

# REHABILITACE & FYZIKÁLNÍ LÉKAŘSTVÍ



## REHABILITATION & PHYSICAL MEDICINE

### VEDOUCÍ REDAKTOR

**MUDr. Jan Vacek, Ph.D.**

Klinika rehabilitačního lékařství IPVZ  
Šrobárova 50, 100 34 Praha 10

### ZÁSTUPCE VEDOUcíHO REDAKTORA

**Doc. MUDr. Ivan Vařeka, Ph.D.**

Rehabilitační klinika FN a LF UK  
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové

### TAJEMNÍK REDAKCE

**Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.**

Katedra fyzioterapie FTVS UK  
J. Martího 31, 162 52 Praha 6

### REDAKČNÍ RADA

**MUDr. Yvona Angerová, Ph.D., MBA**

Klinika rehabilitačního lékařství  
1. LF UK a VFN  
Albertov 7, 128 00 Praha 2

**Doc. PhDr. Magdaléna Hagovská, Ph.D.**

Klinika FBLR, LF Univerzity  
Pavla Jozefa Šafárika  
a Univerzitní nemocnice J. Pasteura  
Rastislavova 3, 041 90 Košice

**PhDr. Alena Herbenová**

Klinika rehabilitačního lékařství IPVZ  
Šrobárova 50, 100 34 Praha 10

**MUDr. Martina Hoskovcová, Ph.D.**

Neurologická klinika 1. LF UK a VFN  
Kateřinská 30, 120 00 Praha 2

**Doc. MUDr. Alena Kobesová, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného  
lékařství 2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**Prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného  
lékařství 2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**MUDr. Alois Krobot, Ph.D.**

Rehabilitační oddělení FN  
I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc

**Doc. MUDr. Jiří Kříž, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného  
lékařství 2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**MUDr. Kamal Mezian**

Rehabilitace MUDr. Hassan Mezian s.r.o.  
Tylova 6, 412 01 Litoměřice

**Doc. MUDr. Olga Švestková, Ph.D.**

Klinika rehabilitačního lékařství  
1. LF UK a VFN  
Albertov 7, 128 00 Praha 2

**Doc. MUDr. Peter Takáč, PhD.**

Univerzitní nemocnice L. Pasteura  
Rastislavova 43, 041 90 Košice

**Doc. MUDr. Vlasta Tošnerová, CSc.**

Klinika rehabilitačního lékařství FN HK  
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové

**Prof. MUDr. Josef Vymazal, DrSc.**

Radiodiagnostické oddělení  
Nemocnice Na Homolce  
Roentgenova 2/37, 150 30 Praha 5

**Doc. PhDr. Elena Žiaková, PhD.**

Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave  
Inštitút fyzioterapie, balneológie a liečebnej rehabilitácie  
Rázusova 14  
921 01 Piešťany

## OBSAH

### ÚVODNÍK

Oznámení pro členy Společnosti rehabilitační a fyzikální medicíny ČLS JEP.....147

### PŮVODNÍ PRÁCE

**Davídek P., Kobesová A.:** Vliv tréninku trupové stabilizace na maximální výkon a bolest ramenního pletence u rychlostních kajakářů.....148

**Mílanová J., Žiaková E., Hornáček K.:** Využití konceptu Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému po operácii hernie medzistavcovej platničky v lumbálnej chrčtici.....157

**Konečná P., Opavský J.:** Hodnocení poruch motorické kontroly u pacientů s nespecifickými bolestmi zad v bederním úseku páteře.....166

**Průcha J., Dylevský I., Navrátil L., Vlachová V., Krůšek J., Dittert I., Skopalík J., Klapalová A., Štengl M., Socha V.:** Přínosy základního, preklinického a klinického výzkumu k uplatnění indukovaných elektrických proudů v indikacích rehabilitační a fyzikální medicíny.....174

**Šorfová M., Dubnová K.:** Biofeedback a jeho využití v léčebné rehabilitaci pohybového systému člověka.....191

**Čuj J., Gajdoš M., Mikuláková W., Jurčíšin M., Kračmar B.:** Je stacionární bicykel vhodným doplnkom fyzioterapeutickej liečby pri vertebrogénnych ťažkostiach?.....198

**AUTORSKÝ A VĚCNÝ REJSTŘÍK**.....205

## CONTENTS

### ORIGINAL PAPERS

**Davídek P., Kobesová A.:** The Influence of Training on Maximum Performance and Shoulder Pain in Flatwater Kayak-Paddlers.....148

**Mílanová J., Žiaková E., Hornáček K.:** Application of the Concept of Auto-Reflex Connection of Deep Stabilization System after Surgery on Hernia of Intervertebral Disc in Lumbar Spine.....157

**Konečná P., Opavský J.:** Assessment of Motor Control Disorders in Patients with non-Specific Low Back Pain.....166

**Průcha J., Dylevský I., Navrátil L., Vlachová V., Krůšek J., Dittert I., Skopalík J., Klapalová A., Štengl M., Socha V.:** Contributions of Basic, Preclinical and Clinical Research to the Application of Induced Electrical Currents in the Indications of Rehabilitation and Physical Medicine.....174

**Šorfová M., Dubnová K.:** Biofeedback and Its Application if Therapeutic Rehabilitation of Human Locomotor System.....191

**Čuj J., Gajdoš M., Mikuláková W., Jurčíšin M., Kračmar B.:** Is the Stationary Bicycle a Suitable Supplement of Physiotherapy in Vertebrogenic Difficulties?.....198

AKTUÁLNÍ VYDÁNÍ ČASOPISU ON-LINE NALEZNETE NA STRÁNKÁCH

[WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-AKTUALNI-CISLO](http://WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-AKTUALNI-CISLO)

POKYNY PRO AUTORY

[WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-POKYNY](http://WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-POKYNY)

INFORMACE O ČASOPISU

[WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-INFORMACE](http://WWW.PROLEKARE.CZ/REHABILITACE-FYZIKALNI-LEKARSTVI-INFORMACE)

<http://www.cls.cz>

© Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně, Praha 2019

REHABILITACE A FYZIKÁLNÍ LÉKAŘSTVÍ



**Vedoucí redaktor:**  
MUDr. Jan Vacek, Ph.D.

**Zástupce vedoucího redaktora:**  
Doc. MUDr. Ivan Vařeka, Ph.D.

**Odpovědná redaktorka:**  
PhDr. Helena Raušerová,  
e-mail: h.rauserova@seznam.cz

**Vydává: Česká lékařská společnost  
Jana Evangelisty Purkyně,  
Sokolská 31, 120 26 Praha 2**

Pro ČLS JEP připravuje Mladá fronta a. s.

**mladá fronta**

**Generální ředitel:** Ing. Jan Mašek

**Ředitel divize Medical Services:**  
Karel Novotný, MBA

**Koordinátor odborných časopisů ČLS JEP:**  
MUDr. Michaela Lizlerová

**Grafická úprava, sazba:**  
Radek Hrdlička

**Marketing a distribuce:**

**ředitel marketingu, distribuce a výroby:**

Jaroslav Aujezdský

**Brand Manager:** Petra Trojanová

**Tisk: GRAFOTECHNA PLUS, s. r. o.**

**V ČR rozšiřuje:** SEND Předplatné, spol. s r.o.,  
Ve Žlábku 1800/77, hala A3, 193 00 Praha 9

**V SR:** Mediaprint Kapa-Pressegro, a. s.,  
Vajnorská 137, P.O. BOX 183  
831 04 Bratislava

**Vychází:** 4krát ročně

**Předplatné:** na rok pro ČR je 404,00 Kč,  
SR 16,80 €, jednotlivé číslo 101,00 Kč,  
SR 4,20 €.

**Informace o předplatném podává  
a objednávky předplatitelů přijímá:**  
ČLS JEP, Sokolská 31, 120 26 Praha 2,  
tel.: 296 181 805 – B. Šmejkalová  
nto@cls.cz

**Inzerce:** Ing. Kristína Kupcová  
kupcova@m.f.cz, tel.: 225 276 355

**Rukopisy zasílejte na adresu:**

MUDr. Jan Vacek, Ph.D.

Klinika rehabilitačního lékařství 3. LF UK a FNKV  
Šrobárova 50  
100 34 Praha 10  
e-mail: jan.vacek@fnkv.cz

Rukopis byl předán do výroby 30. 10. 2019.  
Zaslané příspěvky se nevracejí.  
Otištěné příspěvky autorů nejsou honorovány,  
autoři obdrží bezplatně jeden výtisk časopisu.

Vydavatel získává otištěním příspěvku výlučné nakladatelské právo k jeho užití.  
Vydavatel a redakční rada upozorňují, že za obsah a jazykové zpracování inzerátů a reklam odpovídá výhradně inzerent.  
Žádná část tohoto časopisu nesmí být kopírována za účelem dalšího rozšiřování v jakékoliv formě či jakýmkoliv způsobem, ať již mechanickým nebo elektronickým, včetně pořizování fotokopíí, nahrávek, informačních databází na mechanických nosičích, bez písemného souhlasu vlastníka autorských práv a vydavatelského oprávnění.

**Vážení členové Společnosti rehabilitační a fyzikální medicíny ČLS JEP,**

Od 1. srpna 2019 jsme pro vás zprovoznili nové oficiální webové stránky naší odborné společnosti. Stránky jsou na stejné adrese, tedy [www.srfm.cz](http://www.srfm.cz).

Od 2. září spouštíme oficiálně také část stránek, která je určena jen pro členy naší společnosti a je pod odkazem "Pro přihlášené". Tato část bude do budoucna plněna informacemi určenými výhradně nebo přednostně pro členy naší odborné společnosti, což je jednak jakousi výhodou přístupu k informacím pro řádné platící členy společnosti, jednak i určitou nutností naplnění požadavků GDPR. Zatím jsou v této části jen Zápisy ze schůzí výboru, ale postupně snad budou přibývat další informace. K zajištění názorů členské základny budeme nově k vybraným tématům používat na stránkách také vlastní prostor pro tematické diskuze. Diskutovat budou moci výhradně přihlášení členové společnosti. Registrace na webu pro zobrazení části stránek "Pro přihlášené" a "Diskuze" sice není povinnou součástí členství v naší společnosti, ale přináší určité výhody. Kromě již výše zmiňovaného přístupu k informacím a možnému vstupu do vyhledávaných diskuzí například dostane každý registrovaný člen i svoje ID člena společnosti, které je připraveno pro více možných funkcí včetně ověřování platného členství externími subjekty, kterým k tomuto povolíme přístup (např. organizátory konferencí za účelem oprávněnosti slevy registračního poplatku pro členy apod.).

**Jak se tedy registrovat k zóně pro přihlášené:**

- 1) Po otevření stránky [www.srfm.cz](http://www.srfm.cz) a po kliknutí na odkaz pro přihlášené se zobrazí přihlašovací formulář webu prolekare.cz, jehož databáze je k přihlášení využívána.
- 2) Pokud na tomto webu [www.prolekare.cz](http://www.prolekare.cz) nemáte registraci, je potřeba si ji nejprve vytvořit.
- 3) Poté se vrátíte na stránky [www.srfm.cz](http://www.srfm.cz), zopakujete kliknutí na odkaz pro přihlášené a po přihlášení na účet webu prolekare.cz – stále ze stránky [www.srfm.cz](http://www.srfm.cz) - se objeví hláška k vyčkání, až váš přístup potvrdí administrátor webu. Ke mně pak přijde e-mail, který řádným členům platícím příspěvky 😊 potvrdím a na registrační e-mail vám přijde potvrzení o schválení přístupu. Poněvadž vstupní potvrzování neprovádí automat, mějte prosím malé strpení, potvrzení provedu v řádu nejdříve jednotek dnů.
- 4) Při dalším přihlášení již budete mít přístup do zóny pro přihlášené. Po přihlášení se jméno a příjmení přihlášeného objevuje v navigační liště odkazů vpravo za malou ikonkou osoby v kroužku, tím poznáte, že jste přihlášení a můžete na odkazy ze sekce pro přihlášené. Po přidělení ID uživatele administrátorem se navíc zobrazí za jménem i příjmením i toto číselné ID.

**Pamatujte, že web si automaticky pamatuje vaše přihlášení na konkrétním počítači dle uživatele, proto pokud se budete přihlašovat na veřejných počítačích, kde nejste přihlášení samostatně vlastním účtem, tak se nezapomeňte odhlašovat !!!**

**Upozornění:** tato registrace není zatím propojena se členskou databází ČLS JEP, proto nadále udržujte aktuální korespondenční adresu na členské evidenci ČLS JEP a prosím udržujte aktuální e-mailové adresy v obou databázích – tedy jak na webu prolekare.cz, tak i v evidenci ČLS JEP. V červnu 2020 proběhnou volby nového výboru společnosti, hlasování bude elektronické a hlasovat budou moci jen členové s platnou e-mailovou adresou uvedenou v databázi členské evidence ČLS JEP.

**A žádost na závěr:** webové stránky budou tak aktuální a pestré, jak pestré budeme dostávat informace i od vás. Pokud se u vás děje něco zajímavého – odborný seminář, konference, otevření nového oddělení nebo cokoliv jiného odborně se dotýkajícího našeho oboru, pošlete informaci či krátký článek na e-mail [info@srfm.cz](mailto:info@srfm.cz) a do předmětu zprávy vždy jako první napište **WEB** – tím rychle poznáme určení zprávy. Vítána je i doprovodná obrazová dokumentace – fotografie apod., samozřejmě se souhlasem autorů ke zveřejnění. Dle obsahu, kvality a vztahu k našemu oboru rozhodneme o zveřejnění, pamatujte ale, že čistá komerční sdělení patří do placené zóny reklamy.

Dne 2.9.2019

MUDr. Pavel Maršálek, předseda společnosti, administrátor webu

# Vliv tréninku trupové stabilizace na maximální výkon a bolest ramenního pletence u rychlostních kajakářů

Davídek P.<sup>1</sup>, Kobesová A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra základů kinantropologie a humanitních věd, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova, Praha

<sup>2</sup>Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol, Praha

## SOUHRN

**Úvod:** Cílem sportovního tréninku je zvýšení výkonnosti, kterou mimo jiné ovlivňuje kvalita posturálních funkcí. Cílem studie bylo zjistit, zda zlepšení kvality trupové stabilizace ovlivní sportovní výkon a bolestivé syndromy pohybového systému u rychlostních kajakářů.

**Metoda:** 20 vrcholových rychlostních kajakářů ve věku 17 - 25 let bylo randomizovaně rozděleno do kontrolní a experimentální skupiny. Po dobu 6 týdnů zařadila experimentální skupina do tréninkové přípravy cvičení zaměřené na nácvik trupové stabilizace dle konceptu Dynamická Neuromuskulární Stabilizace (DNS). Kontrolní skupina absolvovala stejný rutinní program sportovní tréninkové přípravy bez specifického zaměření na trupovou stabilizaci. U všech probandů před začátkem studie a na jejím konci studie, tj. po šesti týdnech, změřen maximální výkon na kajakářském trenažéru. Bolestivé syndromy v oblasti horní končetiny (HK) a ramenního pletence byly hodnoceny standardizovaným dotazníkem The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH).

**Výsledek:** Maximální výkon na kajakářském trenažéru se na konci sledovaného šestitýdenního období oproti

vstupní hodnotě zvýšil u probandů experimentální skupiny o 13,22 % a u probandů kontrolní skupiny o 0,92 %. Ačkoliv u experimentální skupiny bylo zvýšení maximálního výkonu významnější, rozdíl mezi skupinami nebyl na konci sledovaného období statisticky významný ( $p = 0,065$ ). Subjektivně hodnocené omezení horní končetiny a její bolest se na konci sledovaného období u probandů experimentální skupiny snížily o 43,38 % a u probandů kontrolní skupiny o 5,88 %. Výsledek mezi skupinami byl statisticky významný ( $p = 0,038$ ) ve prospěch skupiny experimentální.

**Závěr:** Integrace cvičení zaměřeného na zlepšení trupové stability dle konceptu DNS do rutinního sportovního tréninku má pozitivní efekt na sportovní výkonnost a eliminaci výskytu HK a ramenního pletence u vrcholových rychlostních kajakářů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

**Dynamická Neuromuskulární Stabilizace (DNS), rychlostní kanoistika, maximální výkon, bolest pohybového aparátu**

## SUMMARY

**Davídek P., Kobesová A.: The Influence of Training on Maximum Performance and Shoulder Pain in Flatwater Kayak-Paddlers**

**Background and objectives:** The goal of sports performance training is to increase athlete performance, which among other factors, is influenced by the quality of postural stabilization. The aim of this study was to identify the effect of trunk stabilization training on sports performance and incidence of painful syndromes of the musculoskeletal system in competitive flatwater kayakers.

