

VYUŽITÍ EEG BIOFEEDBACKU PŘI NÁPRAVĚ SPECIFICKÝCH PORUCH UČENÍ U DĚTÍ STŘEDNÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU

THE USE OF EEG BIOFEEDBACK FOR TREATING SPECIFIC LEARNING DIFFICULTIES IN CHILDREN OF MIDDLE SCHOOL AGE

ZUZANA ZDRAŽILOVÁ

Abstrakt

EEG biofeedback je terapeutická metoda založená na poskytování biologické zpětné vazby, která umožní je harmonizaci mozkových vln. Pomocí snímání EEG dostávají klienti okamžitou informaci o vlastní mozkové aktivitě, kterou se učí ovládat. Cílem studie bylo prozkoumat účinky EEG biofeedbacku u dětí se specifickými poruchami učení a ověřit vliv terapie na výkon pozornosti, schopnosti a dovednosti v oblasti čtení a psaní. Byl navržen experiment, ve kterém 10 dětí ve věku 8–11 let se specifickými poruchami učení podstoupilo 20 sezení na EEG biofeedbacku. Byly porovnány výkony těchto dětí v pretestu a posttestu. Výsledky ukázaly signifikantní zlepšení v zaměřené pozornosti, čtení, fonologickém uvědomování, zrakové diferenciaci a přepisu. Ve čtení slabik, diktátu a rozdělování pozornosti nebyla potvrzena statistická významnost zlepšení. Pozitivní změny vykazovala mozková aktivita ve smyslu snížení poměru pomalých a rychlých frekvencí mozkových vln.

Klíčová slova

EEG biofeedback, specifické poruchy učení, dyslexie, dysgrafie, dysortografie

Abstract

EEG biofeedback is a therapeutic method based on providing biological feedback that enables brain wave harmonization. Using EEG recordings, clients receive immediate information about their brain activity which they can then learn to control. The objective of this study was to explore the effects of EEG biofeedback in children with learning difficulties and determine the effects of therapy on attention and reading and writing skills. To do so, an experiment was designed in which 10 children with learning difficulties aged 8–11 years undertook 20 sessions of EEG biofeedback. The results before and after the experiment were then compared.

Participants showed significant improvements in focused attention, reading of coherent and incoherent texts, phonological awareness, visual differentiation, and transcription. No significant improvement was found for reading syllables, dictation, or distribution of attention. Brain activity showed positive changes through decreases in the ratio of slow and fast frequencies of brain waves.

Keywords

EEG biofeedback, specific learning difficulties, dyslexia, dysgraphia, dysorthographia

Úvod

EEG biofeedback představuje terapeutickou metodu, pro kterou je charakteristická široká škála indikací. Doposud byla zrealizována řada výzkumů ověřujících efektivitu biofeedbacku u epilepsie (Lantz & Serman, 1988; Serman & Friar, 1972), ADHD a ADD (Linden, Habib, & Radojevic, 1996; Lubar & Shouse, 1976; Monastra, Monastra, & George, 2002) nebo úzkostných poruch (Hardt & Kamiya, 1978; Vanathy, Sharma, & Kumar, 1998). U těchto indikací byla účinnost metody úspěšně prokázána, v případě ADHD dokonce označena za léčbu účinnou a specifickou. Existuje však celá řada dalších, teprve se rozvíjejících indikací. Jednou z nich jsou specifické poruchy učení (SPU). Jedná se o heterogenní skupinu obtíží, které mohou negativně ovlivňovat školní úspěšnost dítěte a přinášet řadu překážek bránících plně využít jeho schopností. S SPU se v České republice v současné době potýkají 4 % žáků základních škol (*Statistická ročenka školství – výkonnostní ukazatele*, 2016). Výzkumy aplikující EEG biofeedback u dětí s SPU naznačují povzbudivé výsledky, co se týče neurofyzilogických, behaviorálních změn a intelektové výkonnosti. Málo probádaná je zatím účinnost terapie na dovednost čtení, psaní nebo percepční funkce. Z toho důvodu byl navržen výzkum zaměřující se na srovnání výkonu dětí s SPU právě v dovednostech čtení, psaní, včetně výkonu pozornosti před zahájením terapie pomocí EEG biofeedbacku a po jejím ukončení.

Teoretická východiska

Specifické poruchy učení

Termín specifické poruchy učení označují heterogenní skupinu poruch, které se projevují významnými obtížemi při získávání a používání schopností naslouchat, mluvit, číst, psát a usuzovat nebo obtížemi při získávání matematických schopností (Hammill, 1990). Jedná se zároveň o souhrnný název pro specializovanější výrazy, a to dyslexie, dysgrafie a dysortografie (dále také dyskalkulie, dysmúzie nebo dyspraxie, které však nejsou tématem této studie).

