbu. EEG signál byl během theta/beta tréninku nahráván pomocí monopolárního zapojení na pozici FCz. Použita byla komplexní zpětná vazba ve formě hry.

U obou aktivních skupin (KR i NF) došlo ke zlepšení na některých škálách v testu The Conners Continuous Performance Test. Statisticky signifikantnější bylo ovšem v KR skupině.

Breteler a kol. (2010) zkoumali, zda může NF pomoci zlepšit schopnost hláskovat, jež je spojována s dyslexií. Celkem 19 dětí bylo náhodně rozděleno do experimentální (n = 10) a kontrolní skupiny (n = 9). Děti z obou skupin prošly speciálním doučováním a ti z experimentální skupiny navíc 20 NF tréninky. NF protokoly byly individualizovány dle QEEG měření a data byla nahrávána pomocí 28 elektrod. Dle výsledků došlo v obou skupinách k podobným změnám, konkrétně ke zlepšení na úrovni hláskování, nikoli však čtení.

4.4 Poruchy autistického spektra

Porucha autistického spektra (PAS) je pervazivní postižení zasahující do všech oblastí vývoje dítěte, které vzniká na genetickém podkladě za spolupůsobení vnitřních i vnějších vlivů. Projevovat se může od prvního roku života, ve druhém či třetím roce je již velmi dobře patrné (Straussová, 2018). Jedinci s PAS trpí mnoha odlišnými potížemi v oblastech sociální komunikace, vztahů, také často vykazují repetitivní chování a pohyby (Lord et al., 2018). Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN- 10) rozlišuje následující podtypy: Dětský autismus, Atypický autismus, Rettův syndrom, Jiná dezintegrační porucha v dětství, Hyperaktivní porucha sdružená s mentální retardací a stereotypními pohyby, Aspergerův syndrom, Jiné pervazivní vývojové poruchy, Pervazivní vývojová porucha nespécifikovaná (ÚZIS, 2019). Častý je také výskyt komorbidních poruch komplikujících porozumění a léčbu (LaMarca et al., 2018). Jak píše Kouijzer a kol. (2012) u dětí s PAS lze najít abnormální EEG vzorce, zejména zvýšený výskyt pomalých theta a delta vln, a naopak snížený výskyt alfa, beta a gama vln. Také se často objevuje porucha činnosti zrcadlových neuronů, která může mít za následek snížení úrovně pragmatické funkce komunikace, sníženou míru empatie či zhoršenou schopnost nápodoby (Oberman et al., 2005).

Kouijzer a kol. (2012) v randomizované kontrolované studii zkoumali efektivitu NF v léčbě PAS. Z celkového počtu 38 účastníků (12-18 let) vytvořili 3 skupiny. První aktivní skupina absolvovala klasický NF (n = 13), druhá aktivní

skupina (n =12) biofeedback kožní vodivosti a ve třetí skupině (n = 13) byli zařazeni jedinci na čekací listině. Účastníci v aktivních skupinách nevěděli, zda je jim prezentována zpětná vazba z EEG záznamu nebo z BFB kožní vodivosti. Oba druhy tréninků probíhaly stejně. Měření EEG u NF skupiny probíhalo dle individualizované frekvence na elektrodě Cz nebo FCz, za použití jednoduché audiovizuální zpětné vazby. Diagnostické testování proběhlo na začátku studie, po jejím ukončení a následně po 6 měsících. Ze zúčastněných bylo 54 % schopno naučit se regulovat delta a theta vlny. U NF skupiny bylo pomocí Trail Making Testu naměřeno signifikantní zlepšení pouze v oblasti kognitivní flexibility, a to i po 6 měsících. U dalších symptomů takového zlepšení pozorováno nebylo.

Karimi, Haghshenas a Rostami (2011) publikovali případovou studii šestiletého chlapce s PAS, který prošel 50 NFT a 20 nácviky na logopedii. Na počátku byly jeho komunikační dovednosti velmi slabé, mluvil pouze v jedno či dvouslovných výrazech nebo krátkých nesprávně tvořených větách. Objevovaly se též potíže ve sluchovém zpracování i krátkodobé paměti a výrazný byl neklid ve škole i doma. Záznam QEEG nahraný pomocí 19ti kanálového EEG odhalil hypoaktivitu theta a alfa frekvencí, a naopak hyperaktivitu beta frekvence v oblasti temenního laloku. U NF bylo na elektrodách T4 a P4 pomocí vizuální zpětné vazby odměňováno zvýšení výskytu frekvence 4-7 Hz, a naopak snížení výskytu 1-3 Hz a 8-32 Hz. Matka chlapce byla navíc seznámena s principy, jak pracovat s abnormálními projevy v chování, zejména agresivitou. Ke zlepšení došlo v oblasti řeči, pozornosti, krátkodobé paměti i agresivity. QEEG prokázalo posun směrem k normě ve frekvenci 4-7 Hz a dále snížení v beta aktivitě.

4.5 Úzkostné poruchy a Obsedantně kompulzivní porucha

Úzkostné poruchy a Obsedantně kompulzivní porucha jsou zařazeny do stejné kapitoly, jelikož i dle MKN-10 patří do kategorie Neurotické, Stresové a Somatoformní poruchy F40-F48 (ÚZIS, 2019).

Úzkostné poruchy se projevují buďto náhlými záchvaty nebo mohou být dlouhodobým stavem. Jedná se o kombinaci psychických a tělesných stavů, jež nevyvolal žádný aktuální nebezpečný podnět či situace. Úzkost má obecně adaptivní funkci, jelikož slouží k vyhledávání nebezpečí. Problém nastává až v tu

chvíli, když se objevuje příliš často, trvá neúměrně dlouhou dobu a je nepřiměřená situaci. Negativně pak ovlivňuje všechny oblasti rodinného a pracovního života i volného času (Praško, 2005).

Obsedantně kompulzivní porucha (též Obsedantně nutkavá porucha) se dle MKN-10 (ÚZIS, 2019) vyznačuje vtíravými myšlenkami (obsese) a nutkavými činy (kompulze). Také s sebou nese úzkost a vyhýbavé chování. Vnímání reality není nijak narušeno, lidé si ve většině případů uvědomují, že jejich chování je přehnané a neopodstatněné. Opakující se myšlenky se mohou týkat agrese k druhým lidem, ušpinění či sledování svého tělesného stavu. Kompulze slouží ke zmírnění úzkosti z nepříjemné myšlenky a nejčastěji se jedná o různé rituální činnosti, například mytí rukou, excesivní počítání, ukládání věcí podle pořadí, kontrola věci a další (Praško et al., 2019).

