

Radek Ptáček, Miroslav Novotný a kolektiv

---

# Biofeedback v teorii a praxi

---



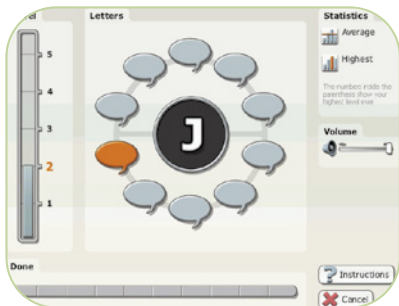
## Cogmed trénink pracovní paměti



JM



RM



QM

### Produkty Cogmedu

**Cogmed JM**  
**Předškolní věk**  
Tato verze má formu hry, u níž dítě nepotřebuje znát ani číslice, ani písmena.

**Cogmed RM školní věk**  
Trénink pracovní paměti u školních dětí je ve světě nejrozšířenější.  
**Cogmed QM dospělí**  
Tato verze je ověřena i u lidí po traumatickém poranění mozku a u starších lidí.

### Tréninkový program

Vizuálně prostorové a verbální úlohy  
25 sezení á 30-45 minut  
5 dní v týdnu během 5 týdnů (+ 1 rok)  
Neustále se adaptuje na aktuální kapacitu PP jedince, udržuje stálou optimální hladinu obtížnosti (úspěch : neúspěch = až 50 : 50)  
Klient trénuje doma, dítě za dohledu rodiče, 1x týdně konzultace s terapeutem (průběh tréninku na webu)  
Motivační systém odměn (skóre, gratifikace, hra, asistent, odměny od rodičů, podpora od terapeuta)  
Úvodní rozhovor (posouzení adepta)  
První sezení (předvedení, kontrakt)  
Vlastní trénink doma (25 x 30-45 min)+ každodenní podpůrné telefonáty  
Shrnující sezení (po měsíci)  
Volitelný rozšiřující trénink (100 dní x 15 minut/ 1 rok) Přesetření (po 6 měsících)

### Otázky o pozornosti

Myslíte si, že se vaše dítě, vzhledem k jeho vrstevníkům chová přehnaně?  
Je pro vaše dítě těžké zůstat soustředěné na různé úkoly, jako jsou domácí práce, školní příprava a/ nebo jiné věci?  
Myslíte, že vaše dítě ztrácí věci nebo je neopatrné při práci ve škole nebo při pomáhání doma?  
Umí vaše dítě naslouchat druhým?  
Má vaše dítě problém se řídit pokyny?  
Má vaše dítě problém s domácími pracemi a úkoly, které mají více než jeden krok?  
Snadno se rozptýlí okolním prostředím?  
Jak je vaše dítě dobré v přípravě aktivit, které má dělat?  
Je obtížné pro vaše dítě plnit úkoly, které dělá?  
Je pro vaše dítě těžké organizovat svoji školní práci, sledovat domácí práci a připravit si věci před činností.  
Zapomíná vaše dítě často co má dělat?  
Ztrácí často vaše dítě věci a nechává na místech, na která si nevzpomene?  
Jak vaše dítě udržuje pozornost?

Radek Ptáček, Miroslav Novotný a kolektiv

---

# Biofeedback v teorii a praxi

---

Grada Publishing

**Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy**

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

**Doc. PhDr. et PhDr. Radek Ptáček, Ph.D., MUDr. Miroslav Novotný  
a kolektiv**

## **BIOFEEDBACK V TEORII A PRAXI**

**Kolektiv autorů:**

Prof. MUDr. Josef Faber, DrSc., PhDr. Jana Kopřivová, Ph.D., PhDr. Antonia Kotianová,  
Ing. Jaroslav Novák, MUDr. Miroslav Novotný, doc. PhDr. et PhDr. Radek Ptáček, Ph.D.,  
PhDr. Miloš Šlepecký, CSc., doc. MUDr. Ingrid Tonhajzerová, Ph.D.,  
PhDr. Mgr. Václava Tylová

**Recenzenti:**

Doc. RNDr. Anna Yamamotová, CSc.  
PhDr. Slavomil Fischer, Ph.D., MBA

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2017

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2017

Koláž © Milan Mžourek

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 6640. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Helena Vorlová

Sazba a zlom Jan Šístek

Obrázky dodali autoři.

