

## VYUŽITÍ BIOLOGICKÉ ZPĚTNÉ VAZBY V LÉČEBNÉ REHABILITACI

Monika Šorfová, Kateřina Dubnová, Středová Michaela

### Anotace

Cílem této rešeršní studie je přehledné zpracování dostupných zdrojů mapujících oblasti využití biologické zpětné vazby v léčebné rehabilitaci s různými formami jejího použití. Úvod zahrnuje teoretická východiska zabývající se popisem, principem fungování a možným ovlivněním terapie pomocí biologické zpětné vazby. Dále mapujeme využití biologické zpětné vazby v léčebné rehabilitaci a uvádíme různé formy jejího použití. Následná rešerše obsahuje prezentaci studií, jejich komparaci a zhodnocení efektu terapie pomocí biologické zpětné vazby u vybraných diagnóz.

Na základě 69 nalezených studií (časové omezení od ledna 2000 až květen 2015) byly přehledně zpracovány různé formy použití metody biologické zpětné vazby v léčebné rehabilitaci. V závislosti na cíli terapie se používají senzory detekující fyziologické parametry jako je teplota kůže, svalová aktivita, srdeční frekvence, dýchání, kožní vodivost nebo aktivita mozkových vln. Tento proud informací je prezentován pacientům a umožňuje jim vnímat změny v jejich fyziologické aktivitě v reálném čase. Nejčastějším zobrazením jsou numerické nebo grafické displeje, použity však mohou být také akustické či vibrační zpětné vazby.

### Klíčová slova:

*Biofeedback, biologická zpětná vazba, léčebná rehabilitace, fyzioterapie, neurofeedback*

### 1. Teoretická východiska

Lidský organismus představuje systém otevřený a dynamický. Působí-li systém na sebe navzájem prostřednictvím svých vstupů a výstupů, hovoříme o tzv. vazbách mezi systémy. Základní typy vazeb mezi systémy, popř. subsystémy, jsou vazba sériová, paralelní a zpětná. Z hlediska regulačních mechanismů je nejdůležitějším typem zpětná vazba [21]. Zpětná vazba (nebo zpětnovazební smyčka) představuje situaci, kdy výstup nějakého systému ovlivňuje zpětně jeho vstup [15].

Zpětná vazba představuje pro CNS důležitý impuls, který umožňuje lépe kontrolovat provádění pohybu [2]. Bez zpětné vazby na několika úrovních řízení není možný volní, diferencovaný a přesný pohyb. Realizuje se prostřednictvím fyziologických receptorů a jim odpovídajících drah a struktur CNS [32].

Biologická zpětná vazba neboli biofeedback (BFB) je metoda umožňující jedinci naučit se, jak změnit svou fyziologickou aktivitu za účelem zlepšení jeho zdraví a výkonnosti [40]. Jde o techniku, která poskytuje pacientům informace o fyziologických procesech v reálném čase, které jim pomáhají zvýšit povědomí o těchto procesech a získat volní kontrolu nad tělem i myslí [12],[40]. Tyto informace jsou označovány také jako nadstavbové či jako vnější zpětná vazba,

protože poskytují uživateli nad rámec informací obvykle dostupných oproti smyslovým (vnitřním) zpětnovazebným informacím [12].

Biofeedback využívá elektronické senzory nebo elektrody připojené na různé části těla pro detekci změn fyziologických reakcí. Jednotlivci jsou informováni o těchto změnách prostřednictvím vizuálních (světelné body na displeji) a sluchových (série pípnutí) signálů. Například při pokusu ovlivnit krevní tlak se při poklesu hodnoty tlaku pod určitou úroveň zobrazí světelný signál. Jedinec si poté zkouší (metodou „pokus – omyl“) vzpomenout jaké myšlenky a pocity v tomto okamžiku vnímal, snaží se je záměrně opět navodit a tak udržet nižší hladinu krevního tlaku [19].

Pod pojmem zpětnovazebné učení rozumíme interaktivní učení řízené instrukcemi a informacemi s cílem rozvíjet dovednosti [40]. Zevní zpětná vazba je pro učení nezbytná, neboť podává informace o výkonu [25]. Dle Kawata [20] je učení vedené pod dohledem (zpětnovazebné učení) pravděpodobně jedním z nejdůležitějších druhů motorického učení. Dle výsledků studie Shea a Wulfové [35] se motorické učení zdá být efektivnější, pokud se pokyny a zpětná vazba vztahují k účinkům pohybu, tj. když proband zaměřuje svou pozornost na vnější efekt pohybu spíše než na samotné provedení pohybu.

## 2. Druhy biologické zpětné vazby využívané v léčebné rehabilitaci

Dále mapujeme využití biologické zpětné vazby v léčebné rehabilitaci a uvádíme různé formy jejího použití. Naším cílem bylo vyhledat dostupné literární zdroje v odborných internetových databázích a elektronických portálech, mezi které patří EBSCOhost, PUBmed, Web of Science, Google Scholar, OvidSP. Výběr prací měl splňovat následující parametry – charakter práce: systémové přehledy a meta-analýzy, kontrolované randomizované studie, jazyk: anglický, německý, český a časové vymezení publikací: leden 2000 až květen 2015.

### 2.1 Elektromyografický biofeedback

Elektromyografický biofeedback (EMG BFB) je nejrozšířenější technika biologické zpětné vazby v rehabilitaci, která pracuje v nejširších oblastech neuromuskulární rehabilitace [8], [33], [18],[38]. Elektromyografický (EMG) biofeedback je jednou z forem senzomotorické stimulace, která poskytuje pacientovi zpětnou vazbu signálů o elektrické aktivitě svalu [5]. Veliký potenciál motorického učení pomocí EMG BFB byl prokázán již v polovině minulého století Basjamianem, který demonstroval schopnost naučit se specificky řídit jednotlivé motorické vzory již během několika hodin biofeedback tréninku [14].

Terapeuticky se elektromyografický biofeedback používá pro léčbu inkontinence moči i stolice, obstrukce, tenzních bolestí hlavy, parézy n. facialis, k obnovení motorických funkcí u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP), v léčbě pohybového aparátu u bolesti, u poruch temporomandibulárního kloubu, patelofemorální bolesti, v pooperační léčbě menisku a předního křížového vazy. Prospěšný trend byl pozorován při využití EMG BFB ke snížení svalového napětí [8], [38].

### 2.1.1. Svaly pánevního dna

U metody elektromyografického biofeedbacku jde o audiovizuální indikace elektromyografických potenciálů análního sfinkteru a svalů močového měchýře, které může snadno sledovat samotný pacient. Lze využít i sledování změn intravezikálního či intraabdominálního tlaku. Ke snímání jsou používány vaginální (detekují aktivitu SPD přes vaginální sliznici), anální (záznam aktivity perianálních svalů přes anální sliznici) nebo povrchové elektrody. Zpětná vazba může mít podobu zvukového signálu, může být vizuálně kontrolována na displeji nebo může být kombinací obou prvků. Jednoduché přístroje pro domácí použití mívají sérii světelných bodů nebo sloupcovité grafické displeje [23],[37].