**Methods:** Twenty flatwater kayakers (17 - 25 years old) were randomly divided into two groups. For a period of 6 weeks, the experimental group integrated trunk stabilization exercise according to Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) concept within routine off-season training. The control group practiced the same routine off-season training program without the specific focus on postural stabilization. In all individuals from both groups, the maximum paddling output was measured on kayak ergometer before the study and after the six weeks observational period. The standardized self-report questionnaire for

Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH) was used to evaluate shoulder girdle and upper extremity dysfunction and pain.

**Results:** In the experimental group, the maximum paddling output increased after the 6-week period by 13.22 %, while in the control group the increase was 0.92 %. Although in the experimental group the increase was bigger, the inter-group difference did not reach statistical significance ( $p = 0.065$ ). Disability and symptoms evaluated by DASH decreased in the experimental group by 43.38 % and in the control group by 5.88 %. In the experimental group, the improvement in disability and pain was significantly better ( $p = 0.038$ ) comparing to the control group.

**Conclusion:** Trunk stabilization training based on DNS may improve sports performance and reduce upper extremity and shoulder girdle pain syndromes in elite flatwater kayakers.

## KEYWORDS

**Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS), flat water kayakers, maximum paddling output, musculoskeletal pain**

## ÚVOD

Rychlostní kanoistika patří v České republice mezi tradiční letní olympijské sporty a věnuje se jí stále větší množství sportovců (9). S rozvojem rychlostní kanoistiky se zvyšují i nároky na výkonnost sportovce, a proto u kajakářů stoupá incidence zranění ramenního kloubu (7). Chronické přetěžování organismu v rámci intenzivní sportovní činnosti, zejména u sportovců s neideální funkcí stabilizačního systému páteře, způsobuje zvýšený výskyt bolestivých syndromů pohybového aparátu (7).

Častou příčinou poranění u rychlostních kajakářů jsou mikrotraumata, která vznikají v důsledku přetížení, tření nebo extrémní cyklické zátěže lokalizované do subakromiálního prostoru ramenního pletence. Vzhledem k vysokému tlaku trenérů na špičkové výkony, sportovci často podstupují nadměrné tréninkové dávky bez adekvátního odpočinku a kompenzačních cvičení, což v místech největšího přetížení či v místech predispozice, vede ke vzniku chronické zánětlivé reakce, která může následně vyústit ve zranění (10). U poraněných sportovců často dochází ke zkracování doby rekonvalescence, sportovci se vracejí do tréninkového procesu jakmile odezní příznaky a alespoň částečně se navrátí ztracená funkce. Tento faktor zvyšuje riziko nového poranění a recidivy (10).

Přestože rychlostní kanoistika není kontaktní sport, dochází při pádlování na kajaku k častému zranění muskuloligamentózního aparátu. Johansson (12) udává, že 45 % dotazovaných kajakářů mělo v předchozí sezoně zraněný ramenní kloub. Většina autorů (1, 7, 12, 13, 32) uvádí horní končetinu jako nejčastější lokalizaci poranění kajakářů. Více než třetina zranění u kajakářů postihuje ramenní kloub (1). Častým zdrojem tréninkového omezení nebo vynechání soutěže je zejména impingement syndrom ramene, který může v kombinaci s chronickým přetížením vést k vážnému poranění ramene (7, 12, 22). U rychlostních kajakářů bývají také velmi časté bolesti v oblasti bederní páteře, s incidencí až 22,5 % (13). Tyto bolesti jsou v mnoha případech způsobené spondylolýstézou, myofasciální funkční příčinou, spondylózou nebo hernií intervertebrálního disku. Dalším častým bolestivým syndromem je zánět šlach extenzorů zápěstí s incidencí kolem 20 % (32). Toto poranění se objevuje zejména u kajakářů, kteří se specializují na delší tratě, kde často pádlují v obtížnějších podmínkách, především ve vlnách.

Problematiku zranění z přetížení u kajakářů zkoumal podrobněji Pelham (25), který zavedl termín „kajakářské rameno“. Jedná se o poranění měkkých tkání, které zahrnuje impingement syndrom,

bicipitální tendinitidu a subakromiální bursitidu. Predisponujícím faktorem kajakářského ramene je podle Pelhama hypertrofie muskulotendinózních struktur rotátorové manžety v subakromiálním prostoru. Také nadměrný silový trénink v posilovně v kombinaci s intenzivním kajakářským tréninkem na vodě může vést k omezené zevní a vnitřní rotaci v ramenním kloubu (12), k rozvoji náhradních pohybových stereotypů a následně k bolesti.

Vztah stabilizační trupové funkce a sportovního výkonu je stále více zmiňován v odborných periodikách (14). Trénink trupové stabilizace se stal populárním a je často doporučován při rehabilitaci sportovních úrazů, v prevenci zranění a pro zlepšení sportovního výkonu (27). Jedním z faktorů, které ovlivňují sportovní výkon, je síla a koordinace svalového systému, který stabilizuje páteř. Tyto svaly jsou zodpovědné za udržení vzpřímené páteře, stabilizaci trupu a pánve a pomáhají při přenosu sil na končetiny (14). Řada studií se zabývá vlivem tréninku trupové stabilizace na sportovní výkon v různých sportovních odvětvích, ale studií provedených u rychlostních kajakářů je minimum. Fernandez (5) zkoumal vliv tréninku trupové stabilizace na rychlost tenisového podání. Krátkodobý tréninkový program byl zaměřen kromě běžného tenisového tréninku i na trénink trupové stabilizace. Po 6 týdnech specifického tréninkového programu se rychlost tenisového podání zvýšila v porovnání s kontrolní skupinou o 4,9 %. Autor též udává, že trénink trupové stabilizace v přípravě tenistů snižuje riziko zranění ramenního kloubu. Podobných výsledků dosáhl i Manchado (21), který provedl desetitýdenní randomizovanou studii u házenkářek. Experimentální skupina se kromě běžného házenkářského tréninku věnovala i tréninku trupové stabilizace. Manchado prokázal pozitivní vliv intervence na rychlost hozeného míče, kdy se tato rychlost zvýšila v porovnání s kontrolní skupinou o 4,5 %.

Lephart (20) zkoumal vliv tréninku trupové stabilizace na rychlost švihů golfové hole, rychlost odpáleného míčku a celkovou vzdálenost odpalu u zdravých golfistů. Po osmitýdenním golfovém tréninku, který zahrnoval cvičení zaměřené na trupovou stabilizaci, se zvýšila rychlost odpáleného míčku o 5 %, rychlost švihů golfové hole o 5,2 % a celková vzdálenost odpalu se zvýšila o 6,8 %. Pedersen (24) ve své studii uvádí efekt nácviku trupové stabilizace pomocí „Sling Exercise Traininig“ (SET), neboli cvičení v závěsu, u fotbalistů. Experimentální skupina, která po dobu 8 týdnů do běžného tréninku integrovala trénink trupové stabilizace s použitím SET, významně zvýšila maximální rychlost kopnutého míče oproti skupině kontrolní.

## PŮVODNÍ PRÁCE

Dynamická neuromuskulární stabilizace (DNS) je rehabilitační přístup, založený na principech vývojové kineziologie (19). DNS může mít pozitivní vliv na prevenci bolestivých syndromů muskuloligamentózního aparátu vzniklých následkem chronického přetěžování (2, 4, 6, 15). Koncept DNS zahrnuje nácvik motorických vzorů, které se spontánně vyskytují v prvním roce života u fyziologicky se vyvíjejícího dítěte. Patří mezi ně vzpřímené držení těla, optimální dechový stereotyp, funkční centrace kloubů a optimální stabilizace trupu dle ontogenetické definice. Dobrá kvalita trupové stabilizace je nezbytným předpokladem každého pohybu, což platí i pro sportovní výkon (16, 17, 18, 26). Podle teorie kineziologického řetězení vede přerušení nebo oslabení kineziologického řetězce, ke snížené produkci síly nebo účinnosti síly zodpovědné za sportovní výkon, a tím sportovní výkon negativně ovlivňuje (30). Stabilizační funkce trupu je považována za klíčovou součást efektivity v biomechanice pohybu. Optimalizací této funkce se maximalizuje generování síly a minimalizuje zatížení kloubu ve všech typech činností od běhu až po házení (14).

Cílem předkládané studie bylo zjistit, zda má integrace nácviku trupové stabilizace dle DNS do běžného kajakářského tréninku pozitivní vliv na maximální výkon na kajakářském ergometru a na bolesti v oblasti ramenního pletence a horní končetiny.

### METODIKA

Do studie bylo zařazeno 20 vrcholových rychlostních kajakářů, kteří trénují ve stejném vrcholovém sportovním centru. Probandi byli randomizovaně rozděleni na experimentální a kontrolní skupinu, přičemž rozdíl mezi skupinami z hlediska věku, pohlaví a BMI nebyl statisticky významný. Charakteristika zkoumaného souboru se nachází v tabulce 1.

Před začátkem intervence probandi obou skupin vyplnili standardizovaný dotazník „Disabilities of the arm shoulder and hand“ (DASH), hodnotící bolest a omezení horní končetiny (11). Pomocí dvacetisekundového testu byl analyzován maximální výkon na kajakářském trenažeru značky Dan Sprint, který je běžně užíván ve sportovní přípravě rychlostních kajakářů během zimního období. Test byl proveden vždy na stejném ergometru, který byl před měřením vždy kalibrován. Analýza maximálního výkonu na kajakářském ergometru byla provedena vždy třikrát s třiminutovou pauzou. Výsledná hodnota byla vypočítána z průměru těchto tří pokusů. Každý pokus trval 20 s, během kterých proband pádloval s maximálním úsilím. Maximální výkon byl průběžně zaznamenáván na obrazovce pádlovacího trenažeru, takže probandi měli zpětnou vazbu jaký je jejich maximální výkon. Po prvním vstupním měření následovalo zahájení intervence. U probandů, zařazených do experimentální skupiny, byly na základě kineziologického vyšetření a dle testů DNS (17), které hodnotí stabilizační systém trupu, vybrány certifikovaným DNS terapeutem nejvhodnější vývojové pozice pro nácvik trupové stabilizace, a to s ohledem na nároky na trupovou stabilizaci během pádlování.

Certifikovaný DNS fyzioterapeut naučil během individuální fyzioterapie členy experimentální skupiny správnému provedení zvolených cviků, které následně každý proband experimentální skupiny cvičil 30 minut po každém sportovním tréninku jako autoterapii. Certifikovaný fyzioterapeut náhodně kontroloval správnost provedení cviků dle DNS. Kajakáři experimentální skupiny docházeli každý týden na individuální DNS cvičení, kde probíhala kontrola správnosti provedení cviků a případná korekce. Kontrolní skupina se oproti experimentální skupině věnovala pouze standardnímu kajakářskému tréninku, který probíhal v identické frekvenci, intenzitě a délce u obou skupin.

Tab. 1 Charakteristika cílového souboru

	Soubor všech probandů (N = 20)	Experimentální skupina (N = 10)	Kontrolní skupina (N = 10)	p
Věk (roky)	20,55±4,06	20,70±2,58	20,4±5,30	0,874
Výška (cm)	179,95±11,31	179,9±11,12	180,00±12,10	0,985
Váha (kg)	77,03±15,38	75,20±12,80	88,86±18,10	0,608
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,55±2,32	23,06±1,75	24,04±2,79	0,361
Max výkon (W/kg)	5,59±1,11	5,75±1,18	5,43±1,07	0,526
DASH skóre (%)	15,44±8,91	13,90±7,40	16,99±10,37	0,453

Vzhledem ke kineziologickému vyšetření byly u experimentální skupiny zvoleny následující vývojové polohy pro nácvik trupové stabilizace: tříměsíční poloha na zádech (obr. 1), pozice sedu (obr. 2), pozice na čtyřech (obr. 3), pozice vysokého dřepu (obr. 4) a pozice medvěda (obr. 5).

Po uplynutí šestitýdenní intervence bylo provedeno kontrolní měření, které pomocí subjektivního dotazníku DASH hodnotilo bolest a míru omezení horní končetiny a pomocí dvacetisekundového testu na kajakářském trenažéru analyzovalo maximální výkon.



**Obr. 1** Tříměsíční poloha na zádech. Při kaudálně postaveném hrudníku a napřimé páteři cvičící směřuje svůj nádech co nehlouběji do oblasti břicha a pánve. Ruce v oblasti třísel kontrolují expanzi břišní stěny. Po zvládnutí základního cvičení zvedá jedinec končetiny z opory tak, aby zachoval výše zmíněné zásady.



**Obr. 2** Pozice vzpřímeného sedu. Při neutrálně postaveném hrudníku a pánvi, napřimé páteři a neutrální pozici lopatek je hrudník stahován kaudálně a jedinec se dále zaměřuje na latero-laterální rozvoj kaudálních žebér při dýchání. Dále jedinec provede mírný náklon vzad, kde setrvá několik sekund. Tonus břišní stěny se symetricky rozkládá do všech stran a napětí zůstává i při výdechu.



**Obr. 3** Poloha na čtyřech. V základním postavení drží jedinec napřimou celou páteř tak, že pánev je postavená neutrálně, hlava v prodloužení a zaměřuje se na nácvik bráničního dýchání. Následně jedinec uvolňuje jednu končetinu z opory, aniž by vychýlil těžiště těla. Tímto způsobem postupně vystřídá všechny čtyři končetiny.



**Obr. 4** Vysoký dřep. Z výchozího postavení ve stoji jde jedinec do vysokého dřepu tak, aniž by jeho ramena a kolena překročila vertikální linii vycházející z pomyslného bodu uprostřed přednoží. Pohyb probíhá současně v kyčli, kolenu i kotníku, a je prováděn plynule. Po dobu cvičení je nutné mít napřimou celou páteř a neutrálně postavenou pánev. Cílem cvičení je dosáhnout co nejnižší pozice, která odpovídá optimálnímu postavení tělesných segmentů.



**Obr. 5** Pozice medvěda. V poloze medvěda drží jedinec napřimou páteř a koriguje postavení dolních končetin. Při zvládnutí základní pozice uvolňuje proband kontralaterálně nohu a ruku z opory za současného tlačení druhostranných končetin do podložky, aniž by se vychýlilo těžiště těla.

## STATISTICKÁ ANALÝZA DAT

Statistickou významnost jsme určovali pomocí nepárového T-testu. Před provedením samotného testu jsme zjistili, že šikmost a špičatost odpovídají podmínkám, které nás opravňují použít parametrický test. Statistická hladina významnosti byla stanovena na  $p < 0,05$ . Effect size byl počítán pomocí Cohena  $d$ , kdy 0,2 – 0,5 označuje malý efekt, 0,5 – 0,8 střední efekt, 0,8 a vyšší označuje velký efekt dle Cohena  $d$  (3).

## VÝSLEDKY

Na začátku šestitýdenního období měli probandi experimentální skupiny průměrný maximální výkon 5,75 (SD  $\pm$  1,18) W/kg, členové kontrolní skupiny měli průměrný maximální výkon 5,43 (SD  $\pm$  1,07) W/kg. Subjektivně hodnocené omezení horní končetiny bylo měřeno pomocí dotazníku DASH. U experimentální skupiny odpovídalo 13,90 (SD  $\pm$  7,40) %, a u kontrolní skupiny bylo na začátku studie 16,99 (SD  $\pm$  10,37) %. Mezi kontrolní a experimentální skupinou nebyl na začátku studie statisticky významný rozdíl (tab. 1).

Po skončení intervence se maximální výkon na kajakářském trenažeru u experimentální skupiny zvýšil na 6,51 (SD  $\pm$  1,17) W/kg, což je zlepšení o 13,17 %. Tento výsledek odpovídá velkému efektu ( $d = 0,88$ ). V porovnání s kontrolní skupinou tato změna není signifikantní ( $p = 0,065$ ). U kontrolní skupiny se maximální výkon zvýšil pouze o 1,06 % na 5,48 (SD  $\pm$  1,17) W/kg, což značí malý efekt ( $d = 0,04$ ).