Počet stran 168 + 16 stran barevné přílohy

1. vydání, Praha 2017

***Publikace byla podpořena projekty PRVOUK PSYCHOLOGIE I. LF UK a PROGRES Q06/LF1.***

***Kapitola 11 vznikla riešením projektu VEGA č. 1/0087/14 a s podporou projektu č. 26220120036 „Dobudovanie Centra excelentnosti pre perinatologický výskum“ (CEPV II) financovaného z európskych zdrojov.***

Vytiskla Tiskárna v Ráji s.r.o., Pardubice

*Názvy produktů, firem apod. použité v této knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.*

*Postupy a příklady v knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění ale nevyplývají pro autory ani pro nakladatelství žádné právní důsledky.*

ISBN 978-80-271-9862-7 (ePub)

ISBN 978-80-271-9861-0 (pdf)

ISBN 978-80-247-5694-3 (print)

**Hlavní autor a pořadatel:**

Doc. PhDr. et PhDr. Radek Ptáček, Ph.D.  
*Psychiatrická klinika 1. LF UK a VFN v Praze*

MUDr. Miroslav Novotný  
*Centrum duševního zdraví, Jeseník & Šumperk s.r.o.*

**Kolektiv autorů:**

Prof. MUDr. Josef Faber, DrSc.  
*Fakulta dopravní, ČVUT v Praze*

PhDr. Jana Koprivová, Ph.D.  
*Národní ústav duševního zdraví, Klecany*

PhDr. Antonia Kotianová  
*Psychagogia s.r.o., Liptovský Mikuláš*

Ing. Jaroslav Novák  
*Národní institut pro děti a rodinu, z.s., Praha*

MUDr. Miroslav Novotný  
*Centrum duševního zdraví, Jeseník & Šumperk s.r.o.*

Doc. PhDr. et PhDr. Radek Ptáček, Ph.D.  
*Psychiatrická klinika 1. LF UK a VFN v Praze*

PhDr. Miloš Šlepecký, CSc.  
certifikovaný BCIA lektor  
*Psychagogia s.r.o., Liptovský Mikuláš*

Doc. MUDr. Ingrid Tonhajzerová, Ph.D.  
*Ústav fyziologie a BioMed, Jesseniova lékařská fakulta UK, Martin*

PhDr. Mgr. Václava Tylová  
*Psychiatrická klinika 1. LF UK a VFN v Praze*

# Obsah

Seznam použitých zkratk	11
Úvod	13
<b>TEORETICKÉ SOUVISLOSTI</b>	<b>15</b>
<b>1 Úvod do problematiky neurofyziologie (Josef Faber)</b>	<b>16</b>
1.1 Několik slov neurofyziologa místo úvodu	16
1.2 Stručný psychologický přehled základů učení a paměti	18
1.3 Psychické a mozkové procesy probíhající během BF tréninku	21
1.4 Závěr	26
<b>2 Definice a vymezení metod biologické zpětné vazby (Radek Ptáček, Miroslav Novotný, Jana Kopřivová)</b>	<b>29</b>
<b>3 Historie biologické zpětné vazby ve světě (Miroslav Novotný, Jana Kopřivová, Radek Ptáček)</b>	<b>31</b>
<b>4 Historie biofeedbacku v České republice (Radek Ptáček, Miroslav Novotný, Jana Kopřivová)</b>	<b>41</b>
<b>5 Neurobiologická zpětná vazba v aktuálním výzkumu (Jana Kopřivová)</b>	<b>47</b>
5.1 Neurofeedback u poruch pozornosti	49
5.2 Neurofeedback u epilepsie	53
5.3 Další klinické aplikace	54
5.4 Zlepšování výkonnosti	54
5.5 Experimenty a nové trendy výzkumu	54
<b>6 Základy elektroniky v aplikacích biofeedback (Radek Ptáček, Jaroslav Novák)</b>	<b>64</b>
6.1 Snímače fyziologického signálu a jeho převod na elektrický signál	66

6.2	Předzesilovač	67
6.3	Filtr	67
6.4	Zesilovač	68
6.5	A/D převodník	68
6.6	Galvanický oddělovač	68
6.7	Zpracování digitálního signálu	68
6.8	Prezentace dat, jejich vnímání a reakce probanda BFB	69
6.9	Vnímání a odezva probanda	69
6.10	Ostatní složky, které souvisejí s metodou BFB	69
6.11	Závěr	69