Ženskou močovou inkontinenci rozdělujeme dle Mezinárodní společnosti pro kontinenci ICS (International Continence Society – ICS) na 4 typy uretrální inkontinence. Dvojici vysoce prevalentních forem stresovou inkontinenci moči a urgentní inkontinenci moči (syndrom hyperaktivního močového měchýře) doplňují ještě inkontinence reflexní a paradoxní, které jsou často předmětem zájmu neurologů.

Cílem terapie v léčbě urgentní inkontinence je ovlivnění neinhibovaných detruzorových kontrakcí, stejně jako přímá anticholinergní aktivita či stimulace beta-adrenergických receptorů, lokalizovaných ve stěně močového měchýře. Metoda biofeedbacku je zde založena na principu vytvoření podmíněného reflexu, zajišťujícího kontinenci na principu biologické zpětné vazby. Fyziologická aktivita detruzoru je monitorována, následně zesilována a konvertována z elektromagnetického potenciálu do audiovizuálních nebo taktilních signálů, čímž pacientovi zajišťuje zpětné informace o autonomních fyziologických procesech, které je tímto schopen ovlivňovat a kontrolovat. V praxi to znamená, že pacient je schopen detekovat pomocí přístroje netlumené kontrakce detruzoru a snaží se je vůlí potlačit. Vytvořením zpětné vazby je pak dosaženo požadovaného trvalého efektu, snížení frekvence mikcí a odstranění urgentní inkontinence. [37]

Norton a Kamm [27] vytvořili systematický přehled studií zabývajících se BFB tréninkem análního svěrače u pacientů s fekální inkontinencí. BFB zde byl používán k demonstraci správné izolované kontrakce vnějšího svěrače pro vyprazdňování análního obsahu v reakci na rektální plnění nebo nutkání defekace.

#### Studie zabývajících se využitím biofeedbacku v terapii funkcí regionu pánevního dna

AKSAC, B.; AKI, S. et al. Biofeedback and Pelvic Floor Exercises for the Rehabilitation of Urinary Stress Incontinence. *Gynecologic and Obstetric Investigation*. [online]. 2003, roč. 56, s. 23–27. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://www.karger.com.ezproxy.is.cuni.cz/Article/Pdf/72327>>

AUKEE, P.; IMMONEN, P., et al. The effect of home biofeedback training on stress incontinence. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*. [online]. 2004, roč. 83, č. 10, s. 973–977. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0001-6349.2004.00559.x/pdf>>

### Studie zabývající se využitím biofeedbacku v terapii funkcí regionu pánevního dna

BARBOSA, L., M., A.; LOS, D., B., et al. The effectiveness of biofeedback in treatment of women with stress urinary incontinence: a systematic review. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*. [online]. 2011, roč. 11, č. 3, s. 217–225. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://www.scielo.br/pdf/rbsmi/v11n3/a02v11n3.pdf>>

BURGIO, K.; GOODE, S., P., et al. Behavioral Training With and Without Biofeedback in the Treatment of Urge Incontinence in Older Women. A Randomized Controlled Trial. *The Journal of the American Medical Association*. [online]. 2009, roč. 288, s. 2293–2299. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://www.iupui.edu/~urology/papers/female/BurgioBehavioralTraining.PDF>>

DEMIRTURK, F.; AKBAYRAK, T., et al. Interferential current versus biofeedback results in urinary stress incontinence. *Swiss medical weekly*. [online]. 2008, roč. 138, č. 21–22, s. 317–321. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://www.smw.ch/docs/pdf200x/2008/21/smw-12038.pdf>>

HERDERSCHEE, R.; HAY-SMITH, E., C., J., et al. Feedback or Biofeedback to Augment Pelvic Floor Muscle Training for Urinary Incontinence in Women: Shortened Version of a Cochrane Systematic Review. *Neurourology and Urodynamics*. [online]. 2013, roč. 32, s. 325–329. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nau.22329/pdf>>

HEYMEN, S.; SCARLETT, Y., et al. Randomized Controlled Trial Shows Biofeedback to be Superior to Alternative Treatments for Patients with Pelvic Floor Dyssynergia-type Constipation. *Diseases of the Colon & Rectum*. [online]. 2009, roč. 52, č. 10, s. 428–441. [cit. 2015-09-09]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3855426/pdf/nihms513217.pdf>>

HIRAKAWA, T.; SHIEGYUKI, S., et al. Randomized controlled trial of pelvic floor muscle training with or without biofeedback for urinary incontinence. *International Urogynecology Journal*. [online]. 2013, roč. 24, s. 1347–1354. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://eds.a.ebscohost.com.ezproxy.is.cuni.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=10a2214b-0d01-4ef6-9f6a-61b1df0c039f%40sessionmgr4005&vid=1&hid=4110>>

ILGUN, S.; OVAYOLU, N., et al. Does biofeedback affect incontinence and quality of life in Turkish women? *International Journal of Urological Nursing. The Journal of the BAUN*. [online]. 2013, roč. 7, č. 3 s. 138–145. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijun.12013/pdf>>

KAMPEN, V., M., et al. Treatment of Erectile Dysfunction by Perineal Exercise, Electromyographic Biofeedback and Electrical Stimulation. *Journal of the American Physical Therapy Association*. [online]. 2003, roč. 83, č. 6, s. 536–543. [cit. 2015-09-10]. Dostupný z: <<http://ptjournal.apta.org/content/83/6/536.full.pdf+html>>

KOH, D.; LIM, F., J., et al. Biofeedback is an effective treatment for patients with dyssynergic defaecation. *Singapore Med Journal*. [online]. 2012, roč. 53, č. 6, s. 381–384. [cit. 2015-09-09]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Choong-Leong-Tang/publication/227342929\\_Biofeedback\\_is\\_an\\_effective\\_treatment\\_for\\_patients\\_with\\_dyssynergic\\_defaecation/links/553991be0cf2239f4e7da902.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Choong-Leong-Tang/publication/227342929_Biofeedback_is_an_effective_treatment_for_patients_with_dyssynergic_defaecation/links/553991be0cf2239f4e7da902.pdf)>

LADI-SEYEDIAN, S.; KAJBAFZADEH, A.-M., et al. Management of Non-neuropathic Underactive Bladder in Children With Voiding Dysfunction by Animated Biofeedback: A Randomized Clinical Trial. *Urology*. [online]. 2015, roč. 85, č. 1, s. 205–210. [cit. 2015-10-05]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0090429514010462/1-s2.0-S0090429514010462-main.pdf?\\_tid=b425fb54-6b4c-11e5-848b-00000aacb360&acdnat=1444041468\\_a774cd6b58b240ea04b27c56d7885ae4](http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0090429514010462/1-s2.0-S0090429514010462-main.pdf?_tid=b425fb54-6b4c-11e5-848b-00000aacb360&acdnat=1444041468_a774cd6b58b240ea04b27c56d7885ae4)>