Omezení horní končetiny se po skončení intervence u experimentální skupiny snížilo na 7,87 % (SD  $\pm$  4,04), což představuje zlepšení o 43,38 %. Tato změna v čase je statisticky vý-

znamná ( $p = 0,036$ ). U kontrolní skupiny se po 6 týdnech omezení horní končetiny snížilo o 8,23 % na 15,59 % (SD  $\pm$  10,11). Změna v čase u kontrolní skupiny není signifikantní ( $p = 0,764$ ). Před začátkem intervence nebyl statisticky významný rozdíl v omezení horní končetiny mezi experimentální a kontrolní skupinou ( $p = 0,453$ ). Po skončení intervence byl rozdíl mezi skupinami statisticky významný ( $p = 0,038$ ) ve prospěch skupiny experimentální.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

## DISKUSE

Předkládaná studie zkoumala vliv tréninku trupové stabilizace na maximální výkon rychlostních kajakářů, na bolest a omezení horní končetiny při provádění běžných aktivit. Před začátkem intervence byla během funkčního vyšetření pohybového systému u sportovců často zjištěna mírná insuficience stabilizačního systému páteře, porucha skapulo-humerálního rytmu ramenního kloubu a přetížený úpon dlouhé hlavy m. biceps brachii a pars anterior m. deltoideus. Výskyt bolestivých syndromů na ramenním pletenci korespondoval se subjektivním hodnocením pomocí dotazníku DASH. Největší obtíže měli kajakáři při aktivitách situovaných nad úroveň hlavy: při umístění předmětu na policičku nad hlavou, při výměně žárovky umístěné nad hlavou, nebo při navlékání svetru přes hlavu. Kajakáři dále v dotazníku uvedli, že cítili mírné bolesti ramene a paže v průběhu předchozího týdne.

Po ukončení šestitýdenní intervence jsme zjistili významné zvýšení maximálního výkonu (síly) u experimentální skupiny, a to o 13,17 % ( $d = 0,88$ ). U kontrolní skupiny bylo na konci šestitýdenního

**Tab. 2** Průměr a statistický rozdíl maximálního výkonu na kajakářském ergometru v čase.

	Maximální výkon na trenažeru [W/kg]		V čase	Effect size
	0 týdnů	6 týdnů	p	d
Experimentální skupina (N = 10)	5,75 $\pm$ 1,18	6,51 $\pm$ 1,17	0,168	0,88
Kontrolní skupina (N = 10)	5,43 $\pm$ 1,07	5,48 $\pm$ 1,17	0,909	0,04
Rozdíl mezi skupinami (p)	0,982	0,065		

**Tab. 3** Průměr a statistický rozdíl dotazníku DASH v čase.

	Skóre dotazníku DASH		V čase	Effect size
	0 týdnů	6 týdnů	p	d
Experimentální skupina (N = 10)	13,90 $\pm$ 7,40	7,87 $\pm$ 4,04	0,036	1,00
Kontrolní skupina (N = 10)	16,99 $\pm$ 10,37	15,99 $\pm$ 10,11	0,764	0,14
Rozdíl mezi skupinami (p)	0,453	0,038		



sledovaného intervalu zjištěno pouze nevýznamné zvýšení maximálního výkonu, a to o 1,06 %, ( $d = 0,04$ ). Experimentální skupina probandů, kteří integrovali do tréninku stabilizační cvičení dle konceptu DNS, dosáhla tedy oproti kontrolní skupině většího zvýšení svalové síly, i když rozdíl mezi skupinami na konci sledovaného šesti-týdenního období nebyl statisticky významný ( $p = 0,065$ ). Je možné, že sledované období šesti týdnů nebylo dostatečně dlouhé k tomu, aby bylo dosaženo signifikantního rozdílu mezi skupinami. Jiné studie, zaměřené na zjištění vlivu tréninku trupové stabilizace na sportovní výkon, probíhaly po dobu sedmi až deseti týdnů (21, 23). Lze předpokládat, že prodloužením celkové doby intervence v této studii by se mohlo projevit statisticky významným nárůstem maximálního výkonu ve skupině experimentální oproti skupině kontrolní. Stejně tak větší počet probandů zařazených do studie by mohl meziskupinový rozdíl lépe identifikovat.

Studie současně zkoumala vliv tréninku trupové stabilizace dle konceptu DNS na bolesti a míru omezení aktivit horní končetiny prostřednictvím subjektivního dotazníku DASH. Omezení horní končetiny při provádění činností se v průběhu 6 týdnů u experimentální skupiny signifikantně snížilo, a to o 43,38 % ( $p = 0,036$ ;  $d = 1,00$ ). Omezení aktivit horní končetiny u kontrolní skupiny bylo na konci studie sníženo jen nevýznamně, a to o 5,89 % ( $p = 0,764$ ;  $d = 0,14$ ). Pokud porovnáme výsledky DASH mezi skupinami, na konci studie dosáhla experimentální skupina signifikantně lepších výsledků oproti skupině kontrolní ( $p = 0,038$ ).

Výsledky předkládané studie potvrzují, že integrace cvičení zaměřeného na nácvik trupové stabilizace do kajakářského tréninku zvyšuje maximální výkon, resp. sílu záběru na kajakářském trenažéru, což může mít pozitivní vliv na sportovní výkonost rychlostních kajakářů, tedy rychlost jízdy na vodě. Z praktického hlediska je ale nutné zvážit i další faktory, které sportovní výkon ovlivňují. V rychlostní kanoistice je sportovní výkon závislý též na technice pádlování, anaerobní a aerobní kapacitě i na sportovním vybavením (9).

DNS není primárně posilovací technika, jedná se o rehabilitační koncept zaměřující se na aktivaci stabilizačního systému trupu, na nácvik správných pohybových vzorů, vycházejících z vývojové kineziologie, na nácvik opory a centrovaného postavení v kloubu. Z hlediska sportovní přípravy rychlostních kajakářů představovalo DNS cvičení kompenzační složku tréninkové přípravy. Cílem bylo naučit kajakáře správnému provedení vybraných pohybových vzorů, které se pak automaticky integrují do pádlovacího stereotypu.

Probandi experimentální skupiny byli instruováni ke každodennímu cvičení trupové stabilizace po dobu 30 minut. Vzhledem k pozitivnímu, ale oproti kontrolní skupině nesignifikantnímu vlivu DNS intervence na maximální výkon měřený na kajakářském trenažéru, lze doporučit prodloužení stabilizační autoterapie na 60 minut, což je časová dotace, která byla využita v rámci některých jiných studií, zabývajících se vlivem tréninku trupové stabilizace na sportovní výkon (5, 21).

Někteří autoři se při nácviku trupové stabilizace zaměřují pouze na sílu břišních svalů a posilují břišní svaly izolovaně. Do cvičení přidávají izometrické cvičení ve vzporu, které má zlepšit stabilizační funkci páteře (8, 21). Vzhledem k tomu, že na stabilizaci páteře se podílí souhra všech trupových svalů, nikoliv jen svaly břišní (29), jsme v naší studii pro cvičení zvolili pozice z vývojové kineziologie, které aktivují integrovaný stabilizační systém páteře komplexně a současně se zaměřují na funkční kloubní centraci a nácvik opory (6). Vzhledem k tomu, že na kajaku se pádluje v sedě, byla zvolena vývojová pozice sedu a tříměsíční poloha na zádech pro nácvik trupového napřimení a fyziologického dechového stereotypu. Optimální postavení pánve během sedu významně změní nastavení všech tělesných segmentů zejména páteře a rovnoměrně zatěžuje jednotlivé segmenty (28). Pozice vysokého dřepu a pozice medvěda byly využity pro progresi cvičení do náročnějších méně stabilních „vyšších“ poloh.

Během kajakářského záběru se aktivuje ipsilaterální posturálně-lokomoční model. Proto jsme při výběru cvičebních vývojových pozic zvolili přechod z polohy na čtyřech do polohy šikmého sedu a zpět, kdy stejnostranné opěrné končetiny pracují v uzavřeném kinematickém řetězci a opačné náročné končetiny pracují v otevřeném kinematickém řetězci stejně jako při jízdě na kajaku. Nezbytnou součástí správného provedení zvolených cviků bylo napřimení celé páteře, které bylo nutné často během cvičení korigovat. Pouze napřimená páteř umožní její rotaci, která je nezbytná pro kajakářský pohyb. Z počátku se u některých probandů při cvičení pánve dostávala do antevertzního postavení a hlava do reklinace. Postupnými korekcemi se kajakáři naučili vnímat správné postavení pánve a hlavy a udržet tak páteř napřimenou v průběhu celého cvičení.

Probandi experimentální skupiny svědomitě přistupovali ke cvičení, které náhodně kontroloval certifikovaný fyzioterapeut. Během šestitýdenní doby intervence nezjistil u členů experimentální skupiny více než dvě absence na jednoho probanda. Na to měl vliv i fakt, že u kajakářů experi-

mentální skupiny významně převládaly pozitivní ohlasy na cvičení dle konceptu DNS, probandí cvičení hodnotili jako vhodný doplněk rutinního kajakářského tréninku.

Výsledky studie též potvrdily významný vliv DNS intervence na bolesti a omezení horní končetiny při provádění činností hodnocených dotazníkem DASH. Snížené obtíže u experimentální skupiny byly zjištěny při umístění předmětu do poličky nad hlavou, při výměně žárovky umístěné nad hlavou, nebo při navlékání svetru přes hlavu. Došlo také ke snížení bolesti v oblasti horní končetiny. Tyto faktory mají důležitou souvislost s pohyby kajakáře. Během kajakářského záběru se svrchní horní končetina, která tlačí pádlo vpřed, nachází ve flexi a vnitřní rotaci v ramenním kloubu. Menší omezení pohybu a snížení bolesti horní končetiny při provádění aktivit nad úrovní hlavy se pozitivně odrazí na průběhu kajakářského pohybu a může mít i pozitivní vliv na sportovní výkon.

Podobných výsledků ve své studii dosáhl i Senbursa (28), který se u pacientů s impingement syndromem ramenního kloubu zaměřil v rámci autoterapie na koordinaci stabilizačních svalů ramenního pletence. Každodenní patnáctiminutové cvičení, využívající odpor therabandu, se zaměřovalo na posílení svalů rotátorové manžety, mm. rhomboidei a m. levator scapulae. Po čtyřech týdnech cvičení došlo k významnému snížení bolestí ramenního kloubu o 54,54 % ( $p = 0,01$ ). Stejně jako autoři této studie, Senbursa v edukaci probandů kladl důraz hlavně na správné provedení cviků a ne jen na počet opakování a délku cvičení. Na rozdíl od naší studie se ale Senbursa zaměřil pouze na posílení svalů ramenního pletence bez dalšího důrazu na kvalitu trupové stabilizace. Pozitivní vliv konceptu DNS na kvalitu trupové stabilizace, bolest pohybového aparátu a sportovní výkon byly již v minulosti potvrzeny v jiných studiích (4, 15, 16). Lze předpokládat, že integrace cviků zaměřených na stabilizaci trupu, funkční kloubní centrality a korekci dechového stereotypu by se mohla pozitivně uplatnit i v dalších sportovních odvětvích, a to jak za účelem zlepšení sportovního výkonu, tak v terapii a prevenci bolestí pohybového aparátu a sportovních úrazů.

Na závěr je nutno zmínit limity studie, což je relativně malý výzkumný soubor a krátké časové období, po které intervence probíhala. Výsledky mohl ovlivnit i fakt, že probandí cvičili DNS jako autoterapii, tedy že každé cvičení neprobí-

halo za asistence erudovaného odborníka, což mohlo ovlivnit jak frekvenci, tak kvalitu cvičení. Nácvik optimální trupové stabilizace má vliv pouze na některé faktory determinující sportovní výkon. Z pohledu aplikace principů vývojové kineziologie do sportovního tréninku by v dalších studiích bylo vhodné zaměřit se např. i na techniku pádlování (důraz na koordinaci a cyklické střídání aktivace horní končetiny v otevřeném a uzavřeném kinematickém řetězci), včetně centrality periferních kloubů HK a provedení úchopu, na nácvik tělesného schématu se zaměřením na oblast ramenního pletence, či na schopnost adaptace na rutinní trénink rychlostních kajakářů.

### ZÁVĚR

Integrace šestitýdenního stabilizačního DNS cvičení do sportovního tréninku rychlostních kajakářů měla pozitivní vliv na maximální výkon na pádlovacím trenažéru a na eliminaci bolesti a omezení horní končetiny. K potvrzení výsledků této pilotní studie je nutné provést randomizovanou, multicentrickou studii s větším počtem probandů.

### LITERATURA

1. **BRAHAM, D., STEP KOVITCH, N.:** The hawkesbury canoe classic: musculoskeletal injury surveillance and risk factors associated with marathon paddling. *Wilderness and Environmental Medicine*, 23, 2012, 2, s. 133-139.
2. **BELL, S., BORODY, C.:** Symptomatic os trigonum in national level javelin thrower: a case report. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 62, 2018, 3, s. 202-210.
3. **COHEN, J.:** Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988. ISBN 08-058-0283-5.
4. **DAVIDEK, P., ANDEL, R., KOBESOVA, A.:** Influence of dynamic neuromuscular stabilization approach on maximum kayak paddling force. *Journal of Human Kinetics*, 61, 2018, 1, s. 15-27. DOI: 10.1515/hukin-2017-0127. ISSN 1899-7562. Dostupné také z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/61/1/article-p15.xml>
5. **FERNANDEZ-FERNANDEZ, J., ELLENBECKER, T., SANZ-RIVAS, D., ULBRICHT, A., FERRAUTIA A.:** Effects of a 6-week junior tennis conditioning program on service velocity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 2013, 2, s. 231-239.
6. **FRANK, C., KOBESOVA, A., KOLAR, P.:** Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8, 2013, 1, s. 62-73.

- 7. HAGEMANN, G., RIJKE, A. M., MARS, M.:** Shoulder pathoanatomy in marathon kayakers. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 2004, s. 413-417.
- 8. HASS, CH., FEIGENBAUM, M., FRANKLIN, B.:** Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31, 2001, 14, s. 953-964. DOI: 10.2165/00007256-200131140-00001. ISSN 0112-1642. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200131140-00001>.
- 9. HELLER, J., VODIČKA, P.:** Vývoj aerobní a anaerobní kapacity horních končetin u rychlostních kanoistů: aspekty věku a pohlaví. *Česká kinantropologie*, 16, 2012, 3, s. 239-252.
- 10. HENSEL, P., PERRONI, M. G., LEAL, E. C. P. JUNIOR:** Lesões musculoesqueléticas na temporada de 2006 em atletas da seleção brasileira feminina principal de canoagem velocidade. *Acta Ortopédica Brasileira*, 16, 2008, 4, s. 233-237. DOI: 10.1590/S1413-78522008000400009. ISSN 1413-7852.
- 11. INSTITUTE FOR WORK & HEALTH. CZECH DASH. DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND [ONLINE]. TORONTO:** Institute for Work & Health, 2006 [cit. 2019-05-23]. Dostupné také z: [http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/DASH\\_Czech.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/DASH_Czech.pdf).
- 12. JOHANSSON, A., SVANTESSON, U., TANNERSTEDT, J., ALRICSSON, M.:** Prevalence of shoulder pain in Swedish flat-water kayakers and its relation to range of motion and scapula stability of the shoulder joint. *Journal of Sports Science*, 34, 2015, 10, s. 951-958. DOI: 10.1080/02640414.2015.1080852. ISSN 0264-0414. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1080852>
- 13. KAMEYAMA, O., SHIBANO, K., KAWAKITA, H., OGAWA, R., KUMAMOTO, M.:** Medical check of competitive canoeists. *Journal of Orthopaedic science*, 4, 1999, 4, s. 243-249.
- 14. KIBLER, W. B., PRESS, J., SCIASCIA, A.:** The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36, 2006, 3, s. 189-198.
- 15. KOBESOVA, A., ANDEL, R., CIZKOVA, K., KOLAR, P., KRIZ, J.:** Can exercise targeting mid-thoracic spine segmental movement reduce back pain and improve sensory perception in cross-country skiers?. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2019, 1. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000699. ISSN 1050-642X. Dostupné také z: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00042752-900000000-99097>.
- 16. KOBESOVA, A., DZVONIK, J., KOLAR, P., SARDINA, A., ANDEL, R.:** Effects of shoulder girdle dynamic stabilization exercise on hand muscle strength. *Isokinetics and Exercise Science*, 23, 2015, 1, s. 21-32. DOI: 10.3233/IES-140560. ISSN 18785913.
- 17. KOBESOVA, A., SAFAROVA, M., KOLAR, P.:** Dynamic neuromuscular stabilization: Exercise in developmental positions to achieve spinal stability and functional joint centration. *Oxford Textbook of Musculoskeletal Medicine*. Oxford University Press, 2015, s. 678-689. DOI: 10.1093/med/9780199674107.003.0061. ISBN 9780199674107. Dostupné také z: <http://oxfordmedicine.com/view/10.1093/med/9780199674107.001.0001/med-9780199674107-chapter-61>
- 18. KOBESOVA, A., VALOUCHOVA, P., KOLAR, P.:** Dynamic neuromuscular stabilization: Exercises based on developmental kinesiology models. *Functional Training Handbook*. Philadelphia, Wolters & Kluwer, 2014, s. 25-51. ISBN 9781582559209.
- 19. KOLÁŘ, P.:** Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální Lékařství*, 13, 2006, 4, s. 155-170.
- 20. LEPHART, S. M., SMOLIGA, J. M., MYERS, J. B., SELL, T. C., TSAI, Y. S.:** An eight-week golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 2007, 3, s. 860-869. DOI: 10.1519/R-20606.1. ISSN 1064-8011.
- 21. MANCHADO, C., GARCÍA-RUIZ, J., CORTELL, J. M., TORMO, TORTOSA-MARTÍNEZ, J.:** Effect of core training on male handball players Throwing velocity. *Journal of Human Kinetics*, 56, 2017, 1, s. 177-185. DOI: 10.1515/hukin-2017-0035. ISSN 1899-7562. Dostupné také z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/56/1/article-p177.xml>
- 22. MUIR, B., KISSEL, J. A., YEDON, D.F.:** Intraosseous ganglion cyst of the humeral head in a competitive flat water paddler: case report. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 55, 2011, 4, s. 294-301.
- 23. PALMER, T., UHL, T.L., HOWELL, D., HEWETT, T. E., VIELE, K., MATTACOLA, C.G.:** Sport-specific training targeting the proximal Segments and Throwing Velocity in Collegiate Throwing Athletes. *Journal of Athletic Training*, 50, 2015, 6, 567-577. DOI: 10.4085/1062-6040-50.1.05. ISSN 1062-6050. Dostupné také z: <http://natajournals.org/doi/10.4085/1062-6040-50.1.05>
- 24. PEDERSEN, S. J. L., MAGNUSSEN, R., KUFFEL, E., SEILER, S.:** Sling Exercise Training improves balance, kicking velocity and torso stabilization strength in elite soccer players. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 38, 2006, 5, s. 243.
- 25. PELHAM, T. W., HOLT, L. E., STALKER, R. E.:** The etiology of paddler's shoulder. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 27, 1995, 2, s. 43-47.
- 26. RINTALA, M., ULM, R., JEZKOVA, M., KOBESOVA, A.:** Czech Get-up. *NSCA Coach*. 2016, 3(2), 8-30. ISSN 2376-0982.
- 27. SEILER, S., SKAANES, P. KIRKESOLA, G.:** Effects of sling exercise training on maximal clubhead velocity in junior golfers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 2006, 2, s. 286-292.
- 28. SENBURSA, G., BALTACI, G., ATAY, A.:** Comparison of conservative treatment with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome: a prospective, randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2007, 15(7), 915-921. DOI: 10.1007/s00167-007-0288-x. ISSN 0942-2056. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-007-0288-x>
- 29. SHARROCK, C., CROPPER, J., MOSTAD, J., JOHNSON, M., MALONE, T.:** A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship?. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6, 2011, 2, s. 63-74.