Mennella, Patron a Palomba (2017) provedli výzkum NF v souvislosti s afektivitou a úzkostí. Vycházejí z předpokladu, že afektivita souvisí s asymetrickou (nevyváženou) alfa aktivitou v levém a pravém čelním laloku, zejména v prefrontální kůře. U úzkosti i depresivních symptomů byla opakovaně shledána pravo-levá asymetrie. Vyšší aktivita v pravém čelním laloku je charakteristická při přítomnosti negativních emocí. Do výzkumu bylo zapojeno 32 pravorukých žen, které byly dále rozděleny do 2 skupin. Experimentální (n = 16) skupina měla za úkol naučit se zvyšovat frontální alfa asymetrii na elektrodách F3 a F4 a aktivní kontrolní skupina (n = 16) měla za úkol zvyšovat alfa aktivitu na pozici Cz. Účastnice absolvovaly celkem 5 NFT za použití jednoduché vizuální zpětné vazby. Dle měření před a po trénincích došlo v experimentální, nikoli však v kontrolní skupině, ke změnám v alfa a beta vlnách v oblasti F4. V experimentální skupině také dle použitých dotazníků klesla subjektivně pociťovaná negativní afektivita a úzkost. Výsledky tedy potvrdily hypotézu, že snížení aktivity v prefrontální části pravé mozkové hemisféry povede ke zmírnění úzkosti. Depresivní symptomy nebyly tímto typem tréninku nijak ovlivněny.

Kopřivová a kol. (2013) zkoumali v randomizované, dvojitě zaslepené a placebem (sham) kontrolované studii efektivitu NF u 20 jedinců s OCD. Uvádějí, že oproti normativním databázím lze u jedinců s OCD najít zvýšený výskyt frekvence 3-6 Hz v Broadmannových oblastech 24 a 25, na které se zaměřili.

Účastníky rozdělili do 2 skupin – NF (n = 10, dokončilo pouze n = 8) a sham NF (n = 10). Celkem proběhlo u každého 25 individualizovaných tréninků, přičemž každý trval 30 minut. Využito bylo audiovizuální zpětné vazby. K signifikantnímu zlepšení došlo u NF skupiny pouze u kompulzí, ostatní symptomy se zlepšily v obou skupinách stejně, subjektivně pociťovaná úzkost a depresivita pouze u sham NF. EEG analýza neodhalila signifikantní změny.

4.6 Depresivní poruchy

Depresivní poruchy mají globálně celkově nejvyšší prevalenci. Dle Mezinárodní zdravotnické organizace (WHO) to v roce 2015 bylo celkem až 4,4 %, z toho 5,1 % u žen a 3,6 % u mužů (WHO, 2017). Charakteristické je zhoršení v oblasti kognitivní, motivační, emoční nebo motorické, dále snížená aktivita, dlouhodobě zhoršená nálada, nízká schopnost koncentrace, ztráta chuti k jídlu nebo poruchy spánku. Jedinec často ztrácí zájem o sebe i své okolí, a i každodenní běžné činnosti se mohou zdát nezvladatelné (Dean & Keshavan, 2017). K léčbě deprese je většinou využíváno fMRI NF – viz například Takamura a kol. (2020), Zotev a kol. (2016).

Choi a kol. (2011) realizovali pilotní studii, v níž se zabývali efektivitou alfa NF u depresivní poruch. Vychází ze stejného předpokladu, asymetrie alfa vln v čelních lalocích, zmiňovaného již u výzkumu Mennella a kol. (2017). Choi a kol. (2011) rozdělili celkem 23 účastníků do 2 skupin – NF skupina (n = 12) a psychotherapeutická skupina (n = 11). Každý z experimentální skupiny se zúčastnil celkem 10 tréninků (po dobu 5 týdnů) s aktivními elektrodami F3 a F4. Zpětná vazba byla prezentována ve zvukové podobě, formou klasické hudby. Celý měsíc po dokončení NF navštěvovali účastníci trénink seberegulace, v němž šlo o dostání se a udržení podobného mentálního stavu jako u NF, ale tentokrát bez zpětné vazby. Dle výsledků došlo u NF skupiny ke zlepšení depresivních symptomů a také ke zdokonalení kognitivních funkcí, u kontrolní skupiny nikoli.

4.7 Poruchy spánku

Jak uvádí Borzová (2009) spánek je neoddelitelnou součástí našich životů, má význam pro fyzickou i psychickou kondici. Svou roli sehrává v různých procesech, například při ukládání nových informací a vzpomínek do dlouhodobé paměti, je tedy důležitý pro učení, také zlepšuje schopnost soustředit se. Jeho nedostatek s sebou nese závažné důsledky prostupující do mnoha úrovní života. O to horší je, jak moc jsou poruchy spánku rozšířené. Ambler (2011) uvádí jejich základní dělení do 3 kategorií – dysomnie, parasomnie a poruchy spánku spojené se somatickým nebo duševním onemocněním. Konkrétně lze jmenovat **insomnii** (nespavost), jež může být přechodná či chronická, také **hypersomnii** (nadměrná denní spavost), **spánkovou apnoe** (chrápání s apnoickými pauzami) či **narkolepsii** (projevující se náhlými záchvaty spánku, aniž by předcházela ospalost). Dále pak **somnambulismus** (náměsícnictví), **Enuresis nocturna** (noční pomočování) nebo **Pavor nocturnus** (noční děsy).

Schabus a kol. (2017) uvádí, že nespavostí trpí 10 až 35 % světové populace, proto se rozhodli zabývat efektivností NF v její léčbě. Ve dvojité zaslepené, placebo (sham) kontrolované studii využili SMR frekvence. Základním předpokladem pro léčbu insomnie pomocí tohoto protokolu je fakt, že SMR frekvence se překrývá s frekvencí 12-15 Hz, během níž se v non-REM fázi spánku vyskytují spánková vřeténka. Zvýšení počtu těchto vřeténkových oscilací by mohlo znamenat zlepšení kvality spánku, konkrétně kratší dobu usínání a nižší frekvenci probouzení během noci. Na základě všech měření byli klienti rozděleni do čtyř skupin – první skupina insomniaci (n = 16), druhá skupina těch, u kterých nebyla zjištěna insomnie, ale mispercepce spánkové efektivity (n = 9), třetí kontrolní skupina spánkové kvality (n = 26) a čtvrtá NF kontrolní skupina (n = 12). Klienti absolvovali 12 NFT a 12 sham NF a po dobu 9 nocí byli sledováni polysomnografem ve spánkové laboratoři. K vyhodnocení signálu při NFT byla použita elektroda C3 a doplňkově i C4 za použití vizuální zpětné vazby. Jelikož byly pozorovány změny v EEG záznamu, studie potvrzuje, že principiálně NF funguje – jedinci se mohou při obdržení adekvátní zpětné vazby naučit kontrolovat svou mozkovou aktivitu. Nicméně se nepodařilo prokázat žádné specifické účinky NF a spánková vřeténka zůstala nezměněna. Působení NF i sham NF bylo

přibližně stejně účinné, působily tedy spíše nespecifické faktory, jako je empatie ze strany experimentátorů, blízký kontakt, očekávání a další.

Hamer a kol. (2011) v pilotní studii zkoumali efekt individualizovaných NF protokolů a SMR tréninku u jedinců trpících insomnií. Z celkového počtu 12 účastníků pouze 8 dokončilo 15 dvaceti minutových tréninků. Proběhlo náhodné rozdělení do 2 skupin a účastníci absolvovali buďto SMR protokol (n = 5) nebo individualizovaný protokol dle QEEG (n = 3). Oba protokoly využívaly Z-score databáze k okamžitému vyhodnocování. Individualizovaný protokol byl vytvořen kombinací 4 míst s nejvíce abnormální aktivitou oproti jedincům v normativní databázi. SMR trénink probíhal na elektrodách Cz a C4. Dle dostupných výsledků z tréninku těžili zástupci obou skupin, prodloužila se celková doba spánku, snížila se doba potřebná pro usnutí a tím došlo k přiblížení se normě. Zároveň 5 z 6 dotázaných zůstalo bez přítomnosti příznaků insomnie i po 6-9 měsících od dokončení NF.