Uvedené pojmy vyjadřují zaměřenost na jednotlivé školní výkony – čtení, psaní a pravopis (Zelinková, 2015).

Pohled na etiologii specifických poruch učení se neustále vyvíjí. Obecně lze dle Pokorné (2010) rozdělit jejich příčiny do dvou základních skupin, a sice endogenních a exogenních. Za endogenní příčiny lze považovat genetické vlivy, drobné poškození mozku, netypickou dominanci hemisfér, zkříženou lateralitu nebo hormonální změny ve smyslu zvýšené hladiny testosteronu. Exogenní vlivy pak zvyšují pravděpodobnost výskytu SPU a týkají se zejména nepříznivého rodinného a školního prostředí. Rizikové se jeví nepříznivé emocionální rodinné klima, děti vychovávané depresivními matkami, stísněné bytové podmínky, přístup učitele a další.

Jak již naznačila obecná definice SPU, projevy těchto poruch lze sledovat v několika oblastech. Hlavní oblastí jsou projevy týkající se dovednosti psaní, čtení a počítání. Vitásková (2006) tyto projevy označuje jako specifické. Vedle nich se SPU projevují také nespécifickými symptomy. Nespécifické projevy zahrnují například kognitivní a motorické deficity, obtíže v časoprostorové a pravolevé orientaci, poruchy aktivity, zvýšenou unavitelnost, emoční labilitu a jiné. Přítomnost specifických projevů je v případě diagnózy SPU nezbytná. Nespécifické projevy lze označit jako průvodní projevy, které jsou zároveň kognitivními příčinami poruch. Jsou typické i pro jiné vývojové poruchy, například hyperkinetickou poruchu nebo vývojovou dysfázii (Vitásková, 2006; Zelinková, 2015).

EEG biofeedback

EEG biofeedback je terapeutická metoda založená na principu biologické zpětné vazby, tedy biofeedbacku. V případě EEG biofeedbacku (neboli neurofeedbacku) je poskytována informace o naladění klientových mozkových vln. Cílem je naučit klienta ovládat své mozkové vlny a uvádět je do vzájemné harmonie. V terapii tak dochází k sebe-učení mozku (Ptáček, Tyl, & Sedláková, 1998).

Při terapii je klientovi snímáno jeho EEG a na obrazovce počítače je promítána zpětná vazba v podobě hry. Ta se klientovi daří dle toho, zda jeho EEG odpovídá parametrům, které na svém počítači nastavuje terapeut. Podstata metody spočívá v operantním podmiňování. Pokud je chování odměňováno, zvýší se pravděpodobnost jeho dalšího výskytu. Dle tohoto modelu je na EEG biofeedbacku žádoucí mozková aktivita stimulována a nežádoucí inhibována. Obtížnost tréninku se postupně navyšuje. Díky tomu se přibližuje ke stanovenému cíli. Takový proces je označován jako „shaping“ neboli „tvarování“ (Kopřivová et al., 2008).

Mozkové vlny jsou označovány jako frekvenční pásma nebo rytmy. Vlny jsou klasifikovány podle frekvence, amplitudy a tvaru. V popisu mozkové aktivity je hodnocení frekvence, tedy počet kmitů za jednu sekundu,

dominující. Je udávána v jednotkách Hertz (Hz). Pro každou oblast mozku je typická jiná optimální frekvence (Evans & Abarbanel, 1999). Frekvenční spektrum se dělí na čtyři, resp. pět následujících pásem:

Delta vlny jsou nejpomalejší frekvence, v dospělosti typické pro hluboký spánek. Jejich zvýšení se může objevit u poruch učení nebo poškození mozku. **Theta vlny** dominují u dětí předškolního věku. V dospělosti se objevuje při ospalosti, ve spánku a útlumu. **Alfa vlny** jsou základní frekvencí dospělých. Ustalují se u dětí po šestém roce věku. U dospělých se vyskytují při zavřených očích, těsně před usnutím a při bdělém, relaxovaném stavu bez zaměřené pozornosti. **Beta vlny** představují frekvenční pásmo dále se dělicí na frekvenci SMR, beta1 a beta2. **SMR** je specifická frekvence vyskytující se v centrální oblasti mozku. Objevuje se při motorickém klidu a bdělosti. Je spojena s aktivní uvolněnou pozorností a autoregulací. **Beta1** je frekvence typická pro soustředěnou pozornost obrácenou ven. **Beta2** je frekvence spojená se zvýšeným psychofyziologickým nabuzením, přítomná ve stavech úzkosti, podrážděnosti a napětí. **Gama vlny** bývají v souvislosti s EEG vynechávány. Dosud nebyly dostatečně prozkoumány. Pravděpodobně se objevují při stavech extrémní koncentrace (Syslová, Sysel, Masár, Kubíková, & Brozmanová, 2010).