## **BIOFEEDBACK V PRAXI** ..... 71

<b>7</b>	<b>Praxe biologické zpětné vazby</b> ( <i>Miroslav Novotný, Václava Tylová, Radek Ptáček, Miloš Šlepecký, Antonia Kotianová</i> )	<b>72</b>
7.1	Předpoklady výkonu a vzdělání	72
7.2	Edukační a tréninkové programy	73
7.3	Zásady a požadavky	75
7.4	Otázka legislativních ukotvení	77
7.5	Normy	78
7.6	Možnosti ublížení na zdraví z hlediska podstaty metody	78
7.7	Možnosti ublížení na zdraví z hlediska neodborného provozování	79
7.8	Kontext provozování EEG biofeedbacku v USA: legislativní aj. normy, kvalifikační standardy, etické kodexy	81
7.9	Zodpovědnost	82
7.10	Způsobilost	83
7.11	Etické požadavky	84
7.12	Veřejná oznámení	84
<b>8</b>	<b>Základní aplikace biologické zpětné vazby</b> ( <i>Miloš Šlepecký, Antonia Kotianová</i> )	<b>86</b>
8.1	Dýchání	86
8.2	Posouzení dýchání pomocí jeho měření biofeedbackovým zařízením	87
8.3	Respirační biofeedback trénink	88
8.4	Svalové napětí	89
8.5	Měření povrchového svalového napětí	90

8.6	Trénink povrchového svalového napětí	91
8.7	Modalita související s kůží	92
8.8	Periferní průtok	93
8.9	Měření periferního průtoku	93
8.10	Trénink periferního průtoku	94
8.11	Povrchová teplota kůže	94
8.12	Měření povrchové teploty	94
8.13	Trénink povrchové teploty	95
8.14	Elektrodermální aktivita	95
8.15	Měření elektrodermální aktivity	96
8.16	Trénink elektrodermální aktivity	97
8.17	Vzájemné kombinace jednotlivých modalit periferního biofeedbacku	97
8.18	Měření variability srdeční frekvence	97
8.19	Vyhodnocení nefiltrovaného záznamu	98
8.20	Trénink variability srdeční frekvence	101
8.21	Zvýšení velikosti variability srdeční frekvence, trénink RSA	101
8.22	Optimalizace modulace variability srdeční frekvence – trénink frekvenčních pásem	103
<b>9</b>	<b>Biofeedback a neurofeedback – základní terapeutické strategie</b>	
	<i>(Miroslav Novotný)</i>	<b>106</b>
9.1	Definice problému	109
9.2	Léčebný plán (Monastra 2007)	111
9.3	Nepříznivé účinky (Monastra 2007)	111
9.4	Podpůrná léčba	111
9.5	Jak trénink v praxi probíhá?	113
9.6	Jaké jsou cíle neurofeedbacku?	114
9.7	Závěr	116
	<b>SPECIÁLNÍ TÉMATA</b>	<b>121</b>
<b>10</b>	<b>Variabilita frekvence srdeční: okno do regulace chronotropní činnosti srdce</b>	
	<i>(Ingrid Tonhajzerová)</i>	<b>122</b>
10.1	Základní regulační mechanismy srdeční činnosti	123
10.2	Variabilita frekvence srdeční – mechanismy a hodnocení	125
10.3	Závěr	131



<b>11 Biofeedback mimo klinické aplikace</b> ( <i>Jaroslav Novák</i> ) . . . . .	<b>135</b>
11.1 Vybuzení a výkonnost (arousal and performance) . . . . .	136
11.2 Třes . . . . .	138
11.3 Závěr . . . . .	140
<b>12 Praktické použití optimalizace psychického výkonu pomocí     zpětné vazby</b> ( <i>Miloš Šlepecký, Antonia Kotianová</i> ) . . . . .	<b>142</b>
<b>Závěr</b> ( <i>Radek Ptáček, Miroslav Novotný</i> ) . . . . .	<b>144</b>
<b>Slovník termínů biofeedbacku a elektroencefalografie</b> ( <i>Václava Tylová, Josef Faber, Miroslav Novotný, Radek Ptáček</i> ) . . . . .	<b>145</b>
<b>Rejstřík</b> . . . . .	<b>163</b>
<b>Souhrn/Summary</b> . . . . .	<b>167</b>

## Seznam použitých zkratek

$\mu\text{S}$	mikrosiemens
$\mu\text{V}$	mikrovolt
AAPB	Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback)
ADD	attention deficit disorder
ADHD	attention deficit-hyperactivity disorder
ANS	autonomní nervový systém
APA	Americká psychologická asociace
BCIA	Biofeedback Certification Institute of America, dnes Biofeedback Certification International Alliance
BFB	biofeedback (biologická zpětná vazba)
BFE	Biofeedback Federation of Europe
BOLD	blood oxygen level dependent
BVP	měření průtoku krve cévami (blood volume pulse)
CNS	centrální nervový systém
CNV	contingent negative variation
CPV	contingent positive variation
DE	deklarativní (explicitní)
DHHS	Ministerstvo zdravotnictví USA (Department of Health and Human Services)
EDA	elektrodermální aktivita
EEG	elektroencefalografie
EMG	elektromyografie
ERP	evokované potenciály (event related potentials)
FFT	rychlá Fourierova transformace (fast Fourier transformation)
fMRI	funkční magnetická rezonance
GC	gyrus cinguli
GF	Gáborova filtrace
GSR	kožní vodivost (galvanic skin response)
H	vodík
HEG	hematoencefalický feedback
HF	vysokofrekvenční pásmo
HRV	variabilita srdeční frekvence (heart rate variability) viz VFS
Hz	Hertz (jednotka frekvence – jeden kmit/sekundu)
IcoN	nezávislá komponenta