4.8 Posttraumatická stresová porucha

Posttraumatická stresová porucha (PTSP, též PTSD z anglického Posttraumatic stress disorder) vzniká jako reakce na závažné traumatizující události, s nimiž se jedinec není schopen vyrovnat, takže je opakovaně prožívá ve snech či myšlenkách formou takzvaných flashbacků. Může vznikat v důsledku automobilových nehod, přírodních katastrof, jako jsou povodně, zemětřesení či hurikány, dále po znásilnění, teroristickém útoku či při válečných konfliktech (Helus, 2018). Mezi další symptomy patří deprese, úzkost nebo přílišné nabuzení, tzv. overarousal (Noohi, Miraghaie, & Arabi, 2017).

Peniston a Kulkosky (1991) porovnávali míru účinnosti NF tréninku oproti tradiční farmakologické léčbě u 29 válečných veteránů z Vietnamu trpících PTSD. V NF skupině (n = 15) absolvovali jedinci celkem 30 alfa/theta tréninků trvajících 30 minut. Použita byla zvuková zpětná vazba a měření na aktivní elektrodě O1. V kontrolní skupině (n = 14) probíhala farmakologická léčba v kombinaci s individuální a/nebo skupinovou terapií. K hodnocení symptomů byl použit dotazník Minnesota Multiphasic Personality Inventory, který byl administrován celkem 3×, nejprve před zahájením léčby, ihned po ní a ve follow-upu po 30

měsících. U NF skupiny došlo zejména ke snížení T-skóru na klinických škálách (deprese, hysterie, schizofrenie atp.) a celkem 14 jedincům (z 15) mohla být snížena dávka léků, oproti pouze jednomu člověku z kontrolní skupiny. V následném follow-upu hlásilo všech 14 klientů z farmakologické léčby relaps, přičemž z NF skupiny pouze 3.

Van der Kolk a kol. (2016) zkoumali možnost využití NF u 52 jedinců s PTSD, kteří nereagují na žádný jiný druh léčby. Vycházeli z předpokladu, že NF může pomoci zlepšit seberegulační (zejména afektivní) schopnosti jedince a ten je pak lépe schopen zvládnout intenzivní nabuzení, čímž dojde k úlevě od symptomů. Jedinci s PTSD často mají zvýšenou kortikální aktivaci projevující se snížením výskytu alfa vln a zvýšeným výskytem theta vln. V NF skupině (n = 28) probíhaly tréninky 2× týdně po dobu celkem 12 týdnů na aktivní elektrodě T4a referenční P4. Trénováno bylo několik frekvenčních pásem, konkrétně šlo o snižování výskytu 2-6 Hz (delta, theta) a 22-36 Hz (HiBeta) za současného zvyšování 10-13 Hz (alfa). Každý trénink trval 30 minut a použita byla audiovizuální zpětná vazba. Jako kontrolní skupina byli použiti jedinci zařazení na čekací listinu (n = 24). Hodnocení symptomů proběhlo celkem 4×, nejprve před začátkem NF, po 6 týdnech, po ukončení NF a poslední follow-up měsíc po ukončení. Použity byly testy Traumatic Events Screening Inventory, Clinician Administered PTSD Scale, Davidson Trauma Scale a Inventory of Altered Self-Capacities. V porovnání s kontrolní skupinou došlo u jedinců, kteří absolvovali NF k signifikantnímu zlepšení symptomů PTSD. Celkem 72,7 % jedinců po ukončení NF dále nesplňovalo kritéria diagnózy PTSD. Jeden účastník hlásil zvýšení počtu flashbacků jako vedlejší efekt NF.

Noohi a kol. (2017) provedli výzkum celkem 30 mužů ve věku 25-60 let s PTSD, kteří byli náhodně rozřazeni do dvou skupin. Každý jedinec z experimentální skupiny (n = 15) absolvoval 4× týdně celkem 25 alfa/theta NF tréninků trvajících 30-40 minut. NFT probíhal se zavřenými očima za použití zvukové zpětné vazby a jedinci byli instruováni, aby si vybavili příjemné vzpomínky. Data byla snímána pomocí několika elektrod – Pz, P3, P4, O1 a O2. Kontrolní skupina (n = 15) neabsolvovala žádný druh léčby. Hodnocení symptomů proběhlo před NF, po něm a následně 45 dnů od ukončení léčby (follow-up).

Použity byly testy Impact of Event Scale-Revised, Beck Depression Inventory-II, Wisconsin Card Sorting Test a Tower of London. Dle výsledků došlo k signifikantnímu zlepšení symptomů PTSD, deprese a také exekutivních funkcí v experimentální skupině.

4.9 Zvyšování výkonu

Jak uvádí Evans a Abarbanel (1999) špičkový výkon (v originále Peak performance) je zároveň vědou i uměním, jak se dostat do stavu, během nějž dokážeme co nejefektivněji zvládat úkoly. Těchto špičkových výkonů často dosahují jedinci mající dle J. Rottera interní locus of control, a ti kteří překážky vnímají jako výzvy a dokáží dosáhnout vnitřního klidu. Po dlouhá staletí byla tato výkonnost kultivována v průběhu celého života skrze různé mystické praktiky, meditaci a bojová umění. Nicméně západní společnost ve své uspěchanosti touží po výsledcích ideálně hned. Proto lze pozorovat snahu o nalézání co nejrychlejších způsobů, jimiž by bylo možno těchto špičkových výkonů u zdravých jedinců dosahovat. Ať už při sportu, tanci nebo u manažerů či lékařů. Jednou z možností, kterou nabízí moderní technologie je právě neurofeedback, metoda, jenž je v současné době podrobena důkladnému zkoumání. Také je zkoumán účinek při zvyšování výkonu u starších jedinců v oblasti kognitivního zpracování, pozornosti, paměti a podobně (Angelakis et al., 2007; Lecomte & Juhel, 2011).

Jirayucharoensak a kol. (2019) zkoumali účinnost NF využívajícího zpětnou vazbu ve formě hry na kognici u 119 dobrovolnic, z nichž 54 bylo zdravých a 65 trpělo mírnou kognitivní poruchou. Vytvořeny byly 3 skupiny – první procházela běžnou péčí a NF (n = 58), druhá exergame tréninkem (n = 36) a třetí pouze běžnou péčí (n = 25). Exergame trénink využívá videoher, jež jsou zároveň tělesným cvičením, kdy přístroje měří tělesný pohyb. Účastnice v NF i exergame skupině podstoupily každá 20 tréninků, 2-3× týdně. U NF probíhalo měření na pozicích elektrod AF3, AF4, O1 a O2. Výsledky ukázaly zlepšení pracovní paměti, schopnosti uchovávat prostorové informace, plánování a schopnosti udržení pozornosti u NF skupiny, nikoli u dalších dvou. Nebyly nalezeny žádné signifikantní rozdíly mezi skupinami zdravých dobrovolnic a těch s mírnou kognitivní poruchou, u obou byl NF stejně efektivní.