Hlavní indikací EEG biofeedbacku jsou poruchy vyznačující se disharmonií mozkové činnosti. Dlouhodobě je aplikován u dětí s epilepsií, ADHD a ADD. Vzhledem k tomu, že častou komorbiditou dětí s poruchami pozornosti jsou SPU, začal být později sledován efekt EEG biofeedbacku jako metody nápravy SPU. Bylo zjištěno, že EEG dětí s SPU je typické zvýšenými theta vlnami a úbytkem alfa vln (Fernández et al., 2003). Harmony (2008) také popsala vyšší aktivitu delta a theta vln a současně nižší aktivitu alfa vln u dětí s SPU. U vysokého procenta z nich se ukázalo, že jejich EEG záznam mnohdy odpovídá záznamu typickému pro mladší děti. EEG maturace je tedy v případě těchto dětí opožděná a centrální nervový systém nevyzrálý. EEG abnormality mohou být dle autorů Fernández et al. (2007) u dětí s SPU tréninkem na EEG biofeedbacku normalizovány.

První studii zjišťující efektivitu metody na děti s poruchami učení publikovali Fernández et al. (2003), kontrolované studie provedli Becerra et al. (2006) a Fernández et al. (2007). Děti absolvovaly terapie na EEG biofeedbacku v rozmezí 20–35 sezení. Uvedené studie potvrzují pozitivní neurologické změny ve smyslu klesání pomalých delta nebo theta vln, pozitivní behaviorální změny a zlepšený kognitivní výkon (zejména koncentrace pozornosti, paměti, rychlosti učení). Ohledně efektivity metody v dovednosti čtení u dětí s dyslexií se rozcházejí závěry nekontrolované studie Walkera a Normana (2006), která potvrdila signifikantní zlepšení ve čtení po 30–35 sezeních na rozdíl od kontrolované studie Bretelera et al. (2010), která vyhodnotila významné zlepšení pouze v anglickém hláskování (*spelling*), ve čtení však nikoliv.

Metodologie

Byl navržen experiment s cílem ověřit účinnost a možnost využití EEG biofeedbacku jako metody nápravy specifických poruch učení (dyslexie, dysgrafie, dysortografie) u dětí středního školního věku. Byla provedena terapie s 10 dětmi na EEG biofeedbacku v rozsahu 20 sezení. Záměrem výzkumu bylo zjistit úroveň schopností a dovedností v oblasti čtení, psaní a výkonu pozornosti před zahájením terapie na EEG biofeedbacku (pretest) a po jejím ukončení (posttest). Porovnáním těchto výsledků bylo usuzováno na účinnost terapie. Současně měla být provedena analýza záznamů EEG všech dětí včetně trendu vývoje mozkových vln.

Pro získání dětí do výzkumného souboru bylo e-mailovou zprávou nebo telefonicky kontaktováno 78 základních škol z Brna a blízkého okolí. Ke spolupráci se přihlásilo 11 škol.

Vzhledem k nízkému zájmu škol bylo nutné provést příležitostný výběr. Do výzkumného souboru bylo zahrnuto celkem 10 dětí, z toho 3 dívky a 7 chlapců ve věku 8 až 11 let. Jednalo se o žáky 3.–5. třídy, doporučené učiteli a výchovnými poradci z šesti brněnských základních škol. U všech dětí bylo splněno kritérium přítomnosti specifické poruchy učení (dyslexie, dysgrafie, dysortografie) a intelektové výkonnosti minimálně v pásmu průměru. Splněna byla také vylučovací kritéria, a sice přítomnost vážných neurologických, organických poruch a somatických onemocnění. Do souboru byly zařazeny tři děti, které kromě SPU trpěly poruchou pozornosti nebo poruchou pozornosti s hyperaktivitou. Důvodem jejich zařazení byl nedostatek dětí majících čistě SPU.

U dětí se vyskytovaly různé kombinace dyslexie, dysgrafie a dysortografie. Nejčastější kombinací byla dyslexie s dysortografií nebo dysortografickými obtížemi (celkem u 5 dětí). Nejčastěji se u dětí objevovala dyslexie (celkem u 8 dětí) a dysortografie nebo dysortografické obtíže (celkem u 7 dětí). Dysgrafie se vyskytovala pouze u jednoho dítěte. Výzkum byl proveden během prvního školního pololetí.

Pro srovnání výkonu dětí v oblasti čtení, psaní a pozornosti byla sestavena testová baterie tvořená z vybraných subtestů baterie s názvem „Diagnostika schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní“ od Jiřiny Bednářové (2015) a dále z obou subtestů neurologické zkoušky „Test cesty“ (Preiss & Preiss, 2006). Sestavená testová baterie obsahovala celkem 13 subtestů, které zjišťovaly výkony v následujících pěti oblastech: čtení, psaní, fonologickém uvědomování, zrakové diferenciaci a pozornosti.