## PŮVODNÍ PRÁCE

**30. SILFIES, S. P., EBAUGH, D., PONTILLO, M., BUTOWICZ, C. M.:** Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *The Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19, 2015, 5, s. 360-368.

**31. O'SULLIVAN, P. B., DANKAERTS, W., BURNETT, A. F., FARRELL, G. T., JEFFORD, E., NAYLOR, C. S., O'SULLIVAN, K. J.:** Effect of different upright sitting postures on spinal-Pelvic Curvature and Trunk Muscle Activation in a Pain-Free Population. *Spine*, 31, 2006, 19, s. 707-712. DOI: 10.1097/01.brs.0000234735.98075.50. ISSN 0362-2436. Dostupné také z: <https://insights.ovid.com/cross-ref?an=00007632-200609010-00024>

**32. TOIT, P., SOLE, G., NOAKES, T. N.:** Incidence and causes of tenosynovitis of the wrist extensors in long distance paddle canoeists. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 1999, 2, s. 105-109.

*Adresa ke korespondenci:*

**Mgr. Pavel Davídek**

Vědecké oddělení FTVS UK

José Martího 269/31

162 52 Praha 6

e-mail: padavidek@gmail.com

# Využitie konceptu Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému po operácii hernie medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici

Miľanová J.<sup>1</sup>, Žiaková E.<sup>2</sup>, Hornáček K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Špecializovaný liečebný ústav Marína š. p., Kováčová

<sup>2</sup>Katedra fyzioterapie, Inštitút fyzioterapie, balneológie a liečebnej rehabilitácie, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave

<sup>3</sup>Katedra fyziatrie balneológie a liečebnej rehabilitácie, Lekárska fakulta, Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave

## SŮHRN

Fyzioterapeutická intervencia pacientov po operačnom riešení hernie medzistavcových platničiek sa zameriava na zlepšenie funkčného stavu pohybového aparátu s využitím rôznych klasických i moderných metodík kinezioterapie a fyzikálnej liečby.

Cieľom príspevku je popísať terapeutický koncept Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému (AZH) - prenatalne, postnatálne terapeutické polohy a jeho využitie u pacientov po operácii medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici. V prípadovej štúdii sa dokumentuje pozitívny vplyv konceptu AZH na funkčný stav pohybového aparátu u 38-ročnej pacientky po operácii medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici počas trvania kúpeľnej liečby.

Na objektivizáciu vybranej metódy kinezioterapie sa použili funkčné skúšky pohyblivosti chrbtice, vyše-

trenie funkcie hlbokého stabilizačného systému (HSS) pomocou tonometru, vyšetrenie somatognózie, vyšetrenie symetrie zaťažovania dolných končatín (DKK) na dvoch váhach. Zmeny v držaní tela sa objektivizovali diagnostickým softwarom Body Analyzer. Pri zhodnotení výsledkov práce sa zaznamenalo zlepšenie funkcie HSS a posturálnej stability vo vertikále, zlepšenie symetrie zaťažovania DKK, skvalitnenie vnímania vlastného tela a zlepšenie pohyblivosti chrbtice. Metóda AZH je prínosná pre kinezioterapiu pacientov po operácii medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému (AZH), hernia medzistavcovej platničky, fyzioterapia

## SUMMARY

**Miľanová J., Žiaková E., Hornáček K.: Application of the Concept of Auto-Reflex Connection of Deep Stabilization System after Surgery on Hernia of Intervertebral Disc in Lumbar Spine Treatment of Multiple Sclerosis from the Point of View of Rehabilitation**

Physiotherapeutic intervention in patients after surgery on hernia of intervertebral discs is oriented to improvement of functional state of locomotor apparatus by using various classical and modern methods of kinesiotherapy and physical treatment. The aim of the article is to describe the therapeutic concept of Autoreflex (auto-reflex) connection (AZH) – prenatal, postnatal therapeutic positions and its application in patients after surgery on intervertebral discs in the lumbar spine. In the casuistic study the authors documented a positive influence of AZS on functional state of locomotor apparatus in a 38 years old female patient after surgery on intervertebral disc in the lumbar spine during spa therapy.

Objectification of the selected method of kinesiotherapy was made by functional test of mobility of the spine, examination of function of the deep stabilization system (HSS), by a tonometer, examination of somatognosia, examination of symmetry of loading lower extremities (DKK) on two weighing machines. Changes of body holding (place upright) was objectified by a diagnostic software Body Analyzer. In evaluating of results of the work the authors documented improvement of the HSS function and postural stability in vertical direction, improved symmetry of the loading of lower extremities, improved quality of subjective perception of the patient's own body and improved spine mobility. The AZH method is contributive for kinesiotherapy of patients after surgery on intervertebral discs in lumbar spine.

## KEYWORDS

auto-reflex connection of the deep stabilization system, intervertebral disc hernia, physiotherapy

Rehabil. fyz. Léč., 26, 2019, č. 4, s. 157-165

### ÚVOD

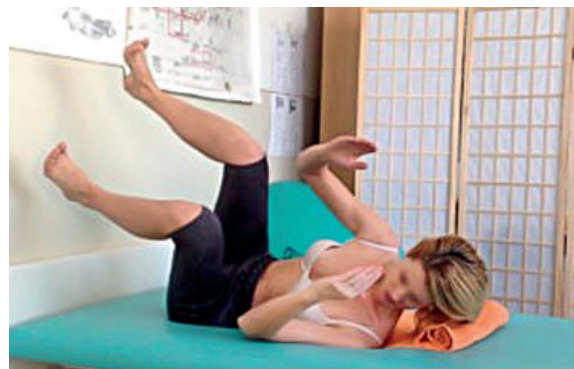
V posledných rokoch sa v rehabilitácii zaznamenáva rozvoj nových metód a konceptov určených k posilneniu funkcie svalov hlbokého stabilizačného systému (HSS), ktoré majú zefektívniť liečbu. Cieľom týchto terapeutických postupov je dosiahnuť najlepšiu koaktiváciu požadovaných svalov, ktoré zaisťujú funkčnú stabilitu medzi jednotlivými segmentami tela.

Koncept AZH prenatálne, postnatálne terapeutické polohy tvorí prepojenie medzi reflexnou lokomóciou a metodikami kinezioterapie realizovanými na vedomej kortikálnej úrovni riadenia pohybu pacienta. Je to dlhoročné dielo fyzioterapeutky Ľubice Košinovej a kolektívu, ktoré vznikalo na základe empirických skúseností pri rehabilitácii pacientov v špecializovanom liečebnom ústave Marína v Kováčovej na Slovensku. Koncept je súhrn poznatkov získaných odbornými školeniami a dlhoročnou praxou fyzioterapeutov (13). Vypracovaný koncept aktivácie v prenatálnych a postnatálnych polohách využíva zákonitosti prenatálneho a postnatálneho vývoja plodu - od narodenia po bipedálnu lokomóciu. Autorky konceptu poukazujú na to, že prenatálne obdobie nepredstavuje pre dieťa len obdobie rastu, ale aj čas učenia a adaptácie. Dieťa už v maternici cvičí adaptívne mechanizmy, a tým sa vyvíjajú nové geneticky dané motorické vzorce. Mozog má schopnosť uchovať si ich v pamäťových dráhach ako pamäťové obrazy. Pri poruche, ktorá sa prejaví aktuálnym pohybovým deficitom, je možné aktivovať „zapamätaný“ jednotlivý pohybový vzorec z prenatálneho či postnatálneho obdobia, ak je tento zachovaný. Pacient pod vedením zaškoleného fyzioterapeuta zaujme určitú terapeutickú polohu pri uvedomelej izometrickej aktivite kostrového svalstva po určité časové obdobie. Aktivácia v týchto polohách vysielala podnety do mozgu, pričom pacient aktivuje príslušný motorický vzorec z daného obdobia a pri jeho opakovaní je predpoklad aktivácie porušenej motoriky. Pri koncepte AZH je možnosť aktívnej opory akrálnych častí tela, a tým cvičenie v zatvorených svalových reťazcoch. Výhodou konceptu je automatické zapojenie HSS pri cvičení, pričom je potrebná minimálna fyzická záťaž fyzioterapeuta, ale dôležitá je aktívna spolupráca pacienta pri nastavení a udržaní polohy. Pacient je schopný po odbornom zaškolení tieto cviky vykonávať aj sám bez pomoci druhej osoby v domácom prostredí, pričom sa kladie dôraz na správne vykonávanie pohybu v presnej polohe a v potrebnej časovej sumácii. V AZH koncepte je vytvorených už 22 prenatálnych a 47 postnatálnych terapeutických polôh. Ide o ucelený koncept, ktorý sa naďalej rozvíja, pričom hlavná autorka konceptu p. Košinová

stále nachádza nové modifikácie polôh a možnosti ich uplatnenia (8, 15).

Prenatálne polohy sú zaradené do skupín:

- Polohy „S” – vytvorené z propulzie (S, S+, S1)
- Poloha „A” – začiatok rotácie plodu.
- Polohy „B” – priebeh rotácie plodu (B1, B2 – začiatok pozdĺžneho špirálového obratu, B3 – pozdĺžny špirálový obrat).
- Polohy „C” – vzory plávania (C, C1, C2, C3, C1+, C3+).
- Polohy „D” – vzory plávania (D, D1, D2, D2+, D3) (obr. 1).



**Obr. 1** Terapeutická poloha [http://www.marinakovacova.sk/wp-content/uploads/2017/05/azh\\_kniha\\_05.jpg-300x192.jpg](http://www.marinakovacova.sk/wp-content/uploads/2017/05/azh_kniha_05.jpg-300x192.jpg).

Pri vytváraní postnatálnych terapeutických polôh autorky vychádzali z motorickej ontogenézy zdravého dieťaťa do jedného roka. Jednotlivé polohy sú zaradené do skupín podľa vývojového mesiaca (13, 15).

Terapia metódou AZH má priaznivý vplyv na stabilizačnú funkciu svalov, pričom aktivuje HSS cez nastavené polohy s vôľovou činnosťou pacienta a izometrickým napätím aktívnym tlakom oporných bodov na končatinách proti odporu podložky. Tento koncept je vhodné využiť u pacientov s rôznymi diagnózami, kde je potrebné zlepšenie funkcie HSS s následným navodením fyziologickej respirácie a aktívneho pohybu v širokom vekovom spektre (15, 13).

Účinnosť terapie je závislá najmä od typu základného ochorenia. U pacientov sa zlepšuje vnímanie vlastného tela, koordinácia, postoj, chôdza, znižuje sa bolesť a u pacientov so spasticitou pozitívne vplyva na jej zníženie. Využitie nachádza v liečbe poúrazových stavov s následnou paraparézou, paraplégiou, quadruparézou, u pacientov s neurologickými diagnózami napr. po cievnej mozgovej príhode, detskej mozgovej obrne, u poškodení periférnych nervov, u rôznych degeneratívnych ochorení mozgu a miechy. Efektívny je u pooperačných stavov chrbtice, po operáciách skolióz, po ope-

račných náhradách kĺbov (bedrového, kolenného a ramenného kĺbu), u vertebrogénnych algických syndrómoch atď. Tento koncept nachádza využitie aj u tých problematických pacientov, u ktorých iné metodiky neboli účinné. Medzi kontraindikácie patrí mentálna retardácia a stavy znemožňujúce spoluprácu (13, 14, 15).

### Motorika u prenatalného dieťaťa

Každý úsek života je následkom predchádzajúceho a súčasne prípravou na ďalší úsek. Preto môžeme povedať, že to čo nie je uložené prenatalne, nemôže sa prejavíť postnatálne (5, 15). Dieťa sa rodí s prenatalnou pohybovou skúsenosťou. Pohybová skúsenosť pred a po narodení sa odlišuje rozdielnymi podmienkami, s ktorými sa dieťa musí vyrovnávať. Embryo sa v plodovej vode vznáša, gravitácia je takmer vylúčená, a preto v popredí nestojí istota držania tela, ale pohyb (16, 15).

### Motorika plodu v prvom trimestri

Spermia nesie prvý genetický kód. Hlavička obsahuje jadro, v ktorom je 23 chromozómov. Pohybom spermie je propulzia, a to 3 mm/min. Propulzia je typická pre pohyb plazov, ale ostáva zachovaná u cicavcov aj u človeka (4, 15).

Za začiatok spontánnej pohyblivosti je obvykle považovaný 6. gestačný týždeň. Ide o prvé chaotické a pomalé pohyby malej amplitúdy, označené ako primárna nesofistikovaná pohybová aktivita. Centrálny, periférny a efektorový systém sú ale rozpojené. V 7. týždni sú už vytvorené základné morfológické a funkčné predpoklady pre sofistikovaný a holokinetický pohyb, ale až v závere 7. týždňa a v 8. týždni sa dajú dokázať prvé prejavy ideokinetickej aktivity. Primárna holokinetická motorická aktivita je charakterizovaná pomalým pohybom končatín sprevádzaným súhybom trupu. Pohyb je spontánny, má tendenciu ku generalizácii a je stereotypný. Pri stimulácii hornej pery zárodok odvracia tvár od podnetu, extenduje obe horné končatiny a rotuje panvu na opačnú stranu, než je prichádzajúci podnet (2, 3, 15).

V 8. týždni je typický nástup primárnej ideokinetickej pohybovej aktivity. Motorická aktivita embrya začína krátkym záškľbom (jerk) a pokračuje pomalými rotačnými pohybmi trupu (auricular motion), sprevádzanými flexiou a extenziou trupu a „sunutím“ končatín. Flexia je obvykle sprevádzaná retrakciou lopatiek a zvýšením svalového napätia. Zárodok sa preťahuje a napriamuje. Pre riadenie motoriky na spinálnej úrovni je 8. týždeň prelomový, morfológicky sa uzaviera miechový reflexný oblúk a stáva sa funkčný. Napríklad stimuláciou dlane je možné vyvolať flekčný pohyb prstov. V 9. týždni sú charakteristické pohybové prejavy, ktoré je možné považovať za typicky ľud-

ské. Flekčné pohyby prstov (päšť) sú sprevádzané uvoľnením palca a jeho opozíciou (úchop). Flexia lakťových kĺbov je sprevádzaná pronáciou predlaktia (manipulácia). Pre dolné končatiny sú typické abdukčné pohyby spojené s extenziou celej končatiny – kopavé pohyby (2, 4, 15).