ISNR	International Society for Neurofeedback and Research
KBT	kognitivně behaviorální terapie
KEP	kognitivní evokované potenciály
LF	nízkofrekvenční pásmo
LORETA	elektromagnetická tomografie s nízkým rozlišením (low resolution electromagnetic tomography)
NePo	nepodmíněný podnět
NFB	neurofeedback
NI	nedeklarativní (implicitní)
OCD	obsedantně-kompulzivní porucha
PoPo	podmíněný podnět
PTSD	posttraumatická stresová porucha
QEEG	kvantitativní EEG
REM	rychlý oční pohyb (rapid eye movement)
RSA	respirační sinusová arytmie
rtfMRI	aktuální čas fMRI (real-time functional Magnetic Resonance Imaging)
SCPs	pomalé korové potenciály (slow cortical potentials)
SDRR	standardní odchylka tepových intervalů
sEMG	elektromyografický záznam svalové aktivity horní části hrudníku
SEMG	povrchová elektromyografie (surface electromyography)
SMR	senzomotorický rytmus
SW	software
TF	tepová frekvence
TKR	thalamo-kortikální reverberace
VFS	variabilita frekvence srdeční viz HRV
VLF	pásmo velmi nízkých frekvencí

## Úvod

Biofeedback jako metoda v klinické praxi nebo výzkumu bývá často předmětem bezvýhradné akceptace nebo kritiky. Výrazná komerční propagace a její charakter metod EEG biofeedbacku v České republice na přelomu 20. a 21. století vedla téměř k jejich odbornému „zavržení“. Přesto se jedná o princip a metody, které mají v současné době historii blížící se jednomu století, kdy byl publikován nespočet kvalitních teoretických, experimentálních i klinických studií, které obvykle docházejí k jednomu základnímu závěru: Metody biologické zpětné vazby, pakliže jsou indikovány a jsou poskytovány odborníkem s příslušným vzděláním, vykazují poměrně uspokojivou efektivitu, a to v poměrně širokém spektru indikací. Právě ta bývá poměrně často předmětem kritiky. Metody biofeedbacku lze využít v řadě oblastí klinické medicíny a psychologie – např. rehabilitační lékařství, neurologie, ortopedie, klinická psychologie. Jak je možné, že jeden princip může vykazovat takovou efektivitu?

Biofeedback využívá principu učení a přirozené schopnosti regulace organismu – otázka homeostázy a dysbalance je v oblasti zdraví a nemoci zcela zásadní, proto efektivita metod biologické zpětné vazby více odkazuje k efektivitě přirozených regulačních mechanismů než ke konkrétní „léčebné metodě“.

Předkládaná publikace je výsledkem několikaleté práce skupiny autorů, kteří se biofeedbackem zabývají řadu let v rovině praktické, výzkumu i vzdělávání. Cílem publikace je poskytnout pokud možno komplexní a nezávislý pohled. Metody biofeedbacku jsou prezentovány čistě na vědeckém základě, v kontextu aktuálních i vědeckých studií. Důraz je kladen jak na neurofyziologické a psychofyziologické mechanismy fungování, tak konkrétní aplikaci.

V první části jsou uvedeny základní teoretické souvislosti problematiky na úrovni neurofyziologie, historie metody, zmíněny jsou též základní teoretické modely účinku a poměrně podrobně jsou dále prezentovány výsledky moderních studií efektivit. Ve druhé části se publikace zabývá otázkami spojenými s praxí v oblasti biofeedbacku. Probrány jsou otázky profesních předpokladů a způsobů práce s klienty. Závěrečná část je doplněna původními studiemi a některými speciálními otázkami – jako např. otázka technologií v oblasti biofeedbacku.

Publikace je první odbornou monografií na téma biofeedbacku v České republice. Není učebnicí ani zcela systematickým souborným dílem. Jedná se o knihu, která se snaží nestranně zpřístupnit základní otázky metod biofeedbacku, a tím překonat přetrvávající mýty kolem biofeedbacku, a to

jak negativní, tak pozitivní. Publikace je primárně určená pro profesionály z oborů medicíny, psychologie a příbuzných věd, ale zajímavé informace v ní najdou i zájemci o problematiku z jiných oborů.