Pro trénink na EEG biofeedbacku byl zvolen tréninkový protokol Stermana (1996) a Othmerových (Othmer & Othmer, 2007), tj. na levé hemisféře v bodě C3 s protokolem beta/theta, ve kterém dochází ke stimulaci frekvencí beta, inhibici frekvencí theta, inhibici frekvencí beta2 a na pravé hemisféře

v bodě C4 s protokolem SMR/theta, ve kterém dochází ke stimulaci frekvencí SMR, inhibici frekvencí theta a inhibici frekvencí beta2. Levá i pravá hemisféra byla v každém sezení trénována vždy čtyři kola po třech minutách. Pro trénink byl využit přístroj Brainfeedback III (Deymed) tříkanálový (dvoukanálové EEG, jednonálové EMG) a software Brainfeedback.

Výsledky

Výsledky získané z pretestu a posttestu byly zpracovány neparametrickou statistikou, konkrétně Wilcoxonovým párovým testem. Pro každý subtest byl vyhodnocen počet dětí, které vykazovaly zlepšený, zhoršený a shodný výkon po ukončení terapie. Statistická významnost zlepšeného výkonu v posttestu oproti pretestu byla ověřována na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

V tabulce 1 lze vidět, že statisticky významné zlepšení dětí bylo potvrzeno v 10 ze 13 subtestů. Výpočet ukazuje na zlepšení úrovně zaměřené pozornosti (tj. Test cesty – část A), čtenářských dovedností (tj. Čtení souvislého a bezobsažného textu, Čtení s porozuměním), písemného projevu (Přepis), fonologického uvědomování a zrakové diferenciacce. Statisticky průkazné změny nebyly zaznamenány v subtestu Čtení slabik v rámci testů čtení, v subtestu Diktát v rámci testů psaní a distribuci pozornosti (tj. Test cesty – část B).

Tabulka 1

Wilcoxonův párový test

	Subtest	Zlepšení	Zhoršení	Beze změny	p
Testy čtení	Čtení slabik	8	2	0	0,065
	Čtení souvislého textu	9	0	1	0,008*
	Čtení bezobsažného textu	9	1	2	0,021*
	Čtení s porozuměním	7	1	2	0,028*
Testy psaní	Diktát	8	2	0	0,063
	Přepis	7	1	2	0,028*
Testy fonologického uvědomování	Sluchová diferenciacce	7	0	3	0,016*
	Sluchová analýza	8	1	1	0,028*
	Sluchová syntéza	7	1	2	0,021*
	Fonologická manipulace	7	1	2	0,028*
Testy zrak. diferenciacce	Zraková diferenciacce	8	1	1	0,012*
Testy pozornosti	Test cesty_A	6	3	1	0,050*
	Test cesty_B	7	3	0	0,074

* $p < 0,05$

Ve **zkouškách čtení** bylo zjištěno zrychlení tempa při hlasitém čtení, které se nápadněji projevilo při postihování celých slov než při čtení jednotlivých slabik. Rovněž se potvrdilo zlepšení práce s textem a jeho porozumění při tichém čtení. Lze tak předpokládat, že terapie přispěla ke zrychlení složitého procesu syntézy jednotlivých hlásek do větších celků a ke zlepšení schopnosti porozumět významu čteného textu. Průměrné hrubé skóry u čtení souvislého textu a čtení s porozuměním dle norem pokročily z pásma podprůměru na mírný podprůměr. V případě čtení slabik a obtížnějšího čtení bezobsažného textu došlo k percentilovému zlepšení, ale průměrný výkon zůstal v pásmu podprůměru.

V **testech psaní** byly zaznamenány méně příznivé výsledky. V diktátu, který zjišťuje schopnost převést mluvené slovo do písemné podoby, se nepotvrdilo statisticky významné snížení chybovosti. Oproti tomu v přepisu, který zjišťuje schopnost zpracovat čtené slovo do písemné podoby, bylo vyhodnoceno signifikantní zlepšení. V přepisu se s největší pravděpodobností odrazilo zlepšení čtenářské úrovně, zrakové diferenciacce a úrovně fonologického uvědomování. Výsledky diktátu naznačují možné přetrvávající problémy v krátkodobé sluchové paměti, znalosti gramatických pravidel a jejich aplikaci. Normy v obou subtestech naznačují, že výkony zůstaly v pásmu podprůměru.

Signifikantní zlepšení bylo vyhodnoceno ve všech subtestech vypovídajících o úrovni **fonologického uvědomování**. V mnoha případech bylo dle norem dosaženo výsledků odpovídajících pásmu výkonu přiměřeného věku. Přesvědčivé výsledky ukazující na zlepšení ve všech subtestech byly pravděpodobně způsobeny stimulací kognitivních a percepčních funkcí.