V 10. - 12. týždni je pohybový stereotyp nahradený presnejšími a cielenými pohybmi plodu. Na konci prvého trimestra je motorika plodu chápaná ako produkt segmentálnej a intersegmentálnej reflexnej aktivity miechy a niektorých kmeňových štruktúr. Formovanie funkčného miechového reflexného oblúka v 1. trimestri má zásadný význam pre vývoj motorických a senzitívnych aktivít v 2. a 3. trimestri, podmieňuje ich. V 1. trimestri sú pohyby častí tela akoby rozpojené. Zárodok a plod nemajú v tomto období presnejšie definovanú vonkajšiu a vnútornú opornú bázu (4, 15).

### Motorika plodu v druhom a treťom trimestri

Druhý trimester je v podstate vývojom pohybovej bázy – opory. Nejedná sa len o bázu chápanú ako zmeňujúci sa priestor v maternici, ale i o vývoj plne funkčnej vnútornej bázy pohybu (bránica, panvové dno, brušná stena atď). Holokinetické pohybové prejavy sú potláčané a sú nahradené ideokinetickými pohybmi. Medzi 12. a 18. týždňom významne rastie spontánna lokalizovaná motorická aktivita plodu. U 83 % plodov je možné pozorovať pohybovú preferenciu pravej hornej končatiny (4, 15). William Liley zistil, že plod sa premiestňuje z jedného konca maternice na druhý pomocou chodidiel a nôh. Výmena strán vyžaduje pozdĺžny špirálový obrat a v polovici cesty pretočenie chrbtice o 180 stupňov. Tento prenatalný baletný pohyb začína extenziou šije a rotáciou hlavy, potom rotujú ramená. Nakoniec použitím dlhých chrbtových svalov rotuje drieková chrbtica a nohy. To všetko bolo pozorované v 26. týždni. Uvedený pohyb poskytuje dieťaťu po dobu niekoľkých mesiacov dobrú príležitosť k aktivite a sebavyjadreniu. Výbornú koordináciu mozgu a tela len ťažko poprieť (1, 15). Posturálny program plodu a dieťaťa je v rozdielnej kvalite jeho nastavenia a vykonania, nie v rozdielnom morfológickom a funkčnom substráte posturálnych procesov. Tretí trimester je z morfofenetického hľadiska riadiacich motorických systémov treba chápať ako vývojové obdobie kontinuálne prechádzajúce do perinatálneho a postnatálneho života. Z pohybového hľadiska sa v 3. trimestri ďalej vyvíjajú pohybové programy (2, 4, 15).

### Postnatálny vývoj dieťaťa

Dieťa sa rodí s prenatalnou pohybovou skúsenosťou. Pohybová skúsenosť v prenatalnom a postna-

## PŮVODNÍ PRÁCE

tálnom období sa líši rozdielnymi podmienkami, s ktorými sa dieťa musí vyrovnávať. Po narodení pôsobí na dieťa gravitácia bez oporného obmedzenia maternicou. Vrodené pohybové programy poskytujú genetický nástroj, aby bol k dispozícii pohybový vzorec pre vyrovnanie sa s gravitáciou (15, 16).

Motorická ontogenéza sa zaoberá pohybovým vývojom dieťaťa do jedného roku, jedná sa tiež o vývojovú kineziológiu. Motorická ontogenéza do jedného roku končí chôdzou po dvoch dolných končatinách. Ontogenetický vývoj je geneticky determinovaný, prebieha automaticky a je pokračovaním intrauterinného vývoja (19).

Normálne sa dieťa rodí s dobre vybaveným a funkčným pohybovým systémom a s vrodenými pohybovými programami. Človek sa rodí centrálna a tiež morfológicky nezrelý a až v priebehu vývoja s dozrievaním CNS dozrieva tiež účelovo zameraná funkcia svalov (11). Zrelosť riadenia pohybu CNS je charakterizovaná jednotlivými vývojovými stupňami, každý nižší vývojový stupeň je obsiahnutý vo vyššom stupni (19).

Vývoj postúry, alebo držanie tela, je jedným z hlavných princípov motorickej ontogenézy. V prvej fáze vývoja motoriky dochádza k vývoju držania osového orgánu v lordoticko - kyfotickom zakrivení, nastavuje sa postavenie panvy a hrudníka. Umožňuje to súhra medzi bránicou, brušnými svalmi a svalmi panvového dna. Pri vývoji držania sa postupne uplatňujú svalové synergie, ktoré sú uložené v mozgu ako matrice. To znamená, že dieťa sa neučí dvíhať hlavičku, uchopiť hračku, otočiť sa, liezť po štyroch, ale svaly sa do držania tela zapájajú automaticky v závislosti na optickej orientácii a emočnej potrebe dieťaťa (11).

Prvý rok života dieťaťa sa delí na 4 trimenony. Tieto časové úseky do seba plynule prechádzajú. V každom trimenone vykazuje dieťa vývoj typický pre príslušný časový úsek, tento vývoj je základom pre vývoj v ďalšom trimenone. Každý trimenon vykazuje určité rysy vo vývoji vzpriamovania a pohybu vpred. Dieťa získava široké spektrum pamäťových obrazov. Svoje individuálne základné vzorce si zapisuje do pamäti častým opakovaním v prvom roku života a po celý život sa k nim vracia pri učení nových funkcií (16).

### CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce bolo zhodnotiť vplyv konceptu AZH u pacientky po operácii medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici počas trvania kúpeľnej liečby na: funkciu HSS, symetriu zaťažovania dolných končatín DKK, držanie tela v stoji, rozsahu pohyblivosti chrbtice, kvalitu vnímania vlastného tela.

### METÓDA

Prípadová štúdia popisuje pacientku vo veku 38 rokov (s hmotnosťou 78 kg, výškou 168 cm), so stanovenou diagnózou podľa MKCH M51.1 (poškodenie driekových a iných medzistavcových platničiek), ktorá bola od 12/2016 liečená prevažne obvodným lekárom pre herniu disku L5/S1. Dňa 10. 2. 2017 podstúpila operačnú liečbu objemnej hernie disku s extrakciou sekvetrov disku L5/S1 s útlakom koreňa S1 vľavo. Pacientke bola indikovaná kúpeľná liečba s dĺžkou pobytu 28 dní.

Subjektívne pacientka udávala bolesti krížov viac vľavo, s radiáciou cez gluteálne svalstvo až po ľavý kolenný kĺb, najmä keď po dlhšej statickej záťaži v stoji. Zmeny citlivosti, ani zníženie svalovej sily neudávala.

Pri objektívnom vyšetrení pacientka bola bez motorického deficitu, zvládala chôdzu bez adjuvátik, chôdza bola antalgická s miernym odľahčením LDK. Chýbala rotácia trupu a viazli súhyby HKK. Hlava bola vo výrazne predsunutom držaní. Vybaviteľnosť šlachovo-okosticových reflexov nebola znížená, povrchová aj hlboká citlivosť bola zachovaná, vyšetrenie napínacích manévrov bolo negatívne.

• Pomocou diagnostického softwaru Body Analyzer sa hodnotil fotografický záznam postúry v stoji. Body Analyzer je diagnostický software s možnosťou merania založenom na fotografickom zázname, ktorý je spracovaný do mriežky a umožní vyhodnotenie osí, vzdialeností, uhlov a plôch s následným číselným vyhodnotením. Výhodou je, že jednotlivé parametre merania si môže terapeut navoliť sám podľa potreby (9, 10). U pacientky sa hodnotil nekorigovaný stoj vo frontálnej rovine - dorzálna aj ventrálne a v sagitálnej rovine. Podľa odporúčania autora softvéru sa všetky merania robili za rovnakých podmienok a nastavení pomôcok. Na hodnotenie rozdielu vzdialeností sa zvolili vzdialenostné body uvedené v tabuľkách 7-10. Hodnotila sa ich vzájomná výška a vzdialenosť od centrálnej osi. Vstupné a výstupné meranie sa numericky vyhodnotili, porovnali a zaznamenali do tabuliek 7 - 10.

- Na vyšetrenie subjektívneho vnímania bolesti sa použila numerická škála bolesti podľa Melzacka v číselnej škále od 0 do 10, ktorú pacientka označila pri vstupnom aj výstupnom vyšetrení (11).
- Pri funkčnom vyšetrení chrbtice sa použili nasledujúce skúšky: Thomayerova skúška Schoberova skúška Stiborova skúška, skúška lateroflexie (6).
- Pre zistenie funkcie zapojenia HSS sa použili 3 špecifické testy, vychádzajúce z austrálskej školy, pomocou tonometru (17).

**Test č. 1:** Testovanie stabilizačnej funkcie m. transversus abdominis a m. obliquus abdominis



internus v ľahu na bruchu. Manžeta tonomeru sa umiestnila medzi podložku a brucho pacienta a nahustil sa tonomer na hodnotu 40 mmHg. Pacient aktivoval m. transversus abdominis a m. interni obliqui abdomini priblížením brušnej steny ku chrbtici bez súhybu chrbtice a panvy s výdržou 10 - 15 sekund. Tlak v manžete by mal klesnúť o 6 - 10 mmHg. Aktivita brušnej steny sa palpovala mediokaudálne od SIAS (17).

**Test č. 2:** Testovanie stabilizačnej funkcie m. transversus abdominis v ľahu na chrbte. Manžeta tonomeru sa umiestnila medzi podložku a driekovú chrbticu pacienta a nahustil sa tonomer na hodnotu 25 mmHg. Pacient aktivuje m. transversus abdominis priblížením brušnej steny ku chrbtici bez súhybu chrbtice a panvy s výdržou 10 - 15 sekund. Tlak by sa mal zvýšiť maximálne o 5 mmHg. Zníženie tlaku svedčí o aktivite m. iliopsoas, zvýšenie tlaku o 15 mmHg svedčí o aktivite globálnych stabilizátorov. Aktivitu brušnej steny sa palpovali mediokaudálne od SIAS (17).

**Test č. 3:** Testovanie stabilizačnej funkcie m. transversus abdominis v ľahu na chrbte v kombinácii s eleváciou dolnej končatiny. Manžeta tonomeru sa umiestnila medzi podložku a driekovú chrbticu pacienta a nahustil sa tonomer na hodnotu 25 mmHg. Pacient aktivuje m. transversus abdominis priblížením brušnej steny k chrbtici bez súhybu chrbtice a panvy a elevuje jednu DK s výdržou 10 - 15 sek. a potom druhou DK. Tlak by mal zotrvať na vychádzajúcej hodnote. Aktivitu brušnej steny sa palpovala mediokaudálne od SIAS (17).

- Pre vyšetrenie somatognózie sa vybrali 3 testy vyšetované v nekorigovanom sede so zatvorenými očami. V testovaní sa vyžadovalo od pacienta, aby určil akú má predstavu o vzdialenostiach na svojom tele a hodnotilo sa ako ďaleko sa táto predstava líši od skutočnosti. Pri zatvorených očiach pacient predpažil a dľaňami určil šírku ramien, panvy, hĺbku hrudníka, a to v horizontálnej aj vertikálnej rovine. Šírka ramien bola meraná medzi acromionmi (biacromionálny rozmer). Šírka panvy bola meraná v oblasti bokov (bitrochanterický rozmer). Pri hodnotení hĺbky hrudníka v tranzverzálnej rovine sa meral rozmer medzi sternom a processus spinosus Th5 stavca, tak, aby spojnica

bola horizontálne. Všetky rozmery ukázané pacientom boli zmerané pomocou centimetra. Pre porovnanie boli po ukončení testovania zmerané skutočné telesné rozmery pomocou pelvimetra (11).

#### Fyzioterapeutické postupy:

Na posilnenie funkcie HSS boli indikované individuálne cvičenia s použitím cvikov konceptu AZH prenatálne a postnatálne terapeutické polohy. Cvičenie bolo realizované každý pracovný deň, vybrané dni s frekvenciou 2x denne po 30 min. (celkovo 24x terapeutických jednotiek). Pri cvičení sa kládol dôraz na správne vykonávanie cvikov v presnej polohe. K zníženiu svalového napätia, uvoľneniu fascií a jazvy sa využili mäkké techniky (7x). Z elektroliečby boli indikované: IP prúdy (8x), magnetoterapia (5x), laser (6x). Z hydroterapie bol indikovaný perličkový kúpeľ (7x), termálny kúpeľ termálnou síranovo-hydrouhličitou, vápenatohorečnatou vodou (9x).

#### VÝSLEDKY

Výstupné vyšetrenie sa realizovalo po 4 týždňoch terapie a zaznamenalo sa zníženie bolesti o 3 stupne (tab. 1). Vo vyšetrení pohyblivosti chrbtice sa zaznamenalo zlepšenie vo všetkých testoch, najväčšie zlepšenie bolo v skúške podľa Thomayera o 9 cm (tab. 2). V teste stoja na dvoch váhach sa nastala symetrizácia zaťažovania DKK s rozdielom 3 kg (tab. 3). Pri vyšetrení somatognózie pacientka dosiahla najlepší výsledok v teste odhadu bokov v horizontálnej rovine, kde rozdiel medzi skutočným rozmerom a odhadom sa zmenil z 21 cm na 6 cm (tab. 4, tab. 5). Výsledky somatognózie vo vertikálnej rovine sa zlepšili len minimálne. V teste vyšetrenia funkcie HSS pomocou tonomeru sa zaznamenali výstupné hodnoty, ktoré svedčia pre zlepšenie stabilizačnej funkcie m. transversus abdominis a m. obliquus abdominis

**Tab. 1** Vstupné a výstupné hodnotenie numerickej škály bolesti podľa Melzacka.

Názov	Vstupné vyšetrenie	Výstupné vyšetrenie
Škála bolesti (0 - 10)	6	3

**Tab. 2** Vstupné a výstupné hodnoty pohyblivosti chrbtice (v cm).

Názov	Vstupné vyš.		Výstupné vyš.		Rozdiel	
Thomayerova skúška	14		5		9	
Schoberova skúška	3		4,5		1,5	
Stiborova skúška	5,5		7,5		2	
Skúška lateroflexie	l.dx. 10	l.sin. 13	l.dx. 16	l.sin. 18	l. dx. 6	l.sin. 5

## PŮVODNÍ PRÁCE

**Tab. 3** Vstupné a výstupné hodnoty testu stoja na dvoch váhach (v kg).

Názov	Vstupné vyš.	Výstupné vyš.
Stoj na PDK	43	40,5
Stoj na LDK	35	37,5
Rozdiel	8	3

**Tab. 4** Vstupné a výstupné hodnoty somatognózie v horizontálnej rovine (v cm).

Názov	Objektívne	V1	V1 rozdiel	V2	V2 rozdiel
Šírka ramien	37	52	15	40	3
Šírka bokov	35	56	21	41	6
Hĺbka hrudníka	22	34	12	25	3

V1- vstupný odhad pacienta V2- výstupný odhad pacienta

**Tab. 5** Vstupné a výstupné hodnoty somatognózie vo vertikálnej rovine (v cm).

Názov	Objektívne	V1	V1 rozdiel	V2	V2 rozdiel
Šírka ramien	37	47	10	46	9
Šírka bokov	35	52	17	50	15
Hĺbka hrudníka	22	33	11	31	9

V1- vstupný odhad pacienta V2- výstupný odhad pacienta

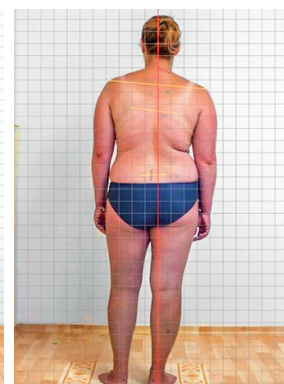
**Tab. 6** Vyšetrenie HSS pomocou tonomeru.

Názov	Vstupné vyšetrenie	Výstupné vyšetrenie
Test č. 1	pokles tlaku o 20 mmHg výdrž 10 s	pokles tlaku o 10 mmHg výdrž 15 s (norma)
Test č. 2	zvýšenie tlaku o 15 mmHg výdrž 10 s	zvýšenie tlaku o 5 mmHg výdrž 15 s (norma)
Test č. 3	zvýšenie tlaku o 10 mmHg výdrž 10 s, bilat.	tlak zotráva na hodnote 25 mmHg výdrž 15 s, bilat. (norma)

internus a správnu aktiváciu HSS vo všetkých testoch (tab. 6). V postoji pacientky došlo k zmierneniu asymetrie v postavení ramien, lopatiek, spina iliaca posterior superior a k zlepšeniu držania tela v porovnaní s centrálnou osou tela. Tabuľka 7 uvádza hodnoty vyšetrenia nekorigovaného stoja zozadu, kde sa porovnával výškový rozdiel označených vzdialenostných bodov (obr. 2, obr.3). V tabuľke 8 sa uvádzajú hodnoty nekorigovaného stoja zozadu, kde sa porovnávali označené vzdialenostné body a ich vzdialenosť od centrálnej osi (CO). Pri vstupnom vyšetrení sa zistilo asymetrické držanie trupu v postoji a po terapii sa porovnával rozdiel výsledkov medzi D1 a D2 a rozdiel výsledkov medzi D3 a D4. V tabuľke 9 sa uvádzajú namerané údaje nekorigovaného stoja spredu. Porovnávali sa označené vzdialenostné body a ich vzdialenosť od centrálnej osi, kde je



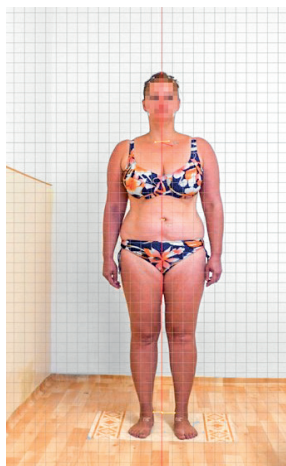
**Obr. 2** Vstupné vyšetrenie v BA frontálna rovina - dorzálne A výškový rozdiel (zdroj autor).