**Studie zabývající se využitím biofeedbacku v terapii funkcí regionu pánevního dna**

[81] MORKVED, S.; BO, K., et al. Effect of adding biofeedback to pelvic floor muscle training to treat urodynamic stress incontinence. *Obstetrics & Gynecology*. [online]. 2002, r. 100, č. 4, s. 730–739. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com/S0029784402021609/1-s2.0-S0029784402021609-main.pdf?\\_tid=b21a8454-89f3-11e5-b301-0000aacb362&acdnat=1447411726\\_62ce8f66c49304ad3ad573c09068a033](http://ac.els-cdn.com/S0029784402021609/1-s2.0-S0029784402021609-main.pdf?_tid=b21a8454-89f3-11e5-b301-0000aacb362&acdnat=1447411726_62ce8f66c49304ad3ad573c09068a033)>

PAGES, I., H.; JAHR, S.; SCHAUFLE, M., K. Comparative analysis of biofeedback and physical therapy for treatment of urinary stress incontinence in women. *American Journal of Physical Medicine*. [online]. 2001, r. 80, č. 7, s. 494–502 [cit. 2015-11-13]. Dostupné z: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&an=SPHS-783036&scope=site>>

PARK, S. K.; MYUNG, S. J., et al. Biofeedback therapy in constipated, female patients and caused by radical hysterectomy or vaginal delivery. *Journal of Gastroenterology & Hepatology*. [online]. 2013, roč. 28, č. 7, s. 1133–1140. [cit. 2015-09-09]. Dostupný z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jgh.12158/epdf>>

RILEY, M., A.; Organist, L. Streamlining Biofeedback For Urge Incontinence. *Urologic Nursing*. [online]. 2014, roč. 34, č. 1, s. 19–26. [cit. 2015-10-05]. Dostupný z: <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=626e9eb9-98de-4f59-996d-35e90ab8d3cb%40sessionmgr198&hid=101>>

TERLIKOWSKI, R.; KINALSKI, M., et al. Transvaginal electrical stimulation with surface – EMG biofeedback in managing stress urinary incontinence in women of premenopausal age: a double blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *International Urogynecology Journal*. [online]. 2013, roč. 24, č. 10, s. 1631–1638. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <<http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.is.cuni.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=bbb1d126-cf39-48e2-b7ad-b2b44309be0a%40sessionmgr4004&vid=24&hid=4112>>

WONG, K., S.; FUNG, K., Y. et al. Biofeedback of Pelvic Floor Muscles in the Management of Genuine Stress Incontinence in Chinese Women. Randomised controlled trial. *Physiotherapy*. [online]. 2001, roč. 87, č. 12, s. 644–648. [cit. 2015-11-13]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com/S0031940605611091/1-s2.0-S0031940605611091-main.pdf?\\_tid=226581e4-89fb-11e5-9519-0000aacb35e&acdnat=1447414921\\_7047c8c230ca8bf0dbc32bc3d96d7d3c](http://ac.els-cdn.com/S0031940605611091/1-s2.0-S0031940605611091-main.pdf?_tid=226581e4-89fb-11e5-9519-0000aacb35e&acdnat=1447414921_7047c8c230ca8bf0dbc32bc3d96d7d3c)>

Tabulka 1 – Studie zabývající se využitím biofeedbacku v terapii funkcí regionu pánevního dna

**2.1.2. Terapie chůze**

Doposud byly vytvořeny studie zabývající se efektem EMG BFB na terapii chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP), s míšní lézí či u dětí s dětskou mozkovou obrnou (DMO).

Navrácení schopnosti chodit je považováno za nejdůležitější cíl pro rehabilitaci dolních končetin osob po cévní mozkové příhodě [10]. Zpětná vazba umožňuje do určité míry nahradit insuficientní informace z proprioreceptorů a dalších senzorů pohybu, které byly narušeny proděláním CMP.

U pacientů s dětskou mozkovou obrnou (DMO), i bez jejich významného zapojení se do vykonávané činnosti, je hlavním principem BFB terapie opakující se a koncentrovaný trénink, který může hrát roli v plasticitě mozku [8].

Pro prognóza chůze u pacientů s míšní lézí obvykle závisí na úbytku svalové síly, stupni spasticity, typu deformity dolních končetin a dostupnosti léčby.

Využívá se rehabilitační strategie s důrazem na posílení extenzorů kyčelních kloubů. Pokroky ze strany pacientů využívající BFB terapii jsou připisovány výsledkům učení na rozdíl od prostého posílení [13].

Využití zpětnovazební terapie nacházíme u pooperačních či chronických potíží muskuloskeletálního systému kolenního kloubu jako jsou ruptura předního křížového vazy (PKV), léze menisku, syndrom patelofemorální bolesti a osteoartrida kolene jsou spojeny s úbytkem svalové síly m. quadriceps femoris (MQF) a zmenšením jeho svalového objemu. Existuje množství studií zkoumající efekt EMG BFB na facilitaci MQF po operacích a úrazech kolenního kloubu.

### Studie zabývající se využitím biofeedbacku v terapii chůze

AKKAYA, N., et al. Efficacy of electromyographic biofeedback and electrical stimulation following arthroscopic partial meniscectomy: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. [online]. 2012, roč. 26, č. 3, s. 224–236. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <<http://cre.sagepub.com/content/26/3/224.full.pdf+html>>

ANWER, S.; QUDDUS, N.; MIRAJ, M.; QUEBAL, A. Effectiveness of electromyographic biofeedback training on quadriceps muscle strength in osteoarthritis of knee. *Physiotherapy Journal*. [online]. 2011, roč. 29, č. 2, s. 86–93. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com/S1013702511000273/1-s2.0-S1013702511000273-main.pdf?tid=0dd2bc06-5189-11e5-a4e5-0000aacb360&acdnat=1441208659\\_45d9aba3cc9b05968e379e50faf7a373](http://ac.els-cdn.com/S1013702511000273/1-s2.0-S1013702511000273-main.pdf?tid=0dd2bc06-5189-11e5-a4e5-0000aacb360&acdnat=1441208659_45d9aba3cc9b05968e379e50faf7a373)>

BOUCHER, T.; WANG, S.; TRUELLE-JACKSON, E.; OLSON, S. Effectiveness of surface electromyographic biofeedback-triggered neuromuscular electrical stimulation on knee rehabilitation. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. [online]. 2009, roč. 4, č. 3, s. 100–109. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953339/>>

DE BIASE, M., E., M., et al. Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy*. [online]. 2011, roč. 97, č. 2, s. 175–179. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Evanisi\\_Palomari/publication/51055220\\_Increased\\_EMG\\_response\\_following\\_electromyographic\\_biofeedback\\_treatment\\_of\\_rectus\\_femoris\\_muscle\\_after\\_spinal\\_cord\\_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Evanisi_Palomari/publication/51055220_Increased_EMG_response_following_electromyographic_biofeedback_treatment_of_rectus_femoris_muscle_after_spinal_cord_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf)>