Mirifar a kol. (2017) se ve svém systematickém přehledu zabývají hodnocením efektivity NF na poli sportovních výkonů. Schopnost seberegulace, jenž je pomocí NF trénována, hraje zásadní roli ve zvyšování výkonnosti u sportovců, zejména prostřednictvím schopnosti koncentrace a relaxace. Celkem bylo do přehledu zařazeno 14 studií ze 7 databází (Scopus, Science Direct, PubMed, Google Scholar, PsycINFO, SPORTDiscus a Web of Science). Ze sportů byla zkoumána sportovní střelba, lukostřelba, plavání, golf, gymnastika a další. Napříč studiemi byly trénovány různé frekvence – beta, SMR, alfa, theta nebo jejich kombinace, na různých pozicích (C3, C4, Pz, ...). Jedna studie využívala SPC tréninku. Výsledky 12 z celkového počtu 14 studií vykazují zlepšení, takže by se zdánlivě dal NF prohlásit za efektivní, nicméně autoři přehledu upozorňují na některá úskalí zkoumaných studií. Například dvě studie zkoumající efekt NFT při tanci použily stejný alfa/theta protokol, ale došly k odlišným výsledkům, nebo naopak ve stejném sportu byly stejné výsledky dosaženy různými protokoly a tak dále. Také zdůrazňují, že EEG měření v případě sportu je problematické zejména kvůli pohybovým artefaktům a měření v laboratoři nemusí odpovídat reálným podmínkám.

Guez a kol. (2014) zjišťovali v randomizované, sham kontrolované a dvojité zaslepené studii vliv NF na epizodickou paměť u 30 studentů. Jedna NF skupina trénovala rychlé alfa vlny, druhá NF skupina SMR rytmus a třetí absolvovala sham NF. Ve všech skupinách se jednalo o 10 tréninků, 2× týdně s dobou trvání 30 minut a audiovizuální zpětnou vazbou. Signál byl nahráván z elektrod C4 (u SMR skupiny) a Pz (u alfa skupiny). Výsledky ukazují, že každý druh tréninku, včetně sham NF, ovlivňuje odlišné paměťové procesy.

Lecomte a Juhel (2011) provedli výzkum efektivity NFT na paměť u starších dobrovolníků, ve věku 65 až 85 let. Celkem 30 jedinců (23 žen, 7 mužů) bylo rozděleno do 3 skupin. První skupina (n = 10) prošla 4 NFT, druhá skupina (n = 10) trénovala relaxaci a třetí skupina (n = 10) byla tvořena z jedinců na čekací listině. Při alfa/theta NFT byla použita buďto zvuková (při zavřených očích) nebo vizuální (při otevřených očích) zpětná vazba a měření pomocí elektrod na pozicích C3 a Cz nebo C4 a Cz. Studie sice prokázala, že došlo ke změnám v trénovaných

frekvencích, nicméně nastalé změny při paměťových úlohách byly pozorovány jak v NF skupině, tak u jedinců trénujících relaxaci.

Ros a kol. (2009) zkoumali, zda lze pomocí NFT zlepšit dovednosti v oblasti oční mikrochirurgie. Celkem 20 chirurgů ve výcviku rozřadili do 2 skupin. První skupina (n = 10) absolvovala během 2-3 měsíců celkem 8 SMR/theta tréninků o délce 30 minut. Použita byla komplexní zpětná vazba ve formě hry a monopolární zapojení na pozici Cz. Druhá skupina (n = 10) absolvovala alfa/theta trénink za použití zvukové zpětné vazby a monopolárního zapojení na pozici Pz. Do kontrolní skupiny (n = 8) byli zařazeni jedinci čekající na NFT. Probandi prováděli simulovanou operaci šedého zákalu a výsledky hodnotili zkušení odborníci pomocí video záznamu a měření času. Po SMR/theta tréninku byly vyhodnoceno zlepšení v celkové technice, šití a snížil se potřebný čas pro výkon o 26 %, také klesla pociťovaná míra úzkosti chirurgů. U alfa/theta tréninku též klesl celkový potřebný čas a zlepšila se technika.

5 SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

Cílem této teoretické práce je představení neurofeedbacku a hodnocení jeho efektivnosti, do nějž bylo zahrnuto celkem 27 studií a 2 metaanalýzy.

V rámci diagnózy ADHD/ADD bylo prozkoumáno celkem 9 studií s celkovým počtem 396 účastníků. Z tohoto počtu se 3 studie (Lee & Jung, 2017; Pakdaman et al., 2018; Sundawa et al., 2018) zabývají hodnocením NF versus medikace a všechny shodně shledávají pozitivní účinky a využití NF doporučují. Oproti tomu zbylých 6 studií (Arnold et al., 2012; Bink et al., 2014; Janssen et al., 2016; Perreau-Linck et al., 2010; Schöenberg et al., 2017; Vollebregt et al., 2013) využívajících sham NF v kontrolní skupině neshledalo nadřazenost NF.

U epilepsie všechny 3 zařazené studie (Enger & Serman, 2006; Frey & Koberda, 2015; Tan et al., 2009) s celkem 267 zapojenými jedinci hlásí pozitivní účinky NF, zejména na snížení počtu záchvatů, a to i u těch, kteří nereagují na jiný druh léčby.

Dále byly uvedeny 2 studie (Azizi et al., 2018; Breteler et al., 2010) zabývající se 64 dětmi se specifickými poruchami učení. Ač obě studie prokazují pozitivní výsledky NF, v prvním případě nastalo signifikantněji větší zlepšení u kognitivní rehabilitace a v druhém případě byl účinek NF a speciálního doučování na srovnatelné úrovni.

Poruchy autistického spektra byly zhodnoceny ve 2 studiích (Karimi et al., 2011; Kouijzer et al., 2012). V případové studii Kamiri a kol. (2011) vedl NF společně s návštěvami logopedie k celkovému zlepšení stavu zkoumaného chlapce v mnoha oblastech. Navíc byly pozorovány změny v EEG záznamu směrem k normalizaci patologických frekvencí. V druhém výzkumu nastalo u NF skupiny zlepšení pouze v oblasti kognitivní flexibility (Kouijzer et al., 2012).

Jedna studie (Mennella et al., 2017) zkoumala efektivnost NF na úzkost, přičemž potvrdila její zmírnění. A jedna studie (Kopřivová et al., 2013) se zabývala OCD za použití sham NF v kontrolní skupině, kde u obou skupin došlo ke stejným změnám, nadřazený byl NF pouze v redukci počtu kompulzí.

U depresivní poruchy je uvedena jedna studie (Choi et al., 2011), ve které se u NF podařilo oproti kontrolní skupině prokázat zlepšení symptomů deprese a kognitivních funkcí.

Efektivnost NF na poruchy spánku, konkrétně insomnii zkoumali 2 studie (Hamer et al., 2011; Schabus et al., 2017). Schabus a kol. (2017) neprokázali nadřazenost NF oproti sham NF. Hamer a kol. zkoumali 2 druhy protokolů, přičemž u obou shledali přibližně stejné pozitivní účinky.

Diagnóza PTSD byla zkoumána u celkem 111 účastníků ve 3 studiích (Noohi et al., 2017; Peniston & Kulkosky, 1991; Van der Kolk et al., 2016). Všechny tři studie shodně našly pozitivní výsledky.