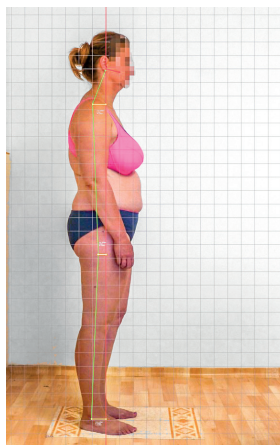
**Obr. 3** Výstupné vyšetrenie v BA frontálna rovina - dorzálne A výškový rozdiel (zdroj autor).



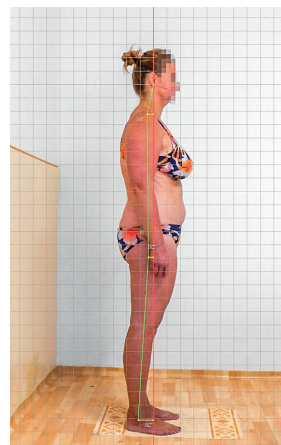
**Obr. 4** Vstupné vyšetrenie v BA frontálna rovina - ventrálne (zdroj autor).



**Obr. 5** Výstupné vyšetrenie v BA frontálna rovina - ventrálne (zdroj autor).



**Obr. 6** Vstupné vyšetrenie v BA sagitálna rovina - vzdialenosť od CO (zdroj autor).



**Obr. 7** Výstupné vyšetrenie v BA sagitálna rovina - vzdialenosť od CO (zdroj autor).

viditeľné zlepšenie držania tela na konci terapie (obr. 4, obr.5). V tabuľke 10 je uvedené porovnanie označených vzdialenostných bodov a ich vzdialenosť od centrálnej osi. Zistila sa porucha postúry v sagitálnej rovine a vzdialenie označených bodov od centrálnej osi tela (obr. 6, obr. 7). V hodnotení pomocou diagnostického softwaru Body Analyzer sa zaznamenalo zlepšenie v zmysle zmenšenia výškových rozdielov v porovnávaných vzdialenostných bodoch a k zlepšeniu vzdialeností určených vzdialenostných bodov od centrálnej osi (tab. 7 - 10).

## DISKUSIA

Cieľom spracovania prípadovej štúdie bolo zhodnotiť vplyv konceptu AZH na funkčný stav pohybového aparátu pri pravidelnom cvičení u 38-ročnej pacientky po operácii medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici počas trvania kúpeľnej liečby. Rudinský uvádza, že operácia nerieši príčiny ochorenia, ale následky degenerácie medzistavcovej platničky (18). Zdôrazňuje, že zlý výsledok liečby pacienta s herniou disku nie je len následok chirurgickej operácie, ale často najmä zásluha

**Tab. 7** Hodnotenie diagnostickým softwarom Body Analyzer: frontálna rovina - dorzálne A (výškový rozdiel v cm).

	Vzdialenostné body	Vstupné vyš.	Výstupné vyš.	Rozdiel
D1	Spina iliaca posterior superior - vzájomná výška	dx. vyššie o 0,36	dx. vyššie o 0,18	0,18
D2	Angulus inferior scapulae - vzájomná výška	dx. nižšie o 2,48	dx. nižšie o 0,08	2,40
D3	Acromion scapulae - vzájomná výška	dx. nižšie o 3,4	dx. nižšie o 0,46	2,94

**Tab. 8** Hodnotenie diagnostickým softwarom Body Analyzer - Frontálna rovina - dorzálne B (vzdialenosť od CO v cm).

	Vzdialenostné body	Vstup. vyš.	Výstup. vyš.	Rozdiel
D1	Spina iliaca posterior superior l.sin - vzdialenosť od CO	6,65	4,68	Vstup: D1 - D2 3,62 Výstup: D1 - D2 0,96 Rozdiel: 2,66
D2	Spina iliaca posterior superior l.dx - vzdialenosť od CO	3,03	3,72	
D3	Angulus inferior scapulae l.sin - vzdialenosť od CO	10,98	8,79	Vstup: D3 - D4 3,5 Výstup: D3 - D4 0,2 Rozdiel: 3,3
D4	Angulus inferior scapulae l.dx - vzdialenosť od CO	7,48	8,59	

CO - centrálna os

## PŮVODNÍ PRÁCE

**Tab. 9** Hodnotenie diagnostickým softwarom Body Analyzer - Frontálna rovina - ventrálne (v cm).

	Vzdialenosť body	Vstup. vyš.	Výstup vyš.	Rozdiel
D1	Articulatio sternoclavicularis - vzájomná výška	dx. nižšie o 1,04	dx. nižšie o 0,5	0,54
D2	Umbilicus - vzdialenosť od CO	2,78	1,09	1,69
D3	Malleolus medialis l.dx - vzdialenosť od CO	1,07	3,92	Vstup: D4 - D3 7,75
D4	Malleolus medialis l.sin - vzdialenosť od CO	8,82	5,89	Výstup: D4 - D3 1,97 Rozdiel: 5,78

CO - centrálna os

**Tab. 10** Hodnotenie diagnostickým softwarom Body Analyzer - Sagitálna rovina (vzdialenosť od CO v cm).

	Vzdialenosť body	Vstupné vyš.	Výstupné vyš.	Rozdiel
D1	Acromion scapulae l.dx - vzdialenosť od CO	4,83	2,11	2,72
D2	Trochanter major l. dx. - vzdialenosť od CO	2,95	1,71	1,24
D3	Malleolus lateralis l.dx - vzdialenosť od CO	5,37	5,32	0,05

CO - centrálna os

neadekvátnej dlhotrvajúcej konzervatívnej liečby. Holaňová zastáva názor, že operačný zákrok ovplyvní zmeny morfológické, ale nie funkčné. Tvrdí, že pacient po operácii chrbtice má insuficientnú schopnosť posturálnej stabilizácie chrbtice spolu s mnohými funkčnými poruchami. Upozorňuje na to, že bez následnej dlhodobejšej kinezioterapie nedôjde k ovplyvneniu hlavnej príčiny, pričom môže dôjsť k recidíve problémov a vzniká riziko ďalšieho operačného zákroku (7). V predkladanej prípadovej štúdiu sa u pacientky pri vyšetrení zaznamenala nedostatočná posturálna stabilita s pretrvávajúcim odľahčením DK aj po operácii a oslabenie funkcie HSS aj po šiestich mesiacoch od operácie. Počas kúpeľnej liečby sa intenzívnou kinezioterapiou dosiahol vynikajúci efekt a eliminovali sa aj funkčné zmeny, ktoré dlhodobo pretrvávali aj po operácii. Kolář poukazuje na množstvo rehabilitačných konceptov, ktoré sa zameriavajú na výcvik senzitivných funkcií, ale zároveň zdôrazňuje, že nestačí len stimulovať receptory na periférii. Potrebná je aktivácia oblastí v CNS, kde dochádza k percepcii. Túto úroveň centrálnej integrácie odporúča ovplyvniť metódami založenými na neurofyziologickom princípe, napr. Vojtov princíp reflexnej lokomócie, Bobathov koncept, PNF atď (11). Koncept AZH využíva tiež genetické vzorce a v prípadovej štúdiu sa u pacientky zaznamenalo zlepšenie schopnosti vnímať svoje telo na základe výsledkov testov somatognózie. Pri cvičení cvikov AZH konceptu pacient vykonáva cviky pomaly, niekoľkokrát ich opakuje a snaží sa o maximálne precítenie polohy s izometrickým napätím. Pacient vníma, prostredníctvom svojej

propriocepcie a uvedomuje si zvýšené napätie v príslušných svaloch. Koncept sa nezameriava na vedomú kontrolu respirácie, ale dôraz sa kladie na reflexné dýchanie v správne nastavenej polohe. Vopred určené nastavenie, vychádzajúcej polohy s podmieneným izometrickým vôľovým napätím svalov proti odporu podložky, aktualizuje zapamätaný jednotlivý pohybový vzorec (program) z prenatálneho alebo postnatálneho obdobia. Ak je tento program zachovaný, v CNS sa aktualizuje a je autoreflexne aktivovaný.

Košinová uvádza, že autoreflexné zapojenie HSS aplikovala u pacientov po operácii skolióz a po operácii hernie disku s pretrvávajúcimi bolesťami. V priebehu 4 týždňov došlo u pacientov k zníženiu až vymiznutiu bolestí a k zlepšeniu postúry (13). Hornáček sa vyjadruje o koncepte AZH ako o metóde, ktorá má potenciál obohatiť rehabilitáciu, osobitne pohybovú liečbu i z celosvetového hľadiska. Za veľkú výhodu považuje to, že pri jej aplikácii nie je potrebná veľká fyzická záťaž fyzioterapeuta a po odbornom zaškolení je pacient schopný túto metódu vykonávať aj v autoterapii bez prítomnosti druhej osoby (8). Terapia prostredníctvom konceptu AZH si vyžaduje aktívnu účasť pacienta, preto je výhodné ak pacient po ukončení liečby v zdravotníckom zariadení je schopný pokračovať v cvičení aj v domácich podmienkach.

### ZÁVER

Pacienti po operácii driekovej chrbtice majú nedostatočnú schopnosť posturálnej stabilizácie spolu s mnohými funkčnými poruchami, ktoré dlhodobo

pretrvávajú. Takéto nálezy môžu pri podcenení a nedostatočnej pooperačnej starostlivosti prostredníctvom kinezioterapie viesť k ďalšej progresii funkčných porúch a následne i k progresii štruktúrálnej zmien, čím vzniká veľká pravdepodobnosť ďalšieho operačného zákroku. Na základe výsledkov v prípadovej štúdií sme došli k záveru, že 4-týždňový fyzioterapeutický program s využitím konceptu AZH môže pozitívne ovplyvniť držanie tela, zlepšiť funkciu HSS a mobilitu chrbtice, zlepšiť symetriu v zaťažení DKK a skvalitniť vnímanie vlastného tela. Aplikovaná metóda AZH mala u pacientky pozitívny vplyv a je prínosná pre kinezioterapiu pacientov po operácii lumbálnej chrbtice. Počas tohto obdobia sa nám nepodarilo dosiahnuť úplnú korekciu držania tela. Koncept AZH si vyžaduje realizáciu pilotnej komparatívnej štúdie.

## LITERATÚRA

- CHAMBERLAIN, D.:** Fascinující mysl novorozeneho dítěte. Praha, Beta Books, 2013, s. 40-82.
- DYLEVSKÝ, I.:** Obecná kineziologie. Grada Publishing, 2007, s. 43-62.
- DYLEVSKÝ, I.:** Kineziologie: Základy strukturální kineziologie. Praha, Triton, 2009, s. 120-201 235.
- DYLEVSKÝ, I.:** Dětský pohybový systém. Olomouc, Poznání, 2012, s. 152.
- FEDOR-FREYBERG, P. G.:** Prenatálne dieťa. Trenčín, Vydavateľstvo F, 2013, s. 65.
- GÚTH, A. A KOL.:** Vyšetrovacie metodiky v rehabilitácii. Bratislava, Liečreh, 2016, s. 169-183.
- HOLAŇOVÁ, R. A KOL.:** Cílená kinezioterapie po operácii bederní páteře z časového hľadiska a príklad jejího efektu u konkrétnej pacientky. Rehabilitácia, roč. 46. 2009, č. 4, s. 222-227.
- HORNÁČEK, K.:** AZH. Rehabilitácia, roč. 53, 2016, č. 3, s. 183-184.
- JABLONSKÁ, H.:** Využitie diagnostického softwaru Body Analyzer pri určovaní posturálnych porúch. Bakalárska práca, Banská Bystrica, SZU, 2014, s. 63.
- JABLONSKÝ, P.:** Manual pre program Body Analyzer. [online]. 2014 [cit. 2017-7-12]. Dostupné na internete: <http://body-analyzer.com/files/body-analyzer-manual.pdf>.
- KOLÁŘ, P. A KOL.:** Rehabilitace v klinické praxi. Praha, Galén, 2009, s.230-292.
- KOŠINOVÁ, L. A KOL.:** Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému (HSS) prenatálne a postnatálne terapeutické polohy. Rehabilitácia, roč. 51, 2014, č. 4, s. 195-199.
- KOŠINOVÁ, L. A KOL.:** Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému. Rehabilitácia, roč. 50, 2013, č. 1, s. 3-6.
- KOŠINOVÁ, L.:** Autoreflexné zapojenie HSS prenatálne, postnatálne terapeutické polohy, kurz 2. časť, Kováčová, 13. 1. 2017 - 15. 1. 2017, lektor Košinová L.
- KOŠINOVÁ, L. A KOL.:** Autoreflexné zapojenie HSS prenatálne, postnatálne terapeutické polohy. Banská Bystrica, Koprnt, 2016, s. 5-9.
- ORTH, H.:** Dítě ve Vojtově terapii. České Budějovice, Kopp, 2012, s. 53-100.
- PALAŠČÁKOVÁ ŠPRINGROVÁ:** Funkce – diagnostika – terapie hlbokého stabilizačného systému. Rehaspring, 2010, s. 32-51.
- RUDINSKÝ, B., KOLEJÁK, K.:** Degeneratívne ochorenie driekovej chrbtice, možnosti chirurgickej liečby. Neurológia pre prax roč. 9, 2008, č. 3, s. 135-141.
- ŽIAKOVÁ, E., MUSILOVÁ, E.:** Vybrané kapitoly z fyzioterapie a ergoterapie. Bratislava, SZU, 2012, s. 15-21.

*Adresa ke korespondenci:*

**Doc. PhDr. Elena Žiaková, PhD.**

Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave  
Inštitút fyzioterapie, balneológie  
a liečebnej rehabilitácie  
Rázusova 14  
921 01 Piešťany  
Slovenská republika  
e-mail: elena.ziakova@ucm.sk

# Hodnocení poruch motorické kontroly u pacientů s nespecifickými bolestmi zad v bederním úseku páteře

Konečná P., Opavský J.

Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci, vedoucí katedry PhDr. D. Smékal, Ph.D.

## SOUHRN

Nemoci svalové a kosterní soustavy se v České republice dlouhodobě nacházejí na druhém místě nejčastějších příčin pracovní neschopnosti. Většinu z této skupiny nemocí každoročně tvoří bolesti zad, přičemž až 85 % těchto bolestí jsou bolesti funkčního charakteru, tedy bez jasné etiopatogenetické příčiny. Vzhledem k prevalenci tohoto onemocnění a průměrnému počtu prostodenních dní na osobu za rok, se jedná nejen o individuální, ale i celospolečenský problém s nezanedbatelnou ekonomickou zátěží pro zdravotnický systém, a to nejen v České republice. Recentní studie dokládají v případě bolestí zad častý výskyt falešně pozitivních nálezů užitím zobrazovacích technik, mimo jiné také z tohoto důvodu

nelze nespecifické bolesti zad přisuzovat pouze vlivům strukturálním, ale je nutno je chápat jako komplexní problém s multifaktoriálními příčinami. Kromě vlivů patologicko-anatomických nespornou roli hrají faktory psychosociální a tzv. poruch motorické kontroly. Cílem tohoto článku je podat základní informace o poruchách motorické kontroly u pacientů s nespecifickými bolestmi v bederním úseku páteře a možnostech jejich objektivního hodnocení přístrojovými metodami.

## KLÍČOVÁ SLOVA

nespecifické bolesti zad, poruchy motorické kontroly, přístrojové hodnocení poruch motorické kontroly

## SUMMARY

**Konečná P., Opavský J.: Assessment of Motor Control Disorders in Patients with non-Specific Low Back Pain**

Muscular-skeletal diseases have been the second most common cause of incapacity for work in the Czech Republic. Most of these cases are lower back pain and up to 85 % of these cases are non-specific, which means without a clear etiopathogenetic source. In view of the fact that the prevalence of low back pain and the average number of sick days per person per year is high, this is not only an individual but also a society-wide problem with a considerable economic burden on the health system, not only in the Czech Republic.