DURSUN, E.; DURSUN, N.; ALICAN, D. Effects of biofeedback treatment on gait in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*. [online]. 2004, roč. 26, č. 2, s. 116–120. [cit. 2015-09-07]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Erbil\\_Dursun2/publication/8966208\\_Effects\\_of\\_biofeedback\\_treatment\\_on\\_gait\\_in\\_children\\_with\\_cerebral\\_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Erbil_Dursun2/publication/8966208_Effects_of_biofeedback_treatment_on_gait_in_children_with_cerebral_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf)>

GOVIL, K.; NOOHU, M., M. Effect of EMG biofeedback training of gluteus maximus muscle on gait parameters in incomplete spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*. [online]. 2013, roč. 33, č. 1, s. 147–152. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6a7a1235-0161-47a8-9874-5d43c8db1654%40sessionmgr4003&hid=4214>>

CHRISTANELL, F.; HOSER, CH., et al. The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. [online]. 2012, roč. 4, č. 1, s. 1–10. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1758-2555-4-41.pdf>>

JONSDOTTIR, J.; CATTANEO, D., et al. Task-Oriented Biofeedback to Improve Gait in Individuals With Chronic Stroke: Motor Learning Approach. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. [online]. 2010, roč. 24, č. 5, s. 478–485. [cit. 2015-10-08]. Dostupný z: <<http://nrr-1.sagepub-1.com-1.sage.han.medvik.cz/content/24/5/478.full.pdf+html>>

KESEMENLI, C. C., et al. A new isometric quadriceps-strengthening exercise using EMG-biofeedback. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. [online]. 2014, roč. 7, č. 9, s. 2651–2655. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4211772/>>

WASIELEWSKI, N.; PARKER, T.; KOTSKO, K. Evaluation of Electromyographic Biofeedback for the Quadriceps Femoris: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. [online]. 2011, roč. 46, č. 5, s. 543–554. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3418961/>>

YIP, S., et al. Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation*. [online]. 2006, roč. 20, s. 1050–1057. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://cre.sagepub.com/content/20/12/1050.full.pdf>>

Tabulka 2 – Studie zabývající se využitím biofeedbacku v terapii chůze

### 2.1.3. Další využití elektromyografického biofeedbacku

Vliv EMG BFB na ovlivnění svalových dysbalancí a kinematiky lopatky u zdravých jedinců a u jedinců se subakromiálním impingment syndromem (SAIS) popisuje studie Huang a kolektivu [16].

Metodologie navržená doktorkou Steele [36] se zabývala využitím EMG BFB v terapii chronické poruchy polykání u pacientů po CMP. Pomocí povrchových EMG elektrod umístěných pod bradou (obrázek 4) může být měřena aktivita suprahyooidních svalů (m. mylohyoideus, m. geniohyoideus, m. stylohyoideus, m. digastricus) během polykání. Zpětnovazebním vizuálním zobrazením signálu představující činnost těchto svalů na obrazovce pak mohou pacienti sledovat kontrakce těchto svalů a mohou se učit provádět kontrakce s vyšší amplitudou (opakované dopolknutí) či setrvalé kontrakce, tzv. Mendelsohnův manévr, kdy pacient během polykání potravy drží hrtan manuálně ve zvýšené poloze tak, aby jícen zůstal déle otevřený [36].

## 2.2 Elektroencefalografický neurofeedback

Jedná se o samostatnou regulaci mozkové aktivity za přispění cílené inhibice a zesilování jiných specifických frekvencí EEG. Obecně se provádí dvě formy tréninku: podle stimulačního neboli výcvikového modelu – trénink pozornosti a podle antistresového modelu – trénink relaxace [9],[22],[28].

Na rozdíl od farmakoterapie je účinek EEG neurofeedbacku trvalý, protože se jedná o proces učení. Využívá kontinuálního vyhodnocování elektrických potenciálů šedé kůry mozkové a výsledné informace o mozkové aktivitě poskytuje pacientovi, čímž je mu umožněno se jí učit ovládat. Metoda upravuje chyby v autonomní regulaci fyziologických funkcí, pacientovi je tak okamžitě poukázáno na přirozenou či patologickou činnost mozku. Ten se pak svou vůlí



snaží odchylku korigovat. Zpětná vazba bývá většinou, převážně v případech dětských pacientů, vytvořena pomocí interaktivní počítačové hry. Pacient dostává okamžitou informaci o stavu své mozkové aktivity pomocí měnicího se parametru zvoleného herního motivu (výška letícího letadla, hladina vody v řece apod.). Unikátností této metody je fakt, že klient nemůže být neúspěšný, neboť formu a parametry tréninku mu vždy nastavuje terapeut podle jeho aktuálního stavu, aby byl trénovaný motivován zvyšujícím se herním skóre ke korekci odchylky správným směrem. Tím dochází k posilování sebevědomí a facilitaci procesu učení. Jedná se o vysoce specifickou metodu pro posílení žádoucí aktivace nervové soustavy, především pro trénink pozornosti a soustředění, sebeovládání a sebekázně, zklidnění impulzivity a hyperaktivity a zlepšení výkonů intelektu.

### 2.2.1. Princip elektroencefalografického neurofeedbacku

Základní koncept EEG NFB, operativní podmiňování, se opírá o Thorndikův zákon efektu, který říká, že je-li chování odměněno, pravděpodobnost jeho opětovného výskytu se zvýší. Náročnost tréninku se stupňuje a pacient je nucen podávat stále lepší výkon a postupně se tak blíží stanovenému cíli. Tento proces se nazývá shaping (tvarování). Aby byla léčba efektivní, je zapotřebí řádově desítek sezení [22], [28].

EEG NFB lze využít u indikací úzkostné poruchy. Jeho využití se však, zejména v návaznosti na práce Stermana a jeho kolegů, rozšířilo na léčbu epilepsie a poruch pozornosti s hyperaktivitou (syndrom ADHD). To jsou zatím jediné dvě indikace, u nichž je aplikace EEG NFB podložena více kontrolovanými studii [22].

Na přelomu 80. – 90. let byly publikovány studie o využití alfa – theta tréninku u chronických alkoholiků a posttraumatické stresové poruchy. Scott a kolektiv [34] provedli rozsáhlou kontrolovanou studii u 121 osob se smíšenou drogovou závislostí. Vedle léčebných aplikací má své místo EEG NFB také jako metoda sloužící k dosažení optimálního výkonu či zlepšení výkonu např. u sportovců [22]. EEG NFB se dále, s různou mírou opory ve vědecké literatuře a klinické zkušenosti, využívá např. v léčbě následků poranění mozku, u deprese, tinnitu, dystonie u Parkinsonovy choroby, chronického únavového syndromu, schizofrenie, autismu aj.