Poslední prozkoumanou oblastí je zvyšování výkonů, do níž bylo zařazeno 5 studií, z nichž 3 (Jirayucharoensak et al., 2019; Lecomte & Juhel, 2011; Ros et al., 2009) prokazují zlepšení ve zkoumaných oblastech. Ve studii Gueze a kol. 2014 se nepodařilo prokázat nadřazenost NF nad sham NF. Poslední metaanalýza Mirifara a kol. (2017) sice prezentuje pozitivní výsledky u sportovců, nicméně k nim přistupuje velmi kriticky a s opatrností.

6 DISKUZE

Jak je vidět z výše uvedeného přehledu, výzkumy nedochází k jednotným výsledkům. Ač někteří autoři uvádějí pozitivní výsledky, hodnotí NF jako efektivní a doporučují ho, tak studiím pracujícím se sham NF se zatím nepodařilo nadřazenost NF prokázat a potvrdit tak jeho aktivní působení. Autoři často zmiňují působení nespecifických faktorů jako je empatie, zájem o klienta, intenzivní kontakt jeden na jednoho, očekávání a tak dále. Většina studií stále i v dnešní době naráží na metodologická úskalí jako je malý výzkumný vzorek, neadekvátní kontrolní skupina, využívají pouze subjektivního hodnocení účastníků, často nejsou zaslepené nebo na shodné symptomy využívají různých protokolů, a naopak na různé symptomy stejných protokolů. Často také ve studiích chybí doklady potvrzující strukturální změny v EEG záznamu, které by bylo možné konkrétně spojit s jednotlivými symptomy, popřípadě jejich ústupem. Dále lze z prostudovaných zdrojů vyčíst rozpor v obecných doporučeních a následném konkrétním provedení. Mnoho autorů uvádí, že je NF potřeba co nejvíce upravit na míru klientovi, ale často bývají využívány předem připravené protokoly a nepracuje se s QEEG. Zde stojí v protikladu provedení výzkumných studií pro jejich možnost budoucí replikace s klinickou praxí, která se co nejvíce snaží přiblížit konkrétním klientům. Také výzkumné vzorky zařazené do studií často neodpovídají realitě a liší se od zastoupení v běžné populaci. Jsou totiž zařazováni zejména jedinci bez komorbidních poruch a s IQ vyšším než 80. Je pochopitelné, že je na jednu stranu nutné nalézt konkrétní spojitosti mezi strukturami v mozku a symptomy či behaviorálními projevy, které komorbidní poruchy komplikují. Na druhou stranu tak mohou být upozadovány interindividuální rozdíly. Dále Bink a kol. (2014) upozorňují, že v EEG spektru mohou být přítomny rozdíly podle pohlaví, s čímž ani jedna z dalších hodnocených studií nepočítá. Další takové rozdíly by mohly vznikat i v důsledku odlišné laterality. Jako existují farmakorezistentní jedinci, mohou existovat i jedinci rezistentní na působení NF. Pro budoucí výzkum se proto jeví jako důležité tyto nedostatky odstranit. Také je žádoucí lépe porozumět konkrétním dynamickým procesům v mozku, jeho fungování, tomu, jak zde probíhá komunikace a s jakými intervenujícími proměnnými (právě například zmiňované pohlaví či laterality) je potřeba dále počítat.

Na základě obecného schématu hodnocení dle Americké psychologické asociace vytvořila AAPB (Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback) pětibodovou stupnici důkazů pro hodnocení efektivity, jedná se o následující kritéria (Volně přeloženo podle: AAPB, Inc).

- 1) Stupeň 1: Není empiricky ověřeno (Not empirically supported) – pouze zprávy či případové studie v nerecenzovaných časopisech.
- 2) Stupeň 2: Možná efektivní (Possibly Efficacious) – existuje alespoň jedna studie mající dostatečnou statistickou sílu a kvalitně identifikované výsledky měření, ale chybí randomizace zařazení do kontrolní skupiny.
- 3) Stupeň 3: Pravděpodobně efektivní (Probably Efficacious) – jsou k dispozici mnohonásobné observační studie, klinické studie, studie s kontrolní skupinou na čekací listině, a replikované studie.
- 4) Stupeň 4: Efektivní (Efficacious) – existují alespoň dvě nezávislé, randomizované studie s kontrolní skupinou neprocházející žádnou léčbou nebo alternativní léčbou, dále sham (placebo) skupinou. Zkoumaný druh léčby musí být statisticky významně nadřazen kontrolním podmínkám, studie dále musí být validní, reliabilní, replikovatelné, vhodně statisticky řešené.
- 5) Stupeň 5: Efektivní a specifická (Efficacious and specific) – bylo prokázáno alespoň ve dvou nezávislých studiích, že zkoumaná léčba je nadřazena placebo účinku, lékům či další možné léčbě.

S ohledem na získané výsledky není v současné době možné říci, že je NF efektivní nebo efektivní a specifickou léčbou. Současný stav poznání spíše odpovídá stupni pravděpodobně efektivní a je nutno provést další výzkum. Studie s kontrolní skupinou na čekací listině efekt NF prokazují, jelikož u experimentální skupiny dochází ke zlepšení. Nicméně 4. stupeň efektivity již vyžaduje kontrolní skupinu kontrolovanou sham (placebo) neurofeedbackem a žádné z uvedených studií se jednoznačně nadřazenost reálného neurofeedbacku nad sham kontrolní skupinou nepodařilo prokázat. O specifických aktivních účincích se toho tedy zatím mnoho neví. Zároveň ale díky pokusům Wyrwické a Stermana (1968) lze

vyložit, že by působily pouze nespecifické faktory. Jejich pokusy s kočkami prokázaly, že byly schopné naučit se produkovat SMR rytmus, přičemž u koček nelze předpokládat působení placebo efektu ve formě očekávání.

7 ZÁVĚR

První část této teoretické práce se zabývá komplexním představením obecných pojmů, s nimiž je dále pracováno. Poté již samotným neurofeedbackem, historií jeho zkoumání, praktickými otázkami, legislativou a etikou. Následuje přehled využívaných typů a protokolů NF a přiblížení průběhu konkrétního tréninku. Dále rozebírá metodiku práce a následuje již samotné hodnocení efektivnosti, jež je zároveň hlavním cílem.

Hodnocení efektivnosti proběhlo celkem v 9 oblastech na 27 studiích a 2 metaanalýzách. Bohužel ani v jedné z těchto oblastí se efektivnost s jistotou nepodařilo prokázat, zejména kvůli mnohým metodologickým nedostatkům těchto studií. Nejslibnější se na první pohled zdá být oblast PTSD, v níž všechny zmiňované studie dochází k pozitivním výsledkům, nicméně ani jedna nekontroluje působení nespecifických faktorů. Naopak velmi dobře prozkoumaná je oblast ADHD, kde vzniklo hned několik studií pracujících se sham kontrolní skupinou. Zde se ovšem zatím nepodařilo nadřazenost NF a ani tedy jeho aktivní působení prokázat. Ač lze neurofeedback považovat za slibnou metodu, u níž mnoho jedinců hlásí subjektivní zlepšení, je třeba dalšího systematického výzkumu k potvrzení efektivnosti léčby.