Pozitivní výsledky byly zaznamenány také v oblasti **zrakové diferenciacce**. V pretestu dosáhlo pásma odpovídajícího věku 8 dětí, v posttestu již všech 10 dětí s celkově signifikantně vyšším hrubým skórem. Pravděpodobně zde sehrála významnou roli zlepšená úroveň pozornosti a zrychlení pracovního tempa, která má na výkon v subtestu značný podíl.

Z **testů pozornosti**, konkrétně neuropsychologické zkoušky Test cesty, bylo zjištěno signifikantní zlepšení v části A vypovídající o úrovni zaměřené pozornosti, vizuomotorické koordinaci, zrakovém vyhledávání a psychomotorickém tempu. Potvrzení zlepšení v aktivní, zaměřené pozornosti bylo, z hlediska účinků terapie zacílené primárně na aktivaci pozornosti, velmi očekávané a žádoucí mimo jiné i pro pozitivní výsledky v dalších testech. Nebylo potvrzeno signifikantní zlepšení v části B vypovídající o kognitivní pružnosti, kognitivní flexibilitě a rozdělené pozornosti.

Na základě stanoveného tréninkového protokolu byl sledován na levé hemisféře vývoj amplitud mozkových vln theta, beta1 a beta2, na pravé hemisféře pak vývoj amplitud vln theta, SMR a beta2. Dále byl vypočítán poměr vln theta/beta1 na levé hemisféře a poměr vln theta/SMR na pravé hemisféře.

Jedná se o indexy pozornosti vypočítané z poměru amplitud pomalých a rychlých vln v EEG (4–8 Hz a 12–20 Hz). V každém sezení byla vypočítána průměrná velikost amplitud jednotlivých mozkových vln. Průměrné hodnoty byly zaneseny do spojnicového grafu a byla zobrazena lineární spojnice trendu. Díky ní byla vypočítána velikost a směr úhlu, který svírá trend s osou x.

Tabulka 2 zobrazuje předpokládaný trend vývoje amplitud jednotlivých frekvenčních pásem. Dále lze vidět průměrné úhly, které svírají trendy s osou x, získané z úhlů všech 10 dětí. Znaménko minus před velikostí úhlu znamená klesající tendenci trendu, znaménko plus znamená rostoucí tendenci.

Tabulka 2

Předpokládaný vývoj trendu frekvenčních pásem na obou mozkových hemisférách (K – klesající trend; R – rostoucí trend)

Mozková hemisféra	Frekvenční pásmo	Předpokládaný trend	Úhel	Výsledný trend
Levá hemisféra (C3)	Theta	K	-14,28	K
	Beta2	K	-4,32	K
	Theta/Beta1	K	-0,06	K
Pravá hemisféra (C4)	Theta	K	-9,19	K
	Beta2	K	-1,66	K
	Theta/SMR	K	-0,28	K

Ukázalo se, že všechny výsledné trendy vykazovaly klesající tendenci. Vlny theta i beta2 na obou hemisférách odpovídaly předpokládanému trendu. Nejvýraznějšího poklesu bylo dosaženo v theta vlnách na levé i pravé hemisféře. Lze konstatovat, že došlo ke značnému snížení pomalých vln, které souvisejí se zvýšenou únavou, pomalým pracovním tempem a nepozorností. K méně výraznému, avšak rovněž žádoucímu vývoji došlo ve vlnách beta2. Jejich snížení vypovídá o snížení tenze a neklidu.

Je tak pravděpodobné, že díky žádoucímu snížení pomalých vln theta a rychlých vln beta2 vykazovaly děti zlepšené výkony v psychologickém testování po ukončení terapie.

Diskuse

Metoda EEG biofeedback usiluje o harmonizaci mozkové aktivity. Nejvýraznějšího zlepšení bylo dosaženo v pomalých vlnách theta souvisejících s nepozorností a únavou. Snížení pomalých frekvencí theta po 20 sezeních

u experimentální skupiny potvrdila kontrolovaná studie (Fernández et al., 2003), která u kontrolní skupiny zhodnotila pouze snížení vln delta. Tyto výsledky byly potvrzeny i po dvou letech testování těchto dětí ve smyslu dalšího ubývání pomalých vln oproti kontrolní skupině, u které se nevyzrálost mozkové aktivity ještě prohloubila (Becerra et al., 2006). Na základě výsledků studií lze předpokládat dlouhodobé trvání navozených změn v mozkové aktivitě dětí. V ostatních vlnách bylo dosaženo pouze mírného zlepšení. Pro výraznější změny v mozkové aktivitě by bylo vhodné s dětmi pokračovat v terapiích dále, optimálně až do 40 sezení.