### 2.3 Elektrodermografický biofeedback

Elektrodermografický BFB představuje jednu z nejstarších metod biologické zpětné vazby, která využívá změn v elektrodermálním systému přímým měřením elektrické aktivity kůže (vodivost a potenciál) a nepřímým měřením (kožní odpor) pomocí elektrod umístěných přes prsty nebo ruku a zápěstí. Sebeuklidnění fyzickými nebo kognitivními prostředky napomáhá snižovat kožní vodivost, zatímco negativní emoce, jako je strach, hněv, úzkost či reakce při leknutí se obvykle zvyšují aktivitu ekrinních potních žláz zvýšením vodivosti kůže pro elektrický proud. Samotná zpětná vazba je poskytována různými způsoby: měnicími se audio tóny, vizuálně změnou barev na displeji, numerickými změnami nebo pohybující se linií prostřednictvím video zpětné



vazby. Doba odezvy je kratší než dvě sekundy, takže jde o velmi citlivou detekci přechodných změn pocitů měřeně osoby [33], [40].

Během měření vodivosti kůže dochází díky elektrodermografu k interakci kůže s nepatrným elektrickým proudem a zjišťuje se, jak snadno proud skrz kůži prochází. Pro zjištění kožního potenciálu (v milivoltech), což je napětí vyvíjené mezi ekrinní potní žlázou a vnitřní tkání, umístí terapeut snímací elektrodu nad aktivní místo (např. dlaň ruky) a pomocnou elektrodu na relativně neaktivní místo (např. předloktí). Při interakci kůže s elektrodermografem se měří také množství jejího odporu na aplikaci proudu, tzv. galvanické reakce kůže [3].

Biofeedback galvanických reakcí kůže se často používá při léčbě fobií a úzkostných atak. Byl také součástí terapie pro léčbu hypertenze a střevních poruch, které se zhoršují při emocionálním rozrušení. Při snaze spolehlivě snížit GSR se člověk učí odolávat rozptýlení narušující pozornost a udržovat příjemný či alespoň neutrální stav mysli. Stabilní pozornost a klidové emoce mohou pomoci udržet relaxační techniky jako je pomalé dýchání, imaginace nebo meditace, což vede také ke stabilizaci samotné autonomní nervové soustavy. Čas potřebný k naučení se této dovednosti se pohybuje od jednotlivých dnů až po měsíce. Užitečné je procvičování během BFB terapií, které usnadňuje ovládnout danou dovednost a je umožněno cenově dostupným GSR zařízením pro domácí použití [40].

Pozitivní efekt elektrodermálního biofeedbacku oproti samotné relaxační terapii byl zaznamenán u terapie úzkostných poruch [40]. Studie Pepera a kolektivu [30] prezentovala strategie GSR BFB jako podstatnou složku mentální přípravy pro zvýšení maximálního sportovního výkonu mladých gymnastů [30]. Tato terapie vykazuje pozitivní výsledky i u dětí s poruchami pozornosti a hyperaktivitou [33]. Mimo jiné sloužilo elektrodermální měření dlouho jako jeden z hlavních nástrojů v polygrafii (detektor lži) díky odrazu změn úzkosti nebo emocionální aktivaci [29].

## **2.4 Tlakový biofeedback**

Stabilizátor se skládá z polštářku naplněného vzduchem, který je připojen k tlakovému članku. Díky změně tlaku v nafouknutém polštářku lze rozpoznat důsledky kontrakce či uvolnění svalů. Tento nástroj se klinicky používá pro posouzení aktivity hlubokých svalů trupu a také jako pomůcka při tréninku stabilizace. Jde o poměrně levný nástroj, který lze snadno aplikovat i v rámci domácí autoterapie [4], [11].

Práce AHAMED Nizama [1] se zabývala aktivitou břišních svalů v poloze vleže na zádech využívá také pro hodnocení aktivity hlubokých flexorů šije.

### **2.4.1. Manometrický biofeedback**

Pro snímání změn tlaků v pochvě při kontrakcích během terapie inkontinence moči zavedl Kegel termín „perineometrie“. Snímací sondy jsou plněny vzduchem nebo tekutinou. Vzhledem k tomu, že velikost a tvar perineometrických sond není standardní, výsledky nejsou obecně srovnatelné. K většímu efektu

této terapie přispívají i jednoduché přístroje vhodné pro denní domácí použití. [23]. Manometrický BFB se používá také u dalších terapií založených na ovlivnění svalů pánevního dna. Řešena byla i problematika erektilní dysfunkce.

#### **2.4.2. Podografický biofeedback**

Dynamická podografie je vyšetřovací metoda, u které je pomocí tlakové plošiny měřeno rozložení tlaku pod chodidlem, obvykle při chůzi či různých modifikacích stoje. Praktickým příkladem využití je trénink stoje a chůze pacientů po cévní mozkové příhodě, kteří chodí po pohyblivém chodníku s vizualizací rozložení zátěže plosek zdravé i paretické strany. Prostřednictvím této zpětné vazby je pacientům poskytnut další významný aferentní vstup napomáhající reaktivaci řídicích center motoriky poškozených iktem. Vizualní zpětná vazba usnadňuje postiženému přenos váhy na paretickou dolní končetinu, zvyšuje se stabilita stoje i chůze a zlepšuje se kontrola a koordinace prováděných pohybů [2].

#### **2.5 Vibrotaktilní biofeedback**

Zpětnovazebná informace o orientaci těla vůči gravitační vertikále může být zprostředkována vjemem vibrací aplikovaných na kůži. Na trupu jedince je připraven akcelerometr, který zaznamenává lineární zrychlení a gyroskop, který zaznamenává úhlovou rychlost. Kombinací jejich signálů se získává informace o náklonu jedince. Zpracovaný signál je převeden do vibračního stimulu, který je předáván jedinci prostřednictvím pole vibrátorů o několika sloupcích a zpravidla třech řadách uložených v elastickém pásu, který obepíná trup jedince. Směr výchylky je dán aktivací vibrátoru v jednom ze sloupců (např. při náklonu vpřed je vnímán vibrační podnět na břicho, při náklonu vpravo na pravém boku) a podle velikosti této výchylky se jedná o jeden ze tří vibrátorů v daném sloupci, kde se se zvyšujícím náklonem aktivuje výše uložený vibrátor ve sloupci [6]. Vibrotaktilní biofeedback byl použit například u asistovaného tréninku rovnováhy u pacientů s vestibulární dysfunkcí.

#### **2.6 Ultrazvukový biofeedback**

Ultrazvukový (UZ) biofeedback je formou biologické zpětné vazby využívající hodnot měřených pomocí ultrazvuku. Jeho účinky se zabývala RKS Choie a kolektivu [17], UZ BFB byl použit k nácviku optimální kontrakce m. vastus medialis oblique. Terapie pomocí UZ BFB byla použita také ve studii Prestona a kolektivu [31] pro ovlivnění poruchy zvuku řeči u dětí s řečovou apraxií. Pacienti se učili modifikovat pohyby jazyka pomocí vizualní zpětné vazby ultrazvukových snímků v reálném čase. [31].