Besides patho-anatomical causes and psychosocial factors, motor control disorders also play an essential role in the development and chronicity of these difficulties. The aim of this article is to provide basic information about motor control dysfunctions in patients with non-specific low back pain and possibilities of their objective evaluation using instrumental methods.

## KEYWORDS

nonspecific low back pain, motor control dysfunction, instrumental assessment of motor control disorders

## ÚVOD

Pojem nespecifické bolesti zad (v angl. non-specific low back pain, NSLBP) je diagnóza užívaná v cizojazyčné literatuře, česká Mezinárodní klasifikace nemocí však tento termín nezná (37). Vzhledem k tomu, že tento přehledový článek čerpá převážně z cizojazyčné literatury, bude dále v textu užíváno označení NSLBP, eventuálně jen LBP, v případech,

kdy budou citovány zdroje, které primárně označení NSLBP neuvádějí. Nejsou však citovány studie, které by se týkaly bolestí zad s neurologickou symptomatologií.

V případě nespecifických bolestí se jedná o označení všech bolestí zad, u kterých není zjištěna jednoznačná patofyziologická příčina těchto bolestí, či zjištěný objektivní nález nekorresponduje

*Rehabil. fyz. Léč., 26, 2019, č. 4, s. 166-173*

s charakterem a funkčním omezením pacienta. V případě, že u pacienta s bolestmi zad byla vyloučena infekce, zánět, tumor, osteoporóza, fraktura, strukturální deformity, radikulární syndrom nebo syndrom kaudy, jsou tyto bolesti považovány za nespecifické (6). Takových pacientů je ze skupiny všech pacientů s bolestmi zad většina, až 85 % (21). Za subakutní bolesti jsou považovány obtíže trvající déle než 6 týdnů, za chronické bolesti trvající déle než 12 týdnů. Nespecifické bolesti zad postihují pacienty všech věkových kategorií a představují celosvětově značné zatížení pro zdravotnický systém. Vzhledem k absenci jasného zdroje bolesti bývá terapeutická intervence cílena obecně na redukci bolesti a jejich následků, kdy jsou upřednostňovány konzervativní postupy. Nadužívání zobrazovacích technik, opioidů a chirurgického řešení u pacientů s nespecifickými bolestmi zůstává stále širokým problémem (2, 26).

### CHARAKTERISTIKY NESPECIFICKÝCH BOLESTÍ ZAD

Příčiny NSLBP jsou multifaktoriální, stejně tak i jejich dopad se netýká jen indispozice fyzické. Zejména bolesti chronické a recidivující mají dopad i na psychické a kognitivní funkce pacienta (2, 37).

Jistou roli v rozvoji a chronicitě NSLBP hrají anatomické faktory, tedy strukturální, včetně antropometrických poměrů, faktory genetické, faktory psychosociální a tzv. poruchy motorické kontroly (2, 37). Z anatomického pohledu může léze jakékoliv inervované struktury v oblasti bederní páteře být zde zdrojem bolesti. Dalo by se očekávat, že zlepšení rozlišovacích schopností zobrazovacích technologií zvýšilo pravděpodobnost přesného odhalení strukturálních deformit a umožnilo tak detekovat přesnou vazbu mezi anatomickou lézí a bolestí. Určit však jasnou spojitost mezi patologicko-anatomickým nálezem a NSLBP pro vysoký počet falešně pozitivních nálezů jednoznačně nelze. Studie totiž prokazují, že i asymptomatictí jedinci mají na snímcích ze zobrazovacích technik určitý abnormální nález (45).

Savage a spol. (41) prokázali, že 32 % pacientů ze skupiny probandů bez subjektivních příznaků mělo abnormální nález v podobě degenerace, vyklenutí nebo protruze meziobratlového disku, hypertrofii fasetových kloubků nebo kompresi nervového kořene, a pouze u 47 % probandů, kteří měli v osobní anamnéze bolesti bederní části zad, byla prokázána jasná strukturální příčina.

Dlouhodobé studie prokazují, že se NSLBP mohou objevovat zcela nezávisle na radiodiagnostickým nálezem. Boos a spol. (9) sledovali po dobu pěti let skupinu asymptomatických pacientů s průkazem

výhřezu meziobratlového disku a potřebu těchto pacientů vyhledat v této souvislosti odbornou lékařskou konzultaci. Popsali, že například druh práce a psychická zátěž v zaměstnání hrají v tomto ohledu významnější roli než charakter samotného objektivního nálezu. Na základě těchto výsledků autoři upozorňují, že je tedy třeba významně zvažovat souvislost mezi subjektivními obtížemi pacienta, klinickým nálezem a výsledky vyšetření ze zobrazovacích technik.

Vztah antropometrických ukazatelů, zejména výšky, hmotnosti a BMI indexu na rozvoj bolesti zad, je rovněž nejednoznačný. Ačkoliv se nabízejí závislosti a vztahy, že výška, rostoucí obvod pasu, nadváha a lordotizace bederní páteře mohou znamenat vyšší sklon k rozvoji bolesti zad u těchto jedinců, na základě řady dřívějších studií a meta-analýz tento předpoklad nelze zcela jednoznačně potvrdit. Například v sedmdesátých letech některé výzkumné týmy prokazovaly přímou souvislost mezi obezitou a bolestmi zad (8) a obezitou a degenerací meziobratlových disků (25).

Jiná, novodobější studie z devadesátých let, tuto souvislost rovněž potvrzuje. Autoři Han a spol. (17) na početném několikatisícovém vzorku populace potvrdili, že ženy z této sledované populace, které trpěly bolestmi zad v posledním roce, měly větší obvod pasu, vyšší hodnoty BMI a WHR indexu (z angl. waist to hip ratio, poměr obvodu boků a pasu), nežli ženy, které bolestmi netrpěly. U mužů tato souvislost však nebyla potvrzena, stejně jako vliv výšky jedince na bolesti zad. Podobné výsledky udávají autoři meta-analýzy Shiri a spol. (43), kteří porovnávali 33 studií na toto téma. Na základě porovnání průřezových studií, které převedli do meta-analýzy, bylo prokázáno, že obezita koresponduje s vyšší prevalencí bolesti zad. Probandi s nadváhou měli ve srovnání s jedinci s normální nebo nižší hmotností vyšší prevalenci LBP, avšak nejvyšší prevalenci měli probandi obézní. Srovnáním kohortových studií (které bývají zdrojem nejkvalitnějších informací) bylo zjištěno, že pouze obezita, nikoli tedy nadváha, hraje roli v rozvoji LBP. Meta-analýza z roku 2005 (32) rovněž poukazuje na studie, které tuto souvislost vyšší hmotnosti na prevalenci LBP zcela jednoznačně nepotvrzují.

### Mechanismy řízení hybnosti a motorická kontrola u nespecifických bolestí zad

Pravděpodobně podstatně významnějším faktorem než jsou faktory anatomické, antropometrické, genetické a psychosociální hrají v rozvoji NSLBP tzv. poruchy motorické kontroly, resp. poruchy řízení motoriky.

V tomto kontextu se rozumí motorickou kontrolou dynamická souhra mezi feedforward a feedback

fázemi, tedy kontrolními mechanismy pohybu, jejichž precizní spolupráce zajišťuje adekvátní svalovou souhru jako odpověď na měnící se vnitřní a vnější síly působící na páteř během pohybu (13, 38). Feedforward mechanismus řízení pohybu znamená dopřednou vazbu, která je součástí představy a plánování pohybové strategie a zajišťuje spuštění procesů posturální kontroly ještě před samotným praktickým začátkem pohybu.

Feedback mechanismus je zpětnovazebný proces, který se uplatňuje během zpracování, provedení a při průběžné regulaci pohybu, mechanismus, jehož součástí je vyhodnocování somatosenzorických signálů a tvorba pohybového programu na základě proprioceptivní aferentace (11, 12, 20). Oba procesy fungují u zdravých jedinců ve vzájemné součinnosti, jsou řízeny centrálně složitými okruhy neuronálních sítí a jsou ovlivněny mimo jiné také excitabilitou CNS, motorickým učením a kognitivními funkcemi (12, 20).

Centrální nervový systém zdravých jedinců disponuje dostatečně variabilními programy motorické kontroly a motorického učení, což umožňuje rychlou a přesnou adaptaci muskuloskeletálního systému na běžné i zvýšené nároky okolního prostředí, aniž by hrozilo, že dojde ke snížení četnosti či kvality pohybu (12, 20). Bylo jasně prokázáno (11, 13, 24, 36), že u pacientů s LBP jsou tyto mechanismy řízení pohybu narušeny. Pacienti s LBP vykazují odlišné mechanismy v řízení motorické kontroly a využívají jiné pohybové strategie k zajištění posturální stability ve srovnání se zdravými jedinci. Podle Čáповé (12) jsou tyto náhradní pohybové vzory sice funkční, otázkou zůstává, po jak dlouhou dobu, a také, zda nejsou podkladem pro rozvoj dalších řetězcích se funkčních poruch.

Meier a spol. (2018) tento mechanismus vznikajícího bludného kruhu chronizace bolestí u pacientů s NSLBP vysvětluje následovně. V důsledku nocicepce tělo ve snaze redukovat bolest a zabezpečit funkci produkuje za zvýšených energetických nároků variantní pohybové vzory. Mění a redukuje se pestrost pohybového projevu nemocného, tím se obměňuje soubor aferentních informací a jejich interpretace na úrovni CNS, a tedy se mění strategie řízení pohybu. Tyto změny nabývají prokazatelného neurofyziologického významu dokonce až na kortikální úrovni, přičemž dochází k reorganizaci některých kortikálních map. Vzniká tak bludný kruh bolesti a chronizace obtíží, jelikož pacient integruje tento náhradní způsob realizace pohybu řízen nejvyššími etážemi CNS do svých běžných denních činností a nevyhodnocuje jej jako dysfunkční. Krátkodobě tyto dysfunkční pohybové strategie mohou bezbolestně plnit svůj účel, z dlouhodobého hlediska jsou však nevhodné a pravděpodobně jsou podkladem pro

rozvoj závažných degenerativních procesů (např. vedoucích k lézím meziobratlového disku atd.) a rekurentních či chronických potíží. Tyto anatomické změny na kortikální etáži, související s NSLBP, vedou k modifikacím motorické odpovědi na proprioceptivní podnět a ke změnám procesů motorického učení (10).

Další studium změn v projekci proprioceptivních vstupů z paravertebrální oblasti na korovou úroveň je tedy zásadní pro pochopení významu těchto procesů na tvorbu abnormálních pohybových schémat u pacientů s NSLBP (27, 28). Nutno dodat, že tento výzkumný proces navíc komplikuje fakt, že neméně významnou roli ve změnách neuromuskulárních řídicích procesů u pacientů s NSLBP hrají kognitivní funkce a emoční ladění pacienta (zejména pak strach z pohybu a katastrofizace), se rozvíjejí a průběžně mění individuálně následkem nocicepce, respektive bolesti (33).

Při klinickém vyšetření lze u těchto pacientů aspekty i palpací registrovat nedostatečnou aktivaci nebo neoptimální spolupráci jednotlivých svalových stabilizátorů trupu a pánve, a rovněž poruchy vnímání vlastního tělesného schématu v klidu i při pohybu, neschopnost adekvátně reagovat v testech cílených na vyšetření posturální stability a reaktivity, typické jsou i poruchy svalové relaxace. Kvalita těchto zmíněných schopností a dovedností zrcadlí kvalitu řídicích okruhů CNS přijímat, vyhodnocovat a reagovat na aferentní signály (22). Studie zaměřené na možnosti objektivizace poruch motorické kontroly u pacientů s NSLBP jsou proto cíleny na měření těchto výše zmíněných atributů, a to několika dostupnými přístrojovými technikami, případně jejich kombinacemi.

Této problematice se dlouhodobě věnuje kolektiv autorů Hodges a jeho kolegové. Ti již v devadesátých letech na skupině probandů prokázali, že i při pohybech ve vzdálenějších segmentech těla, které se bezprostředně netýkají pohybu páteře, dochází k automatické mimovolní aktivaci některých svalů trupu, které plní funkci jejich stabilizátorů. Bylo zjištěno, že m. transversus abdominis se u zdravých probandů aktivuje ve vzpřímeném postoji ještě před tím, než jsou uvedeny v činnost svaly, které realizují pohyb horní končetiny (18). Zároveň také bylo zjištěno, že u pacientů s LBP je tato kontrakce m. transversus abdominis zpožděná ve srovnání s kontrolní skupinou zdravých probandů. Řada autorů (15, 36, 24, 40) předpokládá, že tento změněný nábor jednotlivých svalů trupu, tedy poruchy řídicích mechanismů neuromuskulární kontroly, vede k produkci neoptimálních pohybových programů a je potenciálním zdrojem destabilizace páteře, a tedy bolesti.

Diskutabilním tématem zůstává, jak tyto jednotlivé změny spolehlivě objektivizovat, a to zejména přístrojově, avšak s maximálním zachováním



podmínek přirozeného prostředí tak, aby měření probandů skutečně předváděli jejich spontánní pohybové chování. Nejasné také zůstává, zda jsou tyto změny v motorickém řízení spolufaktorem vzniku těchto obtíží nebo se rozvíjejí až jako následek chronické bolesti.

### Možnosti vyšetřování poruch motorické kontroly u nespecifických bolestí zad

Nejefektivnější a nejjednodušší způsob jak měřit a hodnotit aktivitu samotných svalů v klidu nebo i při pohybu, je jednoznačně **povrchová elektromyografie**. Tento způsob vyšetření (avšak v kombinaci i s jehlovými elektrodami) použili Hodges a Richardson (18) ve výše zmíněné studii. Na jejich práci navazovala řada jiných výzkumných týmů, které vycházely z předpokladu, že je u pacientů s NSLBP narušen nábor a timing v zapojování jednotlivých svalových skupin trupu a pánve.

Řada autorů předpokládá, že právě užití povrchové elektromyografie (dále jen SEMG z angl. surface electromyography) je spolehlivou možností jak objektivně tyto změny ve svalové aktivitě hodnotit a diferencovat také mezi pacienty s NSLBP a zdravými jedinci bez bolesti (14). Přestože je užití a hodnocení aktivity SEMG jednoduchou a neinvazivní vyšetřovací technikou, někteří autoři jsou ve využitelnosti SEMG v souvislosti s pacienty s LBP skeptičtí, ve srovnání s jinými metodami, například jehlovou EMG (16, 39).

Nejčastějšími problematickými faktory, které mohou ovlivňovat výsledky vyšetření SEMG a limitovat srovnávání výsledků různých studií, je jednak různý kožní odpor měřených jedinců a dále také velká variabilita podmínek měření. Existuje totiž velký počet studií na toto téma, autoři však často volí různý způsob uložení elektrod na trupu a odlišné pozice, jak statické, tak dynamické, a rozličné podmínky pro hodnocení. Tyto okolnosti potom znemožňují či komplikují objektivně srovnat výsledky měření různých autorů (14).

Co se hodnocení SEMG aktivity ve statických pozicích týká, jeví se klidný stoj jako pozice mající nejvyšší výpovědní hodnotu. Studie staršího data z osmdesátých a devadesátých let (1, 31, 46) neprokázaly významný rozdíl v SEMG aktivitě svalů zad v pozici klidného stoje. Jiní autoři novějších studií (3, 19) naopak na základě svých měření konstatují, že pacienti s LBP vykazují vyšší hodnoty SEMG aktivity ve statických pozicích ve srovnání se zdravými jedinci. Pro hodnocení dynamických pozic se jeví pohyb opakovaných extenzí po předchozí plné flexi trupu a hodnocení rozdílu ve flexi trupu a relaxované pozici jako pohyby mající největší výpovědní hodnotu (14).

Výsledky v hodnocení pomocí SEMG v dynamickém pohybu jsou opět nejednoznačné. Například

Arena (4) a Sihvonen a spol. (44) publikovali, že pacienti s LBP vykazují vyšší SEMG aktivitu při pohybu do předklonu a napřímení, zatímco dle Watsona a spol. (46) a Aherna a spol. (1) je SEMG aktivita extenzorů trupu při předklonu naopak nižší. Shirado a spol. (42) na základě těchto vyšetření nezaznamenali významný rozdíl v SEMG aktivitě mezi pacienty s LBP a zdravými jedinci kontrolní skupiny při provádění flexe trupu, zachytili však nižší hodnoty SEMG u pacientů s LBP při opakované extenzi. Recentní studie z roku 2013 D'Hoogea a spol. (13) na základě EMG měření prokazuje, že je u pacientů s LBP i ve fázi remise změněná dynamická koaktivace svalů trupu, což může hypoteticky vést i v bezpříznakovém období k přetěžování páteře, a tedy k rychlejší unavitelnosti svalstva. Tyto okolnosti potom v důsledku mohou přispívat k recidivám bolestí zad.