Se snížením theta vln pravděpodobně úzce souvisí signifikantní zlepšení v neuropsychologické zkoušce Test cesty, konkrétně v části A vypovídající o úrovni zaměřené pozornosti, vizuomotorické koordinace, zrakového vyhledávání a psychomotorického tempa. Výsledky části B korespondují se závěry studie, ve které autoři očekávali potvrzení statistické významnosti výsledků (Breteler et al., 2010). Při jejich podrobné analýze zjistili, že zlepšení průměrného času skupiny bylo způsobeno zejména extrémními hodnotami ve výsledných časech. V souvislosti s jejich výsledky lze konstatovat, že terapie byla účinná ve zlepšení úrovně kognitivní pružnosti, flexibility a rozdělené pozornosti u těch dětí, které vykazovaly v této oblasti výrazně podprůměrné výsledky.

Zlepšení ve fonologickém uvědomování, konkrétně v subtestech Sluchová analýza a syntéza, korespondují s výsledky autorů Breteler et al. (2010), kteří v kontrolované studii vyhodnotili signifikantní zlepšení experimentální skupiny tvořené dětmi s dyslexií po 20 sezeních oproti kontrolní skupině bez terapie právě v této oblasti. Tato studie se rozšiřuje navíc o poznatky ze subtestů Fonologická manipulace a Sluchová diferenciacie, avšak bez potvrzení oproti kontrolní skupině.

Výsledky testů čtení více odpovídají závěrům nekontrolovaných studií aplikujících EEG biofeedback u dětí s dyslexií, které dokládaly pokroky ve čtenářské úrovni dětí (Thornton & Carmody, 2005; Walker & Norman, 2006). V kontrolované studii upozorňují na podobné zlepšení i v kontrolní skupině a zdůrazňují podíl reedukační péče na zlepšení čtenářských dovedností dětí (Breteler et al., 2010). Je zřejmé, že podnětné školní a domácí prostředí představuje významný limit výzkumu.

Výsledky z testů psaní a zrakové diferenciacie představují novou, dosud neprozkoumanou oblast. Výsledky naznačují, že rovněž na tyto oblasti může mít EEG biofeedback průkazný vliv, který je ovšem třeba dále ověřit experimentem s kontrolní skupinou.

V souvislosti se zjištěnými výsledky je nutné objasnit několik limitujících faktorů a nedostatků výzkumu:

1. Experiment je limitován absencí kontrolní skupiny, čímž dochází ke snižování jeho vnitřní validity. Mnozí autoři (např. Yucha & Montgomery, 2008)

zdůrazňují význam kontrolních skupin zejména při ověřování efektivity EEG biofeedbacku. Pro sestavení ekvivalentní kontrolní skupiny by bylo nutné vybrat děti se stejnými kombinacemi poruch a stejnou reedukační péčí jako v případě dětí vybraných do experimentální skupiny. K tomu by bylo vhodné navázat spolupráci s jedinou základní školou, která by představovala záruku stejných podmínek reedukační péče a zároveň měla dostatek vhodných žáků s požadovanými kritérii. Takovou spolupráci se s žádnou ze 78 oslovených škol nepodařilo zajistit. Je zřejmé, že bez srovnání výsledků s kontrolní skupinou nelze činit zcela podložené závěry o účinnosti metody. Na druhou stranu nekontrolované studie se stejným zaměřením nejsou výjimkou a přinášejí hodnotné informace (Thornton & Carmody, 2005; Walker & Norman, 2006).

2. Vzhledem k výše uvedeným okolnostem byly děti zapojené do experimentu vybrány metodou příležitostného výběru, který snižuje reprezentativnost vzorku.

3. Nízký počet dětí ve výzkumném souboru představuje další limit. Z toho vyplývá omezená spolehlivost výpočtů Wilcoxonova testu, pro který je vhodná velikost souboru od $n = 20$. Výsledky pohybující se na hranici statistické významnosti, zejména testy pozornosti, je nutné považovat za předběžné a vyžadují další ověření.

4. Výsledky mohly být ovlivněny nedostatečnou homogenitou výzkumné skupiny. Byly zařazeny děti s různou kombinací dys-poruch (dyslexie, dysgrafie, dysortografie), ve třech případech navíc s komorbidní poruchou pozornosti. Předpokladem byl společný základ negativních projevů zmírňovaných terapií a testovaných pomocí vybraných metod. Výběr s ohledem na jednotlivé typy by pravděpodobně přinesl jednoznačnější výsledky. Zcela optimální výběr by pak zohledňoval jednotlivé subtypy dyslexie, dysgrafie a dysortografie dle převažujících obtíží (percepční deficity, motorické obtíže, poruchy dynamiky psychických procesů atd.). Takový výběr by umožňoval více specifikovat tréninkový protokol a zacílit jej na konkrétní příčiny poruchy.