*doc. PhDr. et PhDr. Radek Ptáček, Ph.D.*

*prim. MUDr. Miroslav Novotný*

---

*TEORETICKÉ SOUVISLOSTI*

---

# 1 Úvod do problematiky neurofyzologie

*Josef Faber*

## 1.1 Několik slov neurofyziology místo úvodu

Mozek má výjimečné vlastnosti, např. dovede vhodně ukládat přijaté informace do paměti, kdykoliv je analyzovat, syntetizovat tvarově či časově podobné informace. Má smysl pro čas a na základě toho vznikají nejen podmíněné reflexy, ale i asociční představy a objevy. Má schopnost analyzovat složité situace a vytvářet reakce na ně, dovede modelovat nebezpečné situace a předem má připravené motorické a behaviorální reakce (psychická aktivita v paradoxním spánku) a má schopnost se učit na různých úrovních programů od binárního kódu až po složité a nám zatím neznámé interneuronální komunikační jazyky.

Zpětná vazba, anglicky „feedback“ je pojem, který se stal technickým termínem před 60 lety, kdy nastupovala éra kybernetiky. Má téměř stejný význam jako obecnější slovo sebekontrola.

I na vyšší hladině nervové činnosti si vědomě i zcela nevědomě kontrolujeme své chování. Současná moderní elektronika nám dovoluje uvědomovat si své tělesné i psychické stavy lépe než naše vlastní sensorické orgány.

Biofeedback (BFB) je nový léčebný způsob jak kontrolovat a popřípadě zlepšovat své fyziologické funkce. Tento způsob umožňuje pocítovat nebo uvědomovat si to, co bychom svými smysly nepostřehli. Například, má-li nemocný zcela ochrnutou paži, vidí na obrazovce každou sebemenší elektrickou aktivitu ochrnutých svalů i bez viditelného pohybu. Tuto aktivitu pak může opakovaným trénováním pozvolna zvyšovat, a tím i zvyšovat svalovou sílu. Nebo trpí-li nemocný srdečními arytmiemi, elektrokardiografická (EKG) křivka převedená na signál vhodného tvaru ho informuje, zda je pulz pravidelný, nebo nepravidelný. Podle výsledku se řídí reakce, buď bude odměněn, nebo ne.

U dětí obvykle přispívá ke zlepšení při tréninku zvyšování motivace, např. odměna za úspěch v podobě bodování, zvukových signálů nebo malého dárku. Ve škole je to pochvala nebo známkování. Biofeedback (dále jen BFB) je významným pomocníkem u dětí s poruchou pozornosti a hyperaktivitou (dle DSM IV ADHD – attention deficit-hyperactivity disorder) (Lubar a Lubar, 1984, 1991; Arns et al., 2009).

Funkční magnetická rezonance (fMRI) je založena na změnách vodíkových atomů v mozku. Vodík (H) se používá především pro jeho rychlý pohyb ve tkáních a převažující výskyt v těle v podobě vody. Živé organismy obsahují vody mnohem více, než je polovina jejich váhy. Osy rotujících atomů vodíku jsou za běžných podmínek „náhodně“ a různě orientované, ale v silném magnetickém poli (1,5–3 Tesla) se zorientují (rezonují) osy všech vodíkových atomů unisono v jednom směru a ve smyslu magnetických siločar. V této situaci je aplikován krátký radiový signál, který opět „rozhodí“ osy atomů do různých stran. Po odeznění radiového signálu se atomy vodíků opět organizují jedním směrem, ale než se tak stane, uplyne určitá měřitelná doba závislá na množství vody ve tkáni. A tak lze odlišit šedou tkáň (s nervovými buňkami) od bílé tkáně mozku (s nervovými vlákny). Počítač z těchto informací opět sestaví obraz celého mozku. Navíc počítač může podle některých programů určit, která tkáň byla více nebo méně aktuálně aktivní, a to je princip fMRI.

Metoda fMRI ukázala u ADHD syndromu hypoaktivitu také v týlním a spánkovém rozmezí a v obou amygdalách. Christopher deCharms et al. (2005) použili nový velmi rychlý fMRI přístroj, který pracoval v aktuálním čase (rea-time functional magnetic resonance imaging, rtfMRI). Vyšší rychlost umožnila, aby proband mohl reagovat dostatečně rychle na každou novou situaci. U neurofeedbacku je třeba každým okamžikem (real-time) vytvořit novou (functional) mapu činnosti mozku. Podobně je tomu u elektroencefalografického (EEG) přístroje, který je však stále ve své odpovědi nejrychlejší.