Seznam literatury

1. Ambler, Z. (2011). *Základy neurologie*. Praha: Galén.
2. Angelakis, E., Stathopoulou, S., Frymiare, J. L., Green, D. L., Lubar, J. F., & Kounios, J. (2007). EEG Neurofeedback: A Brief Overview and an Example of Peak Alpha Frequency Training for Cognitive Enhancement in the Elderly. *The Clinical Neuropsychologist*, 21(1), 110–129.
3. Arina, G., Osina, E., Dobrushina, O., & Aziatskaya, G. (2017). Sham-neurofeedback as an intervention: Placebo or nocebo? *European Psychiatry*, 41, S253–S254.
4. Arnold, L. E., Lofthouse, N., Hersch, S., Pan, X., Hurt, E., Bates, B., ... Grantier, C. (2012). EEG Neurofeedback for ADHD: DoubleBlind Sham-Controlled Randomized Pilot Feasibility Trial. *Journal of Attention Disorders*, 17(5), 410–419.
5. Arns, M., Batail, J.-M., Bioulac, S., Congedo, M., Daudet, C., Drapier, D., ... Vialatte, F. (2017). Neurofeedback: One of Today's techniques in psychiatry? *L'Encéphale*, 43(2), 135–145.
6. Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. (2020). *Efficacy*. Dostupné online z: <https://www.aapb.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3440>
7. Azizi, A., Drikvand, F.M., & Sepahvandi, M. A. (2018). Comparison of the Effect of Cognitive Rehabilitation and Neurofeedback on Sustained Attention Among Elementary School Students with Specific Learning Disorder: A Preliminary Randomized Controlled Clinical Trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 43, 301–307.
8. Berger, A. M., & Davelaar, E. J. (2018). Frontal Alpha Oscillations and Attentional Control: A Virtual Reality Neurofeedback Study. *Neuroscience*, 378, 189–197.

9. Bink, M., van Nieuwenhuizen, C., Popma, A., Bongers, I. L., & van Boxtel, G. J. M. (2014). Behavioral effects of neurofeedback in adolescents with ADHD: a randomized controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 24(9), 1035–1048.
10. Bohdanecký, Z., Lánský, P., Indra, M., & Radil, T. (1980). EEG alpha activity modified by biofeedback and some personality characteristics. *Activitas nervosa superior*, 22(2), 76.
11. Borzová, C., a kolektiv. (2009). *Nespavost a jiné poruchy spánku: Pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada.
12. Breteler M. H., Arns, M., Peters, S., Giepman, I., & Verhoeven, L. (2010). Improvements in spelling after QEEG-based neurofeedback in dyslexia: a randomized controlled treatment study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 35(1), 5-11.
13. Christiansen, H., Reh, V., Schmidt, M. H., & Rief, W. (2014). Slow cortical potential neurofeedback and self-management training in outpatient care for children with ADHD: Study protocol and first preliminary results of a randomized controlled trial. *Frontiers Human Neuroscience*, 8, 943.
14. Choi, S. W., Chi, S. E., Chung, S. Y., Kim, J. W., Ahn, C. Y., & Kim, H. T. (2011). Is Alpha Wave Neurofeedback Effective with Randomized Clinical Trials in Depression? A Pilot Study. *Neuropsychobiology*, 63(1), 43–51.
15. Dean, J., & Keshavan, M. (2017). The neurobiology of depression: An integrated view. *Asian Journal of Psychiatry*, 27, 101–111.
16. Demos, J. N. (2019). *Getting Started with EEG Neurofeedback. (2nd Edition)*. New York, London: W.W. Norton & Company.
17. Dessy, E., Mairesse, O., van Puyvelde, M., Cortoos, A., Neyt, X., & Pattyn, N. (2020). Train Your Brain? Can We Really Selectively Train Specific EEG Frequencies With Neurofeedback Training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14.

18. Dias, Á. M., Van Deusen, A. M., Oda, E., & Bonfim, M. R. (2012). Clinical Efficacy of a New Automated Hemoencefalographic Neurofeedback Protocol. *The Spanish Journal of Psychology*, 15(03), 930–941.
19. Doppelmayr, M., & Weber, E. (2011). Effects of SMR and Theta/Beta Neurofeedback on Reaction Times, Spatial Abilities, and Creativity. *Journal of Neurotherapy*, 15(2), 115–129.
20. Drtílková, I., & Fiala, A. (2016). Rozdílné dimenze subtypů ADHD. *Česká a Slovenská Psychiatrie*, 112(3), 127-132.
21. EEG Biofeedback Institut. (2020). *Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback – Etický kodex a stanovy*. Dostupné online z: <http://eegbiofeedback.zoradata.cz/ke-stazeni/>
22. Eegner, T., & Serman, M. B. (2006). Neurofeedback treatment of epilepsy: from basic rationale to practical application. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 6(2), 247–257.
23. Eegner, T., Strawson, E., & Gruzelier, J. H. (2002). EEG Signature and Phenomenology of Alpha/theta Neurofeedback training Versus Mock Feedback. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27(4), 261–270.
24. Enriquez-Geppert, S., Huster, R. J., & Herrmann, C. S. (2017). EEG-Neurofeedback as a Tool to Modulate Cognition and Behavior: A Review Tutorial. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11.
25. Evans, J. R., & Abarbanel, A. (1999). *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback*. Londýn: Academic Press.
26. Faber, J. (2010). Biofeedback and brain activity. *Neural Network World*, 249-260.
27. Faber, J. (2002). EEG-bio-feedback training – a new therapeutic method. *Praktický Lékař*. 82(8), 480-486.
28. Faber, J., Pilařová, M., & Vučková, Z. (2001). Využití metody EEG-bio-feedback training ve školním poradenství. *Pedagogika*, 51, 56-70.

29. Fernández, T., Bosch-Bayard, J., Harmony, T., Caballero, M. I., Díaz-Comas, L., Galán, L., ... Otero-Ojeda, G. (2015). Neurofeedback in Learning Disabled Children: Visual versus Auditory Reinforcement. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 41(1), 27–37.
30. Friedman, L. A., & Rapoport, J. L. (2015). Brain development in ADHD. *Current Opinion in Neurobiology*, 30, 106–111.
31. Frey, L. C., & Koberda, J. C. (2015). LORETA Z-score Neurofeedback in Patients with medically Refractory Epilepsy. *Neurology*, 1.1.
32. Gruzelier, J. (2008). A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processing*, 10(S1), 101–109.
33. Gruzelier, J. H., Thompson, T., Redding, E., Brandt, R., & Steffert, T. (2014). Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: State anxiety and creativity. *International Journal of Psychophysiology*, 93(1), 105–111.
34. Guez, J., Rogel, A., Getter, N., Keha, E., Cohen, T., Amor, T., ... Todder, D. (2014). Influence of electroencephalography neurofeedback training on episodic memory: A randomized, sham-controlled, double-blind study. *Memory*, 23(5), 683–694.
35. Hafeez, Y., Ali, S. S. A., Mumtaz, W., Moinuddin, M., Adil, S. H., Al-Saggaf, U. M., ... Malik, A. S. (2019). Investigating Neurofeedback Protocols for Stress Mitigation: A Comparative Analysis of Different Stimulus Contents. *IEEE Access*, 7, 141021–141035.
36. Hammer, B. U., Colbert, A. P., Brown, K. A., & Ilioi, E. C. (2011). Neurofeedback for Insomnia: A Pilot Study of Z-Score SMR and Individualized Protocols. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(4), 251–264.
37. Hammond, D. C. (2006). LENS: The Low Energy Neurofeedback system. *Journal of Neurotherapy*, 10(2/3).