Tito autoři se však, na rozdíl od výše zmíněných výzkumů, nezaměřili na hodnocení pomocí pouze povrchové EMG aktivity paraspinálních svalů bederního úseku, nýbrž zaznamenávali aktivitu i hlubších vrstev extenzorů trupu a břišní muskulatury užitím jehlových elektrod. Kombinace povrchové a jehlové elektromyografie se zřejmě jeví jako spolehlivější metoda k hodnocení funkční koaktivace svalů trupu u pacientů s LBP.

Další možností jak fakticky hodnotit schopnost pacientů s LBP vnímat pozici vlastního těla v klidu i v pohybu, nebo sledovat jejich motorické reakce při zvýšených nárocích na regulaci posturální stability, je užití **různých typů akcelerometrů**, a to buďto samostatně, nebo v kombinaci s různými jinými přístrojovými metodami. Brumagne a spol. (11) se ve svých studiích dlouhodobě zabývají monitoringem změn v tvorbě náhradních pohybových strategií u pacientů s LBP při reakcích na vibrační stimuly. S úspěchem využívají kombinaci silových plošin k měření posunu COP (z angl. center of pressure, působiště vektoru reakční síly podložky) a akcelerometry k hodnocení pozice trupu v prostoru a na různých skupinách probandů prokazují, že CNS pacientů s LBP pravděpodobně nemá dostatečnou kapacitu adekvátně „pracovat“ s aferentními somatosenzorickými signály a tvorbu motorické odpovědi obratně přizpůsobovat měnícím se nárokům na posturální stabilizaci.

Velikost a cenová dostupnost akcelerometrů se jeví jako vhodná i pro využití mimo prostředí biomechanických laboratoří, například jako možnost hodnocení držení těla a ergonomie práce při běžných denních činnostech, případně i zpětná vazba pro pacienty. Kolektiv autorů Lou a spol. (23) použil ve své studii akcelerometry s cílem zjistit, zda lze tato zařízení v praxi využít pro monitorování lidské postury a také jako feedback pro pacienty s hrudní korigovatelnou kyfózou. Výsledky studie proká-

zaly, že lze akcelerometry jednak experimentálně využívat pro monitoring pohybového chování pacientů s LBP, a také, že lze tato zařízení vyžít jako zpětnou vazbu pro pacienty ke korekci vlastní postury. Významnou výhodou je využitelnost v běžné praxi, probandí totiž vypověděli, že tato zařízení nějak neomezovala jejich běžné denní aktivity a po zaznění signálu byli schopni vědomě korigovat pozici svého těla a zajistit tak dodržení ergonomických zásad v práci. Autoři studie předpokládají, že by se plošné užívání těchto zařízení mohlo uplatnit v programech primární nebo sekundární prevence pro pacienty s LBP. S podobným cílem, sledovat a posoudit ergonomii práce, respektive čas strávený ve vynucených statických pozicích, prováděli Wong a spol. (47) vyšetření u pracovníků ve speciální škole pro hendikepované.

K objektivizaci času, který strávili probandí v předem definovaných rizikových pozicích, byly užity akcelerometry. Obdobně postupoval kolektiv autorů Balaguier a spol. (7), kteří hodnotili ergonomii činnosti u pracovníků na vinicích. Obě zmíněná pracovní prostředí, tedy manipulace s hendikepovanými i manuální práce na vinicích, jsou pracoviště, která vyžadují práci se zátěží o vyšší hmotnosti a setrvávání po delší čas v neměnných rizikových pozicích, jako je flexe či rotace trupu. Oba zmíněná výzkumy užitím akcelerometrů potvrdily, že se probandí s LBP nacházeli po delší čas v rizikových pozicích. Tyto výsledky mohou nacházet využití také v oblasti preventivního a pracovního lékařství. Třetím nejčastějším typem přístrojových měření, která nacházejí využití ve sledování a analýze pohybových projevů u pacientů s LBP, jsou různá elektromagnetická **zařízení umožňující 3D kinematickou analýzu pohybu** (např. 3Space Fastrak, Vicon apod.). Schopnost produkovat adekvátní a cílený lokomoční projev je podmíněna kvalitě zpracování aferentních vjemů na nejvyšších úrovních řídicích lidský pohyb. Jelikož existují předpoklady, že jsou u pacientů s LBP tyto řídicí procesy změněny, dochází ke změně vnímání vlastního těla a provádění pohybu. Tito pacienti obtížně vnímají vlastní tělesné schéma, nejsou například schopni snadno uchovat paměťovou stopu na určitou pozici nebo pohyb, či určitou pozici nebo pohyb přesně reprodukovat. Právě tímto směrem bývají nejčastěji výzkumné studie s využitím 3D systémů kinematické analýzy orientovány, a sice na určení schopnosti těchto pacientů kvalitně opakovat určitý předem stanovený pohyb, a to nejčastěji v oblasti trupu či pánve, případně schopnost přesně určit změnu polohy těla v prostoru. V cizojazyčné literatuře tyto hodnocené proměnné bývají nazývány joint repositioning sense (smysl uvědomění si změny

polohy) nebo threshold to detection of passive motion (práh detekce pasivního pohybu).

Na skupině pacientů s LBP v porovnání s asymptomatickými jedinci tento předpoklad objektivně potvrdili právě užitím 3Space Fastrak zařízení O'Sullivan a spol. (35). Bylo zjištěno, že pacienti s prokázanou segmentální instabilitou v oblasti bederní páteře a rekurentními bolestmi v oblasti beder (bez neurologické symptomatologie) nebyli vsedě po předchozím pasivním nastavení pánve do neutrální polohy schopni tuto pozici přesně reprodukovat, na rozdíl od skupiny zdravých probandů. Podobný design studie, ovšem s opačnými výsledky, prezentují i Newcomer a spol. (34), kteří užitím systému 3Space Tracker měřili odchylky ve schopnosti reprodukovat pozici po předchozím pasivním nastavení trupu do určité přesně stanovené flexe, extenze, lateroflexe a rotace trupu, a to u pacientů s LBP a kontrolní skupiny jedinců bez bolesti.

Nebyl zaznamenán významný rozdíl ve schopnosti napodobit předem určený pohyb u jedinců s chronickými LBP a asymptomatickými jedinci. Pozoruhodné je, že složením podobná skupina výzkumníků téhož roku stejným systémem, pouze se zpřesněním postupů pro měření, prezentovala výsledky, kde skupina pacientů s LBP skutečně vykazovala větší odchylku v přesnosti provedení pohybu do flexe trupu ve srovnání se skupinou probandů bez bolesti. Tyto výsledky však neplatily pro pohyb do extenze trupu, kde nebyly zjištěny žádné markantní rozdíly. Åsell a spol. (5) prováděli měření na devadesáti probandech s LBP a na kontrolní skupině probandů systémem Fastrak. Cílem bylo prověřit deficit ve schopnosti reprodukovat pohyb pánve do předem stanovené polohy v pozici sedu. Pacienti navíc vyplňovali dotazníky týkající se sebehodnocení, funkční disability a bolesti. Nebyly zaznamenány žádné významné rozdíly v přesnosti provedení motorického úkolu u pacientů s LBP ve srovnání se zdravou populací, navíc nebyly zaznamenány žádné statisticky významné korelace s výsledky dotazníků. Autoři v závěru studie uvádějí, že doporučují senzomotorickou dysfunkci u pacientů s NSLBP hodnotit jiným způsobem než pouhým zaznamenáváním přesnosti opakovaných pohybů. Podobně tak naznačuje kolektiv autorů McCaskey a spol. (29), kteří rovněž upozorňují, že zaměřovat se v kontextu hodnocení kvality motorické kontroly na jediný atribut (posun COP, hodnocení přesnosti provedení zadaného pohybu atd.), není dostatečně validní. Doporučují k objektivizaci změn v řídicích mechanismech neuromuskulární kontroly užití několika způsobů měření. V případě tohoto výzkumu například kombinaci 3D kinema-

tické analýzy pohybu (Templo v.8.2 systémem) s tlakovými plošinami, přičemž byly zaznamenávány jednak celkové změny v COP na nestabilní plošině u pacientů s NSLBP a kontrolními pacienty bez bolesti. Rovněž byly v témže okamžiku prostřednictvím markerů připevněných na dolních končetinách trupu registrovány pohybové strategie těchto jednotlivých bodů při balancování na nestabilní podložce. Výsledky nepotvrdily statisticky významný rozdíl v odchylkách COP, avšak bylo zjištěno, že u pacientů s NSLBP docházelo k většímu pohybu v oblasti kyčlí a krční páteře ve srovnání s probandy bez bolesti.

## ZÁVĚR

Jak doporučují celosvětové guidelines, konzervativní nefarmakologická léčba má v terapii pacientů s nespecifickými bolestmi bederní páteře nesporný význam. Kromě metod fyzikální terapie hraje zásadní roli v procesu rekonvalescence těchto pacientů individuálně vedená aktivní fyzioterapie. Na základě řady soudobých studií nelze přisuzovat bolesti zad pouze vyšší hmotnosti pacienta, případně lehčímu nálezu na rentgenovém snímku, avšak zvažovat i poruchy pohybové kontroly jako možný faktor pravděpodobně ovlivňující vznik, průběh i chronicitu těchto obtíží. Vstupní kineziologický rozbor, cílený mimo jiné také na vyšetření poruch motorické kontroly, je nezbytný nejen pro efektivní nastavení terapie, ale také pro hodnocení účinnosti léčby. Přítomnost změn ve způsobu řízení pohybu u pacientů s NSLBP dokládají studie, registrující u těchto jedinců reorganizační kortikálních map. Odborná literatura je však poměrně nejednotná ve výkladu neurofyziologické podstaty těchto změn a způsobech validního a objektivního zaznamenávání a hodnocení těchto poruch u pacientů s NSLBP. Na základě recentních studií se jeví zejména kombinace několika technik, a sice povrchové i jehlové elektromyografie, akcelerometrů, silových plošin anebo systémů umožňujících 3D kinematickou analýzu pohybu, jako nejvhodnější možnost jak objektivizovat tyto změny v řízení lokomoce u pacientů s NSLBP.

## LITERATURA

- AHERN, D. K. ET AL.:** Comparison of lumbar paravertebral EMG patterns in chronic low back pain patients and non-patient controls [online]. *Pain*, 34, 1988, 2, s. 153-160. DOI: 10.1016/0304-3959(88)90160-1.
- ALLEGRI, M., MONTELLA, S., SALICI F., VALENTE, A., MARCHESINI, M., COMPAGONE, C., FANELLI, G.:** Mechanisms of low back pain: a guide for diagnosis and therapy [online]. *F1000Research*, 2016, 5. DOI: 10.12688/f1000research.8105.2.
- AMBROZ, C., SCOTT, A., AMBROZ, A., TALBOTT, E. O.:** Chronic low back pain assessment using surface electromyography [online]. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 42, 2000, 6, s. 660-669. PMID: 10874660.
- ARENA, J. G. ET AL.:** Electromyographic recordings of 5 types of low back pain subjects and non-pain controls in different positions [online]. *Pain*, 37, 1989, 1, s. 57-65. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(89\)90153-X](https://doi.org/10.1016/0304-3959(89)90153-X).
- ÅSELL, M. ET AL.:** Are lumbar repositioning errors larger among patients with chronic low back pain compared with asymptomatic subjects? [online]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 2006, 9, s. 1170-1176. DOI: 10.1016/j.apmr.2006.05.020.
- BALAGUÉ, F., MANNION, A. F., PELLISÉ, F., CEDRASCHI, CH.:** Non-specific low back pain [online]. *The Lancet*, 379, 2012, (9814), s. 482-491. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60610-7.
- BALAGUIER, R. ET AL.:** Trunk kinematics and low back pain during pruning among vineyard workers—A field study at the Chateau Larose-Trintaudon [online]. *PLoS one*, 12, 2017, 4, s. 1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0175126.
- BARTON, J. E. ET AL.:** Low back pain in the primary care setting [online]. *The Journal of Family Practice*, 3, 1976, 4, s. 363-366. PMID: 162543.
- BOOS, N. ET AL.:** Natural history of individuals with asymptomatic disc abnormalities in magnetic resonance imaging: predictors of low back pain-related medical consultation and work incapacity [online]. *Spine*, 25, 2000, 12, s. 1484-1492. DOI: 10.1097/00007632-200006150-00006.
- BORICH, M. R. ET AL. UNDERSTANDING THE ROLE OF THE PRIMARY SOMATOSENSORY CORTEX:** Opportunities for rehabilitation [online]. *Neuropsychologia*, 79, 2015. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.007.
- BRUMAGNE, S. ET AL.:** Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy [online]. *European Spine Journal*, 17, 2008, 9, s. 1177-1184. DOI: 10.1007/s00586-008-0709-7.
- ČÁPOVÁ, J.:** Od posturální ontogeneze k terapeutickému konceptu. Ostrava, Repronis, 2016. ISBN 978-80-7329-418-2.
- D'HOOGHE, R. ET AL.:** Altered trunk muscle coordination during rapid trunk flexion in people in remission of recurrent low back pain [online]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23, 2013, 1, s. 173-181. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.09.003. DOI: 10.1016/0304-3959(88)90160-1.
- GEISSER, M. E. ET AL.:** A meta-analytic review of surface electromyography among persons with low back pain and normal, healthy controls [online]. *The Journal of Pain*, 6, 2005, 11, s. 711-726. DOI: 10.1016/j.jpain.2005.06.008.
- GILL, K. P., CALLAGHAN, M. J.:** The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain [online]. *Spine*, 23, 1998, 3, s. 371-377. DOI: 10.1097/00007632-199802010-00017.
- HAIG, A. J. ET AL.:** Technology assessment: The use of surface EMG in the diagnosis and treatment of nerve and muscle disorders [online]. *Muscle & Nerve*, 19, 1996, 3, s. 392-395. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4598(199603)19:3<392::AID-MUS21>3.0.CO;2-T.

- 17. HAN, T. S. ET AL.:** The prevalence of low back pain and associations with body fatness, fat distribution and height [online]. *International Journal of Obesity*, 21, 1997, 7, s. 600. DOI: 10.1038/sj.ijo.0800448.
- 18. HODGES, P. W., RICHARDSON, C. A.:** Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis [online]. *Spine*, 21, 1996, 22, s. 2640-2650. DOI: PMID: 8961451.
- 19. HUBLEY-KOZEY, C. L., VEZINA, M. J.:** Differentiating temporal electromyographic waveforms between those with chronic low back pain and healthy controls [online]. *Clinical Biomechanics*, 17, 2002, s. s. 9-10, 621-629. DOI: 10.1016/S0268-0033(02)00103-1.
- 20. CHMELOVÁ, I.:** Bobath koncept v pediatrické praxi. Ostrava, Ostravská univerzita v Ostravě, 2011. ISBN 978-80-7368-833-2.
- 21. CHOU, R.:** Low back pain (chronic) [online]. *BMJ Clinical Evidence*, 111, 2010, 6. PMID: 21418678.
- 22. KOLÁŘ, P.:** Rehabilitace v klinické praxi. Praha, Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 23. LOU, E. ET AL.:** A low power accelerometer used to improve posture [online]. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2001. Conference Proceedings (Cat. No. O1TH8555). IEEE. 2001, s. 1385-1389.
- 24. LUOMAJOKI, H., KOOL, J., DE BRUIN, E. D., AIRAKSINEN, O.:** Movement control tests of the low back; evaluation of the difference between patients with low back pain and healthy controls [online]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9, 2008, 1, s. 170. DOI: 10.1186/1471-2474-9-170.
- 25. MAGORA, A., SCHWARTZ, A.:** Relation between the low back pain syndrome and x-ray findings [online]. I. *Degenerative osteoarthritis. Scand. J. Rehabil. Med.*, 8, 1976, s. 115-125. PMID: 151915.
- 26. MAHER, CH., UNDERWOOD, M., BUCHBINDER, R.:** Non-specific low back pain [online]. *The Lancet*, 389, 2017, (10070), s. 736-747. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30970-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30970-9).
- 27. MAKIN, T. R., BENSMAIA, S. J.:** Stability of sensory topographies in adult cortex [online]. *Trends in Cognitive Science*, 21, 2017, 3, s. 195-204. DOI: 10.1016/j.tics.2017.01.002.
- 28. MASSÉ-ALARIE, H.:** Corticomotor control of lumbar multifidus muscles is impaired in chronic low back pain: concurrent evidence from ultrasound imaging and double-pulse transcranial magnetic stimulation [online]. *Experimental Brain Research*, 234, 2016, 4, s. 1033-1045. DOI: 