5. Co se týče výsledků ohledně změn v mozkových vlnách, bylo by vhodné zahrnout do pretestu a posttestu neurologické vyšetření pomocí kvantitativního EEG, jak je tomu zvykem v rozsáhlejších studiích ověřujících efektivitu EEG biofeedbacku (např. Fernández et al., 2007; Orlando & Rivera, 2004). Bylo by pak možné ověřit statistickou významnost těchto změn.

6. Nelze vyloučit, že ke zlepšení výkonu dětí přispělo také podnětné školní a domácí prostředí. Rodiče všech dětí byli dotazováni na to, jakou intervenci jejich děti v souvislosti s nápravou SPU podstupují. Většina dětí navštěvovala jednou týdně skupinové reedukační hodiny se speciálním pedagogem či mentorem v rámci školy. Asi polovina dětí se s rodiči denně či obden věnovala domácí nápravě v podobě čtení a psaní diktátů. Ve všech 76 případech

se jednalo o dlouhodobě probíhající intervenci. Žádná z nápravných metod nebyla nově zařazena během intervalu mezi pretestem a posttestem.

I přes uvedené limity lze shrnout, že studie přináší závěry vypovídající o prospěšnosti metody EEG biofeedback u dětí s SPU. Byla potvrzena statistická významnost změn v převážně většině subtestů porovnávacích úrovní specifických (čtenářské dovednosti, písemný projev) i nespécifických projevů SPU (zrakové a sluchové vnímání, pozornost) před zahájením terapie a po jejím ukončení. Zlepšení výkonů v testových výsledcích podporují pozitivní neurologické změny v mozkové aktivitě dětí, kterých by pravděpodobně pouze na základě reedukace dětí nebylo během tak krátké doby dosaženo. To, že terapie byla pro děti přínosem, lze podložit nulovou experimentální mortalitou navzdory časové náročnosti terapie. U třech dětí se rodiče dokonce rozhodli v terapii dále pokračovat.

Ze studie vyvstává několik otázek vhodných k ověření v případném navazujícím výzkumu. Jedna z nejdůležitějších otázek se týká toho, do jaké míry byly pozitivní výsledky dosaženy díky reedukační péči, přirozenému vývoji a zrání dětí. Pro její zodpovězení by byla vhodná kontrolovaná studie zrealizovaná v rámci jedné základní školy. Další otázkou zůstává, jaké výsledky by přineslo testování s několikátýdenním až měsíčním odstupem od ukončení terapie. A dále pak, jaké výsledky by přinesla dvojnásobná délka terapie, tedy série 40 sezení na EEG biofeedbacku.

Závěr

Studie se věnovala aplikaci metody EEG biofeedback u dětí se specifickými poruchami učení (dyslexie, dysgrafie, dysortografie). Byl navržen výzkum se záměrem srovnat výkon dětí se specifickými poruchami učení před zahájením terapie pomocí metody EEG biofeedback a po jejím ukončení. K testování byla zvolena diagnostická baterie, jejíž subtesty umožnily sledovat úroveň čtenářských dovedností, písemného projevu, fonologického uvědomování, zrakové diferenciaci, zaměřené a rozdělené pozornosti.

Porovnání výsledků ukázalo na signifikantní zlepšení úrovně zaměřené pozornosti, čtenářských dovedností, písemného projevu (pouze v subtestu Přepis), fonologického uvědomování a zrakové diferenciaci. Signifikantní změny nebyly pozorovány v subtestu Diktát v rámci testování písemného projevu a distribuci pozornosti sledované v části B Testu cesty.

Pro uvedené limity, zejména malý počet zkoumaných dětí a absenci kontrolní skupiny, je nutné považovat zjištěné výsledky za předběžné. Nicméně lze shrnout, že má smysl EEG biofeedback brát v potaz při nápravě specifických poruch učení přinejmenším jako doplňkovou metodu, která v sobě skrývá potenciál pro urychlení reedukace a zlepšení kognitivních funkcí

dítěte. Pro odhalení tohoto potenciálu a zjištění, zda je metoda v nápravě specifických poruch učení opravdu účinná a specifická (jako je tomu v případě ADHD), je nutné provádět další experimentální studie, pro které by se tento výzkum mohl stát vhodnou inspirací.