### Studie zabývající se využitím biofeedbacku – vybrané aplikace

AKKAYA, N., et al. Efficacy of electromyographic biofeedback and electrical stimulation following arthroscopic partial meniscectomy: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. [online]. 2012, roč. 26, č. 3, s. 224–236. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <<http://cre.sagepub.com/content/26/3/224.full.pdf+html>>

ANWER, S.; QUDDUS, N.; MIRAJ, M.; EQUERAL, A. Effectiveness of electromyographic biofeedback training on quadriceps muscle strength in osteoarthritis of knee. *Physiotherapy Journal*. [online]. 2011, roč. 29, č. 2, s. 86–93. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com/S1013702511000273/1-s2.0-S1013702511000273-main.pdf?tid=0dd2bc06-5189-11e5-a4e5-0000aacb360&acdnat=1441208659\\_45d9aba3cc9b05968e379e50faf7a373](http://ac.els-cdn.com/S1013702511000273/1-s2.0-S1013702511000273-main.pdf?tid=0dd2bc06-5189-11e5-a4e5-0000aacb360&acdnat=1441208659_45d9aba3cc9b05968e379e50faf7a373)>

BOUCHER, T.; WANG, S.; TRUELLE-JACKSON, E.; OLSON, S. Effectiveness of surface electromyographic biofeedback-triggered neuromuscular electrical stimulation on knee rehabilitation. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. [online]. 2009, roč. 4, č. 3, s. 100–109. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953339/>>

DEBIASE, M., E., M., et al. Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy*. [online]. 2011, roč. 97, č. 2, s. 175–179. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Evanisi\\_Palomari/publication/51055220\\_Increased\\_EMG\\_response\\_following\\_electromyographic\\_biofeedback\\_treatment\\_of\\_rectus\\_femoris\\_muscle\\_after\\_spinal\\_cord\\_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Evanisi_Palomari/publication/51055220_Increased_EMG_response_following_electromyographic_biofeedback_treatment_of_rectus_femoris_muscle_after_spinal_cord_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf)>

DURŞUN, E.; DURŞUN, N.; ALICAN, D. Effects of biofeedback treatment on gait in children with cerebral palsy. *Disability and rehabilitation*. [online]. 2004, roč. 26, č. 2, s. 116–120. [cit. 2015-09-07]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Erbil\\_Dursun2/publication/8966208\\_Effects\\_of\\_biofeedback\\_treatment\\_on\\_gait\\_in\\_children\\_with\\_cerebral\\_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Erbil_Dursun2/publication/8966208_Effects_of_biofeedback_treatment_on_gait_in_children_with_cerebral_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf)>

GOVIL, K.; NOOHU, M., M. Effect of EMG biofeedback training of gluteus maximus muscle on gait parameters in incomplete spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*. [online]. 2013, roč. 33, č. 1, s. 147–152. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6a7a1235-0161-47a8-9874-5d43c8db1654%40sessionmgr4003&hid=4214>>

CHRISTANELL, F.; HOSER, CH., et al. The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. [online]. 2012, roč. 4, č. 1, s. 1–10. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1758-2555-4-41.pdf>>

JONSDOTTIR, J.; CATTANEO, D., et al. Task-Oriented Biofeedback to Improve Gait in Individuals With Chronic Stroke: Motor Learning Approach. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. [online]. 2010, roč. 24, č. 5, s. 478–485. [cit. 2015-10-08]. Dostupný z: <<http://nnr-1.sagepub-1com-1.sage.han.medvik.cz/content/24/5/478.full.pdf+html>>

KESEMENLI, C., C., et al. A new isometric quadriceps-strengthening exercise using EMG-biofeedback. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. [online]. 2014, roč. 7, č. 9, s. 2651–2655. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4211772/>>

WASIELEWSKI, N.; PARKER, T.; KOTSKO, K. Evaluation of Electromyographic Biofeedback for the Quadriceps Femoris: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. [online]. 2011, roč. 46, č. 5, s. 543–554. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3418961/>>

**Studie zabývající se využitím biofeedbacku – vybrané aplikace**

YIP, S., et al. Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation*. [online]. 2006, roč. 20, s. 1050–1057. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://cre.sagepub.com/content/20/12/1050.full.pdf>>

*Tabulka 3 – Studie zabývající se využitím biofeedbacku – vybrané aplikace*

**2.7 Biofeedback založený na měření teploty kůže**

Přenosný přístroj fungující na principu zpětné vazby je určen pro měření a zobrazení změny teploty kůže z vybraných míst na těle. Používá se obvykle k detekci malých rozdílů teploty kůže v prstech (zejména ukazováčku) odrážející průtok krve. Účelem teplotního BFB je pomoci pacientovi umožnit vědomě zvýšit či snížit teplotu kůže na potřebném místě. Teplotní BFB byl úspěšně použit u pacientů s Raynaudovou chorobou, při které nedostatečný průtok krve v akrech končetin způsobuje chladné prsty. Pomocí biofeedbacku teploty kůže se učili pacienti zvyšovat jejich teplotu prstů za účelem zmírnění příznaků migrény a změn krevního tlaku [40].

**2.8 Biofeedback respiračních funkcí**

Účinek léčby u pacientů s onemocněním dýchacích cest lze posoudit změnou expanze hrudníku neboli pohybem hrudního koše při dýchání. Běžně se toto měření provádí pomocí pásky, ale v poslední době byly vyvinuty nové metody pro měření pohybu hrudního koše, kde údaje informující o rozdílech hrudní expanze poskytnuté biofeedbackem se zobrazují v reálném čase [26].

**2.9 Biofeedback v robotické rehabilitaci chůze**

Rozvoj a nárůst výskytu robotů využívaných v rehabilitaci. Robotem asistovaná léčba chůze může zkrátit dobu trvání terapie, zvýšit intenzitu tréninku pro pacienta a zároveň redukovat fyzickou zátěž pro terapeuta oproti manuální terapii na chodícím pásu. Definovat systém biofeedbacku u náviku chůze pomocí robotů a vyzkoušet jejich použitelnost u pacientů bez neurologických poruch si stanovil ve své studii za cíl Lünenburger a kolektiv [24].

Tato studie prezentovala biofeedback založený na robotem řízené ortéze pro chůzi (DGO). DGO je bilaterální robotickou ortézou, která se používá ve spojení s podporou tělesné váhy pro kontrolu pohybu dolních končetin pacienta v sagitální rovině. Změny podpory tělesné hmotnosti i rozdílné rychlosti pásu a rozdílná míra aktivní spoluúčasti. Zpětná vazba může pomoci pacientům adaptovat jejich pohybové vzory a povzbudit tak jejich motivaci. I když se předpokládá, že tyto metody zvýší efektivitu tréninku, pro důkazy a klinické použití budou nutné další důkladné studie [24].

### 3. Závěr

Oproti konvenční léčbě, která často končí lékařským předpisem farmak, a tudíž vyřazuje pacienta z možnosti aktivního zapojení se do léčebného procesu, může terapie pomocí biofeedbacku poskytnout pacientům výhodu v možném upevnění zpětnovazebné informace díky aktuální naučené fyziologické a kognitivní schopnosti, což podporuje samoléčebný proces. Díky pokračující aktivní spoluúčasti, tudíž nabývání praktických dovedností, můžou navíc pacienti provádět kvalitní autoterapii. V souhrnu je klinický trénink biofeedbackem druhem výcviku dovedností a ne jen pasivní léčbou. Cílem je dosáhnout efektivní změny tím, že se sám pacient naučí ovlivňovat a minimalizovat patologické funkce. Tento proces může být jednoduchý a snadno se naučí, rozvíjení dovedností sebeuvědomění a ovládnání těla může ale trvat také celý život [30].