Starším přístrojům fMRI trvalo mnoho desítek sekund detekovat a vypočítat vždy nový funkční obraz mozku. Uvedení autoři zjistili pomocí fMRI s BFB tréninkem zlepšení schopnosti ovládat hyperaktivitu v rostrální části gyrus cinguli (GC), a tím i potlačovat bolest a zlepšovat pozornost (Zotev et al., 2011; Shibata et al., 2011).

Lévesque et al. (2006) použili neurofeedback u 20 dětí se syndromem ADHD. Klinický experiment byl doprovázen kontrolní fMRI a Stroopovým testem. Stroopův test je v podstatě test na schopnost potlačovat funkční fixaci, např. slovo „červený“ je napsáno modře. Proband má za úkol říci buď správně barvu, nebo správně přečíst napsané slovo. Tyto dvě informace se díky rozporu mezi barvou písmen a významem slova navzájem pletou. Výsledky byly opět nadějně, latence správné odpovědi se po neurofeedbacku zrychlila. Ukázalo se, že neurofeedback má schopnost zlepšit funkce některých mozkových struktur, např. zvýšit metabolismus horního temenního malého laloku vlevo a přední části již výše jmenovaného gyrus cinguli. Neurofeedback byl tedy účinný v místech, kde se vytváří selektivní pozornost. Proto také je vhodné

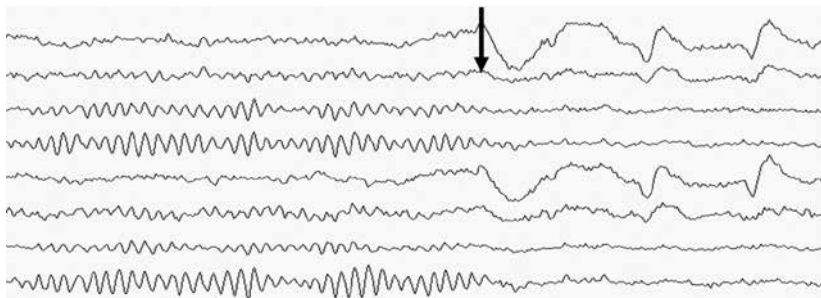


a možné použít cíleně neurofeedback pro zvýšení pozornosti a potlačení spánku nejen u dětí, ale i u řidičů, pilotů apod. (Faber et al., 2003).

## 1.2 Stručný psychologický přehled základů učení a paměti

### Elektroencefalografie (EEG) a „EEG biofeedback“ (BFB)

EEG je metoda jak získat a využít elektrickou aktivitu mozku, jak ji aplikovat v klinické praxi neurologů, psychiatrů a psychologů. Je to také věda o vzniku elektromagnetického pole v různých strukturách mozku a jeho závislosti na metabolickém i psychologickém stavu mozku za normálních i abnormálních situací. Od roku 1924, kdy profesor J. Berger zaznamenal elektrickou aktivitu z hlavy člověka a nazval ji „elektrenkephalogramm“, víme, že tato aktivita je mimo jiné také závislá na našich smyslech a naší vůli. Každé otevření očí potlačí základní rytmus alfa (obr. 1.1) a každá mentace změni EEG spektrum. A z tohoto poznatku také vychází BFB jako speciální druh učení čili operantní podmiňování.



**Obr. 1.1** Rytmičká aktivita alfa (vlevo) se blokuje po otevření očí (nízká nepravidelná křivka, vpravo). Je to tzv. Bergerova reakce zástavy alfa rytmu. Šipka označuje okamžik otevření očí. V 1. a 5. kanálu jsou patrné vysoké pomalé vlny, jde o artefakty vytvořené pohybem víček a bulbů.

Učení a paměť jsou dvě strany jedné mince. Ze statického hlediska můžeme učení a paměť rozdělovat na dva hlavní druhy: deklarativní (DE) čili explicitní a nedeklarativní čili implicitní (NI). Deklarativní část paměti má analyzátorovou oblast ve staré formaci mozkové, tj. ve staré kůře čili v archikortexu. Hlavní

struktura pro registraci paměti ve vztahu k času a místu je hipokampus. Je to důležitá část tzv. limbického systému, kde je nejen paměťový registr, ale i sídlo emocí. DE dále dělíme na epizodický a sémantický druh paměti. Epizodická DE paměť jsou např. naše zážitky z Vánoc, prázdnin nebo školního výletu. Sémantická DE paměť jsou zapamatovaná fakta jako např. dějepisná data, matematické a chemické vzorce, u nichž si většinou nejsme vědomi, kdy a kde jsme se jim naučili, a není ani nutné to vědět (Atkinsonová et al., 1995).