Literatura

- Becerra, J., Fernández, T., Harmony, T., Caballero, M. I., García, F., Fernández-Bouzas, A., Santiago-Rodríguez, E., & Prado-Alcalá, R. A. (2006). Follow-up study of learning-disabled children treated with neurofeedback or placebo. *Clinical EEG and Neuroscience*, 37(3), 198–203.
- Bednářová, J. (2015). *Diagnostika schopností a dovedností v oblasti čtení a psaní. Varianta pro pedagogy škol a školní poradenská pracoviště*. Brno: Pedagogicko-psychologická poradna Brno.
- 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.
- Evans, J. R., & Abarbanel, A. (Eds.). (1999). *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. London: Elsevier.
- Fernández, T., Harmony, T., Fernández-Bouzas, A., Díaz-Comas, L., Prado-Alcalá, R. A., Valdés-Sosa, P., Otero, G., Bosch, J., Galán, L., Santiago-Rodríguez, E., Aubert, E., & García-Martínez, F. (2007). Changes in EEG current sources induced by neurofeedback in learning disabled children. An exploratory study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 32(3–4), 169–183.
- Fernández, T., Herrera, W., Harmony, T., Díaz-Comas, L., Santiago, E., Sánchez, L., Bosch, J., Fernández-Bouzas, A., Otero, G., Ricardo-Garcell, J., Barraza, E. A., Galán, L., & Valdés, P. (2003). EEG and behavioral changes following neurofeedback treatment in learning disabled children. *Clinical EEG and Neuroscience*, 34(3), 145–152.
- Hammill, D. D. (1990). On defining learning disabilities: An emerging consensus. *Journal of Learning Disabilities*, 23(2), 74–84.
- Hardt, J. V., & Kamiya, J. (1978). Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects. *Science*, 201(4350), 79–81.
- Harmony, T. (2008). Psychophysiological evaluation of neuropsychological disorders in children. In C. R. Reynolds & E. Fletcher-Janzen (Eds.), *Handbook of Clinical Child Neuropsychology* (356–370). New York: Springer.
- Kopřivová, J., Brunovský, M., Praško, J., & Horáček, J. (2008). EEG biofeedback a jeho využití v klinické praxi. *Psychiatrie*, 12(1), 10–16.
- Lantz, D., & Serman, M. B. (1988). Neuropsychological assessment of subjects with uncontrolled epilepsy: Effects of EEG feedback training. *Epilepsia*, 29(2), 163–171.
- Linden, M., Habib, T., & Radojevic, V. (1996). A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21(1), 35–49.
- Lubar, J. F., & Shouse, M. N. (1976). EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR). *Biofeedback and Self-Regulation*, 1(3), 293–306.

- Monastra, V. J., Monastra, D. M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27(4), 231–249.
- Orlando, P. C., & Rivera, R. O. (2004). Neurofeedback for elementary students with identified learning problems. *Journal of Neurotherapy*, 8(2), 5–19.
- Othmer, S. F., & Othmer, S. (2007). Interhemispheric EEG training: Clinical experience and conceptual models. In J. R. Evans, *Handbook of Neurofeedback, Dynamics and Clinical Applications* (109–136). New York: The Haworth Medical Press.
- Pokorná, V. (2010). *Teorie a náprava vývojových poruch učení a chování*. (4. vyd.). Praha: Portál.
- Preiss, M., & Preiss, J. (2006). *Test cesty. Příručka testu pro děti a dospělé*. (2. vyd.). Brno: Psycho-diagnostika.
- Ptáček, R., Týl, J., & Sedláková, V. (1998). EEG-biofeedback – nová možnost v nápravě SPU. In A. Kucharská, *Specifické poruchy učení a chování. Sborník 1997–98* (88–96). Praha: Portál.
- Statistická ročenka školství – výkonové ukazatele*. (2016). Dostupné z <http://toiler.uiv.cz/rocenka/rocenka.asp>
- Sterman, M. B. (1996). Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: Implications for self-regulation. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21(1), 3–33.
- Sterman, M. B., & Friar, L. (1972). Suppression of seizures in an epileptic following sensorimotor EEG feedback training. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 33(1), 89–95.
- Syslová, Z., Sysel, D., Masár, O., Kubíková, E., & Brozmanová, M. (2010). *Elektroencefalografie v praxi*. Brno: Tribun EU.
- 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.
- Vanathy, S., Sharma, P. S. V. N., & Kumar, K. B. (1998). The efficacy of alpha and theta neurofeedback training in treatment of generalized anxiety disorder. *Indian Journal of Clinical Psychology*, 25(2), 136–143.
- Vitásková, K. (2006). *Specifické poruchy učení pro výchovné pracovníky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Walker, J. E., & Norman, C. A. (2006). The neurophysiology of dyslexia: A selective review with implications for neurofeedback remediation and results of treatment in twelve consecutive patients. *Journal of Neurotherapy*, 10(1), 45–55.
- Yucha, C., & Montgomery, D. (2008). *Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback*. Wheat Ridge, CO: AAPB.
- Zelinková, O. (2015). *Poruchy učení: Dyslexie, dysgrafie, dysortografie, dyskalkulie, dyspraxie, ADHD*. (12. vyd.). Praha: Portál.

Kontakt na autorku

Zuzana Zdražilová
Mind Therapy Brno
E-mail: zuzana.zdrzilova@mindtherapy.cz

Corresponding author

Zuzana Zdražilová
Mind Therapy Brno
E-mail: zuzana.zdrzilova@mindtherapy.cz