38. Hammond, D. C. (2008). Comprehensive Neurofeedback Bibliography: 2007 Update. *Journal of Neurotherapy*, 11(3), 45–60.
39. Hammond, D. C. (2011). What is Neurofeedback: An Update. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 305-336.
40. Helus, Z. (2018). *Úvod do psychologie*. Praha: Grada.
41. Janssen, T. W. P., Bink, M., Weeda, W. D., Geladé, K., van Mourik, R., Maras, A., & Oosterlaan, J. (2016). Learning curves of theta/beta neurofeedback in children with ADHD. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 26(5), 573–582.
42. Jirayucharoensak, S., Israsena, P., Pan-ngum, S., Hemrungronj, S., & Maes, M. (2019). A game-based neurofeedback training system to enhance cognitive performance in healthy elderly subjects and in patients with amnesic mild cognitive impairment. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 347–360.
43. Kamiya, J. (2011). The First Communications About Operant Conditioning of the EEG. *Journal of Neurotherapy*, 15(1), 65-73.
44. Karimi, M., Haghshenas, S., & Rostami, R. (2011). Neurofeedback and autism spectrum: A case study. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 30, 1472–1475.
45. Kober, S. E., Wood, G., Kurzmann, J., Friedrich, E. V. C., Stangl, M., Wippel, T., ... Neuper, C. (2014). Near-infrared spectroscopy based neurofeedback training increases specific motor imagery related cortical activation compared to sham feedback. *Biological Psychology*, 95, 21–30.
46. Kopřivová, J., Brunovský, M., Praško, J., & Horáček, J. (2008). EEG Biofeedback a jeho využití v klinické praxi. *Psychiatrie*, 12(1), 10-17.

47. Kopřivová, J., Congedo, M., Raszka, M., Praško, J., Brunovský, M., & Horáček, J. (2013). Prediction of Treatment Response and the Effect of Independent Component Neurofeedback in Obsessive-Compulsive Disorder: A Randomized, Sham-Controlled, Double-Blind Study. *Neuropsychobiology*, 67(4), 210–223.
48. Kotchoubey, B., Strehl, U., Uhlmann, C., Holzapfel, S., König, M., Fröscher, W., ... Birbaumer, N. (2002). Modification of Slow Cortical Potentials in Patients with Refractory Epilepsy: A Controlled Outcome Study. *Epilepsia*, 42(3), 406–416.
49. Kouijzer, M. E. J., van Schie, H. T., Gerrits, B. J. L., Buitelaar, J. K., & de Moor, J. M. H. (2012). Is EEG-biofeedback an Effective Treatment in Autism Spectrum Disorders? A Randomized Controlled Trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38(1), 17–28.
50. Kulišťak, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
51. Kulišťák, P., a kolektiv. (2017). *Klinická neuropsychologie v praxi*. Praha: Karolinum.
52. LaMarca, K., Gevirtz, R., Lincoln, A. J., & Pineda, J. A. (2018). Facilitating Neurofeedback in Children with Autism and Intellectual Impairments Using TAGteach. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(6), 2090–2100.
53. Lansbergen, M. M., van Dongen-Boomsma, M., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willemse, D. (2010). ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *Journal of Neural Transmission*, 118(2), 275–284.
54. Lecomte, G., & Juhel, J. (2011). The Effects of Neurofeedback Training on Memory Performance in Elderly Subjects. *Psychology*, 2(8), 846–852.
55. Lee, E. J., & Jung, C. H. (2017). Additive effects of neurofeedback on the treatment of ADHD: A randomized controlled study. *Asian Journal of Psychiatry*, 25, 16–21.

56. Longo, E. R. (2018). *A Consumer's Guide to Understanding QEEG Brain Mapping and Neurofeedback Training*. Bloomington: iUniverse.
57. Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508–520.
58. Maras, L., Bohdanecký, Z., & Radil, T. (1980). Some comments on EEG alpha biofeedback methods. *Activitas nervosa superior*, 22(2), 75.
59. Markiewicz, R. (2017). The use of EEG Biofeedback/Neurofeedback in psychiatric rehabilitation. *Psychiatria Polska*. 51(6), 1095–1106.
60. Marzbani, H., Marateb, H., & Mansourian, M. (2016). Methodological Note: Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications. *Basic and Clinical Neuroscience Journal*, 7(2).
61. Mennella, R., Patron, E., & Palomba, D. (2017). Frontal alpha asymmetry neurofeedback for the reduction of negative affect and anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 92, 32–40.
62. Mirifar, A., Beckmann, J., & Ehrlenspiel, F. (2017). Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 75, 419–432.
63. Nan, W., Rodrigues, J. P., Ma, J., Qu, X., Wan, F., Mak, P.-I., ... Rosa, A. (2012). Individual alpha neurofeedback training effect on short term memory. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), 83–87.
64. Niv, S. (2013). Clinical efficacy and potential mechanisms of neurofeedback. *Personality and Individual Differences*, 54(6), 676–686.
65. Noohi, S., Miraghaie, A. M., Arabi, A. (2017), Effectiveness of neurofeedback treatment with alpha/theta method on PTSD symptoms and their executing function. *Biomedical Research*, 28, 2019–2027.

66. Oberman, L. M., Hubbard, E. M., McCleery, J. P., Altschuler, E. L., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2005). EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 190–198.
67. Pakdaman, F., Irani, F., Tajikzadeh, F., & Jabalkandi, S. A. (2018). The efficacy of Ritalin in ADHD children under neurofeedback training. *Neurological Sciences*. 39 (12), 2071-2078.
68. Papo, D. (2019). Neurofeedback: principles, appraisal and outstanding issues. *European Journal of Neuroscience*. 49(11), 1454-1469.
69. Peniston, E. G., Kulkosky, P. J. (1991). Alpha-theta brainwave neurofeedback therapy for Vietnam veterans with combat-related post-traumatic stress disorder. *Medical Psychotherapy*. 4, 47–60.
70. Perreau-Linck, E., Lessard, N., Lévesque, J., & Beauregard, M. (2010). Effects of Neurofeedback Training on Inhibitory Capacities in ADHD Children: A Single-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Study. *Journal of Neurotherapy*, 14(3), 229–242.
71. Phneah, S. W., & Nisar, H. (2017). EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement. *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, 40(2), 325–336.
72. Praško, J. (2005). *Úzkostné poruchy: klasifikace, diagnostika a léčba*. Praha: Portál.
73. Praško, J., Grambal, A., Šlepecký, M., Vyskočilová, J. (2019). *Obsedantně-kompulzivní porucha*. Praha: Grada.
74. Ptáček, R., Novotný, M., a kol. (2017). *Biofeedback v teorii a praxi*. Praha: Grada.
75. Reiner, M., Gruzelier, J., Bamidis, P. D., & Auer, T. (2018). The Science of Neurofeedback: Learnability and Effects. *Neuroscience*. 378, 1–10.