Studie vznikla za podpory **SVV 2016 – 260346 and Prvouk P38**

Project supported by the projects: **SVV 2016 – 260346 and Prvouk P38**

### Literatura

- [1.] AHAMED, Nizam Uddin, et al. *Relation between EMG signal activation and time lags using feature analysis during dynamic contraction*. In: *Advanced Informatics: Concepts, Theory and Applications (ICAICTA), 2015 2nd International Conference on. IEEE, 2015*. p. 1–4.
- [2.] BURGET, N. *Využití zpětné vazby v rehabilitaci pacientů s poruchami chůze po cévní mozkové příhodě*. *Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2015, roč. 22, č. 2, 70–78*. ISSN 1803-6597
- [3.] CACIOPPO, J., T.; TASSINARY, L., G. Louis G., BERNTSON, G. *Handbook of psychophysiology*. 3. vyd. Cambridge university press, 2007. 898 s. ISBN: 9780511546396
- [4.] [4] CAIRNS, C., M.; HARRISON, K.; WRIGHT, Ch. *Pressure Biofeedback: A useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction?* *Physiotherapy*. [online]. 2000, roč. 86, č. 3, s 127–138. [cit. 2015-10-14]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0031940605611558/1-s2.0-S0031940605611558-main.pdf?tid=38b51528-724e-11e5-928d-00000aacb35e&acdnat=1444811779\\_d14e8192d89cdfa8c-245f063141e46dd](http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0031940605611558/1-s2.0-S0031940605611558-main.pdf?tid=38b51528-724e-11e5-928d-00000aacb35e&acdnat=1444811779_d14e8192d89cdfa8c-245f063141e46dd)>
- [5.] DE BIASE, M., E., M., et al. *Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord Injury*. *Physiotherapy*. [online]. 2011, roč. 97, č. 2, s 175–179. [cit. 2015-09-02]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Evanisi\\_Palomari/publication/51055220\\_Increased\\_EMG\\_response\\_following\\_electromyographic\\_biofeedback\\_treatment\\_of\\_rectus\\_femoris\\_muscle\\_after\\_spinal\\_cord\\_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Evanisi_Palomari/publication/51055220_Increased_EMG_response_following_electromyographic_biofeedback_treatment_of_rectus_femoris_muscle_after_spinal_cord_injury/links/004635319d92ebd97d000000.pdf)>
- [6.] DOZZA, M. *Biofeedback systems for human postural control*. Bologna, 2006. 165 s. Dizertační práce. Università di Bologna.
- [7.] DOZZA, M.; WALL, C. III, et al. *Effects of practicing tandem gait with and without vibrotactile biofeedback in subjects with unilateral vestibular loss*. *Journal of Vestibular Research*. [online]. 2007, roč. 17, s. 195–204. [cit. 2015-11-07]. Dostupný z: <[http://www.jvr-web.org/Download/Feature\\_17\\_4.pdf](http://www.jvr-web.org/Download/Feature_17_4.pdf)>

- [8.] DURSUN, E.; DURSUN, N.; ALICAN, D. Effects of biofeedback treatment on gait in children with cerebral palsy. *Disability and rehabilitation*. [online]. 2004, roč. 26, č. 2, s. 116–120. [cit. 2015-09-07]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Erbil\\_Dursun2/publication/8966208\\_Effects\\_of\\_biofeedback\\_treatment\\_on\\_gait\\_in\\_children\\_with\\_cerebral\\_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Erbil_Dursun2/publication/8966208_Effects_of_biofeedback_treatment_on_gait_in_children_with_cerebral_palsy/links/0deec524d23761ca5a000000.pdf)>
- [9.] DVOŘÁK, J.; ČMIEL, V. EEG biofeedback – návrh a realizace v prostředí LabVIEW. *Elektrorevue*. 2014, roč. 16, č. 2, 10 s. ISSN 1213-1539
- [10.] FERRANTE, S., et al. A biofeedback cycling training to improve locomotion: a case series study based on gait pattern classification of 153 chronic stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. [online]. 2011, roč. 8, č. 47. [cit. 2015-09-07]. Dostupný z: <<http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-8-47.pdf>>
- [11.] GARNIER, K.; KÖVEKER, K. et al. Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapy* [online]. 2009, roč. 95, č. 1, s. 8–14. [cit. 2015-10-14]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0031940608001399/1-s2.0-S0031940608001399-main.pdf?\\_tid=4a883c-da-724e-11e5-9f49-00000aacb35f&acdnat=1444811808\\_9c250ca189cd5171a96c-2f603b13b85](http://ac.els-cdn.com.ezproxy.is.cuni.cz/S0031940608001399/1-s2.0-S0031940608001399-main.pdf?_tid=4a883c-da-724e-11e5-9f49-00000aacb35f&acdnat=1444811808_9c250ca189cd5171a96c-2f603b13b85)>
- [12.] GIGGINS, O., et al. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2013, roč. 10, č. 1, s. 60–71. ISSN: 1743-0003
- [13.] GOVIL, K.; NOOHU, M., M. Effect of EMG biofeedback training of gluteus maximus muscle on gait parameters in incomplete spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*. [online]. 2013, roč. 33, č. 1, s. 147–152. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <<http://web.a.ebsco-host.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6a7a1235-0161-47a8-9874-5d43c8d-b1654%40sessionmgr4003&hid=4214>>
- [14.] HOLTERMANN, A., et al. The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle. A novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. [online]. 2010, roč. 20, č. 2, s. 359–365. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <[http://ac.els-cdn.com/S1050641109000340/1-s2.0-S1050641109000340-main.pdf?\\_tid=a5135b1a-5239-11e5-9876-00000aab0f01&acdnat=1441284504\\_27b3ff730de387d-c7c8128e7281f9e72](http://ac.els-cdn.com/S1050641109000340/1-s2.0-S1050641109000340-main.pdf?_tid=a5135b1a-5239-11e5-9876-00000aab0f01&acdnat=1441284504_27b3ff730de387d-c7c8128e7281f9e72)>
- [15.] HORSKÁ, V. Koučování ve školní praxi. Praha: Grada, 2009. 176 s. ISBN 978-80-247-2450-8
- [16.] HUANG, H., Y.; LIN, J., J.; GUO, Y., L.; WANG, W. T. J. EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. [online]. 2013, roč. 23, č. 1, s. 267–274. [cit. 2015-09-03]. Dostupný z: <[http://www.researchgate.net/profile/Yue\\_Liang\\_Guo/publication/232811719\\_EMG\\_biofeedback\\_effectiveness\\_to\\_alter\\_muscle\\_activity\\_pattern\\_and\\_scapular\\_kinematics\\_in\\_subjects\\_with\\_and\\_without\\_should\\_impingement/links/553bb0c40cf245bdd7667087.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Yue_Liang_Guo/publication/232811719_EMG_biofeedback_effectiveness_to_alter_muscle_activity_pattern_and_scapular_kinematics_in_subjects_with_and_without_should_impingement/links/553bb0c40cf245bdd7667087.pdf)>
- [17.] CHOI, L., Y., et al. Effects of isometric exercise using biofeedback on maximum voluntary isometric contraction, pain, and muscle thickness in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Physical Therapy Science*. [online]. 2015, roč. 27, č. 1, s. 149–153. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4305548/pdf/jpts-27-149.pdf>>