NI paměť má analyzátorovou oblast zřejmě v mozečku (cerebellum) a snad i v bazálních gangliích, které slouží i motorickým funkcím. Také NI dále dělíme na zručnost (schopnost být šikovný, umět řemeslné dovednosti, vědět jak tančit, plavat, jezdit na kole), doplňování slov a neasociativní a asociativní NI. K neasociativní paměti patří senzitivace (původně nevýznamný podnět se stane opakovaním významným), desenzitivace (opačný proces, který nastane spíše specifickým psychotherapeutickým tréninkem), habituace (podobá se desenzitivaci s tím rozdílem, že původní podnět se zdál na počátku důležitým, ale spontánně jím přestal být), deshabituace (podobá se senzitivaci, ale s tím rozdílem, že původní podnět byl důležitý, časem jím přestal být, ale změnou situace se stal opět důležitým). Tyto typy učení jsou velmi závislé na časovém, prostorovém, emočním a osobnostním kontextu.

Asociativní NI paměť je klasické podmiňování podle I. P. Pavlova a operantní podmiňování (B. F. Skinner). Klasické podmiňování znamená, že se v konstantních časových intervalech objevují zevní podněty. První podnět je podmíněný čili zevní, nespecifický, „získaný“ (např. světlo, zvuk, dotek atd.). Původně je tento podnět irelevantní. Následuje druhý podnět, nepodmíněný, který provokuje specifickou (vrozenou) odpověď. Je to nepodmíněný podnět např. podání potravy pokusnému zvířeti nebo bolestivý podnět, po němž dojde ke specifické reakci, tj. k nepodmíněnému reflexu – např. zvíře sliní, uhýbá apod. Člověk při požívání jídla také sliní nebo rychle odtáhne ruku od bolestivého podnětu.

Podmíněný podnět i nepodmíněný podnět jsou podněty podávané ze zevního okolí současně nebo v jistém časovém intervalu. Po určité době stálého opakování se spojení podmíněný podnět a nepodmíněný podnět zafixuje a nastane podmíněný reflex. Původní irelevantní podmíněný podnět (např. světlo) se stane významným, protože nepodmíněný podnět přeneslo na podmíněný podnět opakovaním svůj význam díky časové asociaci. Zvíře odpovídá sliněním nebo úhybným pohybem již na podmíněný podnět, aniž by byl aplikován nepodmíněný podnět. Např. dítě se rozpláče v čekárně stomatologa (podmíněný reflex) po zkušenostech z předešlých bolestivých zákroků.

Implicitní asociativní operantní podmiňování se trochu podobá klasickému, ale má tento sled podnětů: první podnět je spontánní, vrozený, endogenní, např. svalový spasmus, krátká srdeční arytmie, náhlá úzkost nebo jiné nežádoucí podněty, jako jsou epileptické projevy v EEG. Mohou to být i žádoucí události, jako je např. snížení krevního tlaku, zmenšení svalového spazmu, „správné“ rytmy v EEG apod. Další podnět je vyvolán předešlým vnitřním podnětem a je zevní, např. je to světlo, zvuk nebo úspěch ve „hře na obrazovce“. Jde tedy o inverzní čili zpětné podmiňování. A navíc u klasického podmiňování (podmíněný reflex) jsou oba podněty (podmíněný podnět i nepodmíněný podnět) podány ze zevního okolí. Avšak u operantního podmiňování je první podnět (vnitřní, endogenní, NePo) očekáván, ale objevuje se spontánně. Až po něm (po nepodmíněném podnětu) se prostřednictvím naší elektroniky automaticky spustí zevní podnět (podmíněný podnět), např. v podobě úspěchu ve hře, tj. odměny. Opakováním tohoto úkolu nastane spojení obou podnětů (NePo s PoPo) jako u každého jiného podmíněného reflexu.

Již nyní můžeme rozdělit operantní podmiňování na to, které vede k zákazu (tj. příkaz „dávejte pozor! v EEG jsou epileptické projevy, musíte zvýšit pozornost a soustředit vůli na potlačení prvních příznaků záchvatu!“, tj. příznaky aury) (Upton a Longmire, 1975). Další druh operantního podmiňování vede přímo k odměně za to, že je vše v pořádku, např. v EEG jsou správné a prospěšné rytmy (Serman, Friar, 1972). Tento druhý druh má jistější a větší terapeutický úspěch.

Jiný pohled na proces učení je dynamický, ten ještě více zohledňuje čas při vytváření paměťových stop. Lze rozlišit tři fáze zapamatování: bezprostřední paměť, krátkodobou a dlouhodobou paměť. Bezprostřední paměť trvá asi sekundy až desítky sekund podle obtížnosti podané informace. Jejím podkladem je kroužení výbojů nervových buněk (neuronů) mezi hlavními systémy mozku, tj. mezi thalamem a kůrou mozku (kortexem). Další významná komunikace je spojení mezi thalamo-kortikálním systémem a limbickým systémem.

Tímto kroužením vzruchů se vytvoří jisté složité biochemické stopy v každém zúčastněném neuronu. To je již projev krátkodobé paměti, která trvá asi několik hodin. Spolu se spánkem se tyto složité, ale provizorní biochemické látky musí dále „překódovat“ čili přeměnit na pevnější struktury – a to jsou bílkoviny. To je však proces již dlouhodobý a vyžaduje mnoho času. Snad i proto musí náš spánek trvat tak dlouho a musíme prospat třetinu života.

Pro tyto údaje svědčí řada experimentálních důkazů. Děti, kterým se zlepšilo chování po BFB tréninku, měly zvýšené množství žádané frekvence v EEG (např. tzv. SMR, sensorimotorický rytmus). SMR má schopnost tlumit nežádoucí neklid a zlepšovat koncentraci mysli. Současně nastalo i zlepšení spánku v podobě zmnožení tzv. spánkových vřeten (sigma), které mají frekvenci

12–14 Hz, trvání půl až 1 sekundu, objevují se ve druhém stadiu NONREM spánku a pravděpodobně slouží mechanismům paměti (Serman et al., 1970).

Obě EEG frekvence, tj. SMR a sigma, jsou si velmi podobné, mají frekvenci mezi 11–18 Hz. Tento nálezn je významný fakt. Ukazuje totiž, že BFB mění EEG spektrum nejen ve dne při bdění, ale i v noci ve spánku, a to nasvědčuje i změně osobnosti. Naše dotazníky poslané rodičům a učitelům do školy uváděly zlepšené chování u dětí se zlepšenými psychotesty a zlepšeným EEG spektrem (viz dále).

Strukturální i fyziologický, řekněme psychofyziologický, pohled na učení můžeme rozdělit na vnitřní a zevní, fyziologické (normální) a patologické (abnormální). Vnitřní fyziologický mechanismus probíhá během paradoxního (REM) spánku. Tento spánek má mnoho nelogických prožitků, jsou to barevné divoké sny s emočním doprovodem, potlačený svalový tonus a rychlé pohyby očí, tj. REM (rapid eye movement). Děti s diagnózou ADHD mají většinou z 90 % abnormální EEG záznam (Faber et al., 2001, 2002, 2003). Víme z literatury, že je asi 41 genů u této diagnózy porušeno, čili genetická dispozice je velmi pravděpodobná (Hellerová a Uhlíková 2003). Syndrom však může jednu generaci přeskocit, pak např. mají poruchy pozornosti s hyperaktivitou děd a vnuk, nikoliv otec a syn.

### 1.3 Psychické a mozkové procesy probíhající během BF tréninku

Během učení pomocí BFB uvažujeme o tomto sledu událostí v mozku. Hlavní okruh v mozku je reprezentován komunikací mezi největším podkorovým jádrem thalamem a kůrou mozku (kortexem). Okruh je zodpovědný za projevy vědomí, jako je uvědomování si sama sebe a okolí, za reaktivitu, vybavování si a ukládání do paměti apod. Mezi thalamem a kortexem, ve bdění i ve spánku, dokonce i při jakýchkoliv záchvatech se stále a po celý život uskutečňuje spontánní kroužení vzruchů. Tomuto kroužení nervových vzruchů (impulzů) říkáme thalamo-kortikální reverberace (TKR) (*verberare* je latinsky mrskat, bičovat, bít a *reverberare* znamená odrážet úder) (obr. 1.2 a 1.3 v barevné příloze).

Pomocí EEG můžeme dobře sledovat činnost této cyklicky se opakující aktivity v TKR a pomocí počítače (PC) provádíme frekvenční analýzu (FFT). Cykly v TKR se objevují v podobě rytmů různé frekvence v rozsahu od 0,2 Hz do 80–120 Hz (1 Hz = 1 vlna za sekundu). Pro jednoduchost jsou jednotlivá frekvenční pásma pojmenována řeckými písmeny: subdelta je ten nejpomalejší rytmus od 0,1 Hz do 0,5 Hz a nalézá se hlavně v hlubokém spánku, ale i při