76. Robbins, J. (2008). *A Symphony in the Brain: The Evolution of the New Brain Wave Biofeedback*. New York: Grove press.
77. Rogala, J., Jurewicz, K., Paluch, K., Kublik, E., Cetnarski, R., & Wróbel, A. (2016). The Do's and Don'ts of Neurofeedback Training: A Review of the Controlled Studies Using Healthy Adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.
78. Ros, T., Moseley, M. J., Bloom, P. A., Benjamin, L., Parkinson, L. A., & Gruzelier, J. H. (2009). Optimizing microsurgical skills with EEG neurofeedback. *BMC Neuroscience*, 10(1), 87.
79. Seeck, M., Koessler, L., Bast, T., Leijten, F., Baumgartner, C., He, B., Beniczky, S. (2017). The standardized EEG electrode array of the IFCN. *Clinical Neurophysiology*, 128, 2070-2077.
80. Sharma, A., & Couture, J. (2013). A Review of the Pathophysiology, Etiology, and Treatment of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *Annals of Pharmacotherapy*, 48(2), 209–225.
81. Schabus, M., Griessenberger, H., Gnjezda, M.-T., Heib, D. P. J., Wislowska, M., & Hoedlmoser, K. (2017). Better than sham? A double-blind placebo-controlled neurofeedback study in primary insomnia. *Brain*, 140(4), 1041–1052.
82. Schönenberg, M., Wiedemann, E., Schneidt, A., Scheeff, J., Logemann, A., Keune, P. M., & Hautzinger, M. (2017). Neurofeedback, sham neurofeedback, and cognitive-behavioural group therapy in adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a triple-blind, randomised, controlled trial. *The Lancet Psychiatry*, 4(9), 673–684.
83. Simon, J. (1980). *Mozkové vlny alfa a biofeedback*. *Lékař a technika* 11(4), 75-77.
84. Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., ... Sulzer, J. (2016). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(2), 86–100.

85. Slowík, J. (2007). *Speciální pedagogika*. Praha: Grada.
86. Straussová, R. (2018). Přednosti včasného screeningu rizika autismu, rehabilitace prostřednictvím tréninku rodičů a raná intervence O.T.A. u dětí s PAS. *Česká a Slovenská Psychiatrie*, 114(3), 106-116.
87. Sudnawa, K. K., Chirdkiatgumchai, V., Ruangdaraganon, N., Khongkhatithum, C., Udomsubpayakul, U., Jirayucharosak, S., & Israsena, P. (2018). Effectiveness of Neurofeedback Versus Medication in Treatment of ADHD. *Pediatrics International*. Accepted manuscript.
88. Šlepecký, M., Novotný, M., & Haase, J. (2010). Efektivita léčby ADHD neurofeedbackom. *Psychiatria-Psyhoterapia-Psychosomatika*, 17, 1.
89. Takamura, M., Okamoto, Y., Shibasaki, C., Yoshino, A., Okada, G., Ichikawa, N., & Yamawaki, S. (2020). Antidepressive effect of left dorsolateral prefrontal cortex neurofeedback in patients with major depressive disorder: a preliminary report. *Journal of Affective Disorders*, 271, 224-227.
90. Tan, G., Thornby, J., Hammond, D. C., Strehl, U., Canady, B., Arnemann, K., & Kaiser, D. A. (2009). Meta-Analysis of EEG Biofeedback in Treating Epilepsy. *Clinical EEG and Neuroscience*, 40(3), 173–179.
91. Thornton, K. E., & Carmody, D. P. (2005). Electroencephalogram biofeedback for reading disability and traumatic brain injury. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 14(1), 137–162.
92. Tyl, J., & Sedláková, V. (1996). Metoda EEG biofeedback – trénink na 1. LF UK. *Zdravotnické noviny*, 45(29).
93. Ústav zdravotnických informací a statistiky. (2019). *MKN-10*. Dostupné online z: <https://old.uzis.cz/cz/mkn/index.html>
94. Van der Kolk, B. A., Hodgdon, H., Gapen, M., Musicaro, R., Suvak, M. K., Hamlin, E., & Spinazzola, J. (2016). A Randomized Controlled Study of Neurofeedback for Chronic PTSD. *PLOS ONE*, 11(12).

95. Vollebregt, M. A., van Dongen-Boomsma, M., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willemse, D. (2013). Does EEG-neurofeedback improve neurocognitive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? A systematic review and a double-blind placebo-controlled study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(5), 460–472.
96. Wyrwicka, W., & Serman, M. B. (1968). Instrumental conditioning of sensorimotor cortex EEG spindles in the waking cat. *Physiology & Behavior*, 3(5), 703–707.
97. World Health Organization. (2017). *Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates*. Dostupné online z: <https://www.who.int/publications-detail/depression-global-health-estimates>
98. Zandi Mehran, Y., Firoozabadi, M., & Rostami, R. (2014). Improvement of Neurofeedback Therapy for Improved Attention Through Facilitation of Brain Activity Using Local Sinusoidal Extremely Low Frequency Magnetic Field Exposure. *Clinical EEG and Neuroscience*, 46(2), 100–112.
99. Zotev, V., Yuan, H., Misaki, M., Phillips, R., Young, K. D., Feldner, M. T., & Bodurka, J. (2016). Correlation between amygdala BOLD activity and frontal EEG asymmetry during real-time fMRI neurofeedback training in patients with depression. *NeuroImage: Clinical*, 11, 224–238.

Seznam obrázků

Obrázek 1, Zapojení elektrod	10
Obrázek 2, Plánování NF tréninku krok za krokem	19
Obrázek 3, Vlevo monopolární a vpravo bipolární zapojení elektrod	27
Obrázek 4, Usazení klienta při NFT	28

Seznam tabulek

Tabulka 1: Frekvenční pásma mozkových vln	8
-------------------------------------------------	---

Seznam zkratek

μV	Mikrovolt
AAPB	Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback
ADD	Porucha pozornosti bez hyperaktivity
ADHD	Porucha pozornosti s hyperaktivitou
APA	Americká psychologická asociace
BCIA	Mezinárodní aliance pro certifikaci v biofeedbacku
BFB	Biofeedback
CPR	Cykly za sekundu
CPT	Conner's Continuous Performance Test
EEG	Elektroencefalografie
EEG BFB	Biofeedback za pomoci elektroencefalografu
EMG	Elektromyografie
ES	Velikost účinku
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
HEG NF	Hemoencefalografický neurofeedback
Hz	Hertz
ISNR	Mezinárodní společnost pro neurofeedback a výzkum
KBT	Kognitivně-behaviorální terapie
LENS	Systém nízkoenergetického neurofeedbacku
MPH	Methylfenidát

MRI	Magnetická rezonance
fMRI	Funkční magnetická rezonance
NF	Neurofeedback
NFT	Neurofeedback trénink
NIRS	Blízká červená spektroskopie
NREM	Fáze spánku bez rychlých očních pohybů
OCD	Obsedantně kompulzivní porucha
PAS	Poruchy autistického spektra
PTSP/PTSD	Posttraumatická stresová porucha
RTC	Randomizovaná kontrolovaná studie
QEEG	Kvalitativní elektroencefalografie
SMR	Senzomotorický rytmus
SPCs	Pomalé korové potenciály
SPC-NF	Neurofeedback pomalých korových potenciálů
SWAN	Strengths and Weaknesses of ADHD symptoms and Normal behavior scale
TAU	Běžná klinická léčba/ terapie
TBI	Traumatické poranění mozku
VARDS	The Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale
WHO	Světová zdravotnická organizace
WISC-R	Wechslerova inteligenční škála pro děti