- [18.] CHRISTANELL, F.; HOSER, CH., et al. The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. [online]. 2012, roč. 4, č. 1, s. 1–10. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1758-2555-4-41.pdf>>
- [19.] JONEIS, T. Biofeedback [online]. *Gale Encyclopedia of Mental Disorders*, 2003 [cit. 2015-08-28]. Dostupné z: <<http://www.encyclopedia.com>>
- [20.] KAWATO, M. Feedback-error-learning neural network for supervised motor learning. *Advanced neural computers*. Amsterdam: Elsevier science publishers, 1990, s. 365–372. ISBN 0 444 88400 9
- [21.] KITTNAR, O.; MLČEK, M. Atlas fyziologických regulací. Praha: Grada, 2009. 320 s. ISBN 978-80-247-2722-6
- [22.] KOPŘIVOVÁ, J.; BRUNOVSKÝ, M. a kol. EEG Biofeedback a jeho využití v klinické praxi. *Psychiatrie*. [online]. 2008, roč. 12, č. 1, s.10–17. [cit. 2015-10-10]. Dostupný z: <[http://www.tigis.cz/images/stories/psychiatrie/2008/01/04\\_Koprivova\\_Psychiatrie\\_1\\_08.pdf](http://www.tigis.cz/images/stories/psychiatrie/2008/01/04_Koprivova_Psychiatrie_1_08.pdf)>
- [23.] KRAHULEC, P. Rehabilitace svalů pánevního dna. *Lékařské listy*. [online]. 2003, roč. 26. [cit. 2015-09-26]. Dostupný z: <<http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/rehabilitace-svalu-panevniho-dna-155223>>
- [24.] LÜNENBURGER, L.; COLOMBO, G.; RIENER, R. Biofeedback for robotic gait rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. [online]. 2007, roč. 4, č. 1, s. 1743–0003 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <<http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-4-1.pdf>>
- [25.] MONTGOMERY, P., C.; CONNOLLY, B., H. Clinical applications for motor control. Thorofare: SLACK Incorporated, 2003, 390 s. ISBN 1-55642-545-7.
- [26.] NISHIGAKI, Y. et al. Development of new measurement system of thoracic excursion with biofeedback: reliability and validity. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. [online]. 2013, roč. 10, č. 1, 6 s. [cit. 2015-11-10]. Dostupný z: <<http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-10-45.pdf>>
- [27.] NORTON, C.; KAMM, A., M. Anal sphincter biofeedback and pelvic floor exercises for faecal incontinence in adults – a systematic review. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. [online]. 2001, roč. 15, s. 1147–1154. [cit. 2015-09-09]. Dostupný z: <<http://online-library.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2036.2001.01039.x/epdf>>
- [28.] NOVOTNÝ, M.; ŠLEPECKÝ, M.; HAASE, J. Využití EEG biofeedbacku v psychiatrické praxi. *Psychiatrie pro praxi*. [online]. 2009, roč. 10, č. 5, s. 223–225. [cit. 2015-10-11]. Dostupný z: <<http://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2009/05/06.pdf>>
- [29.] PENNEBAKER, J., W.; CHEW, C., H. Behavioral inhibition and electrodermal activity during deception. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1985, roč. 49, č. 5, s. 1427–1433.
- [30.] PEPPER, E. et al. Peak Performance Training with Electrodermal Biofeedback 1. [online]. 1997. The Biofeedback Federation of Europe. [cit. 2015-09-29]. Dostupné z: <<http://www.bfe.org/protocol/pro12eng1.htm>>
- [31.] PRESTON, J., L.; BRICK, N., et al. Ultrasound Biofeedback Treatment for Persisting Childhood Apraxia of Speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*. [online]. 2013, roč. 22, č. 4, s. 627–643. [cit. 2015-11-09]. Dostupný z: <<http://eds.a.ebscohost.com.ezproxy.is.cuni.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=8011bee3-6abd-4a14-92b8-8ef4e-98217a9%40sessionmgr4001&vid=5&hid=4203>>



- [32.] PODĚBRADSKÝ, J.; PODĚBRADSKÁ, R. *Fyzikální terapie: Manuál a algoritmy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 200+18 s. ISBN 978-80-247-2899-5.
- [33.] PTÁČEK, R. Možnosti a meze biofeedbacku. *Lékařské listy* [online]. 2005, roč. 40, 14 s. [cit. 2015-08-31]. Dostupné z: <<http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/moznosti-a-meze-biofeedbacku-168778>>
- [34.] SCOTT, William C., et al. Effects of an EEG biofeedback protocol on a mixed substance abusing population. *The American journal of drug and alcohol abuse*, 2005, 31.3: 455–469.
- [35.] SHEA, CH., H.; WULF, G. Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback. *Human movement science*. 1999, roč. 18, s. 553–571.
- [36.] STEELE, C., M. The Impact of EMG Biofeedback-Guided Effortful Swallows and Mendelsohn Maneuvers on Neurogenic Dysphagia Rehabilitation [online]. 2009, Biofeedback Foundation of Europe. [cit. 2015-09-29]. Dostupný z: <<http://www.bfe.org/library/Methodology%20-%20%20Dysphagia%20FINAL%2014%20Sept%202009.pdf>>
- [37.] VRTAL, R.; ZÁŤURA, F. Využití biofeedbacku v urologii. *Lékařské listy*. [online]. 2001, roč. 22. [cit. 2015-10-04]. Dostupný z: <<http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/vyuziti-biofeedbacku-v-urologii-136387>>
- [38.] WASIELEWSKI, N.; PARKER, T.; KOTSKO, K. Evaluation of Electromyographic Biofeedback for the Quadriceps Femoris: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. [online]. 2011, roč. 46, č. 5, s. 543–554. [cit. 2015-09-04]. Dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3418961/>>
- [39.] WINSTEIN, C., J.; SCHMIDT, R. A. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of experimental psychology: Learning, memory and cognition*. 1990, roč. 16, č.4, s. 677–691. ISSN: 1939-1285
- [40.] YUCHA, C.; MONTGOMERY, D. *Evidence-Based Practice in Biofeedback and Neurofeedback*. Wheat Ridge: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2008. 96 s. ISBN 1-887114-19-X.

## Kontakt

**doc. Ing. Monika Šorfová**  
**PhD., Mgr. Kateřina Dubnová**  
**Michaela Středová**  
Katedra anatomie a biomechaniky  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Univerzita Karlova v Praze  
J. Martího 31  
Praha 6  
162 52  
e-mail: [sorfova@seznam.cz](mailto:sorfova@seznam.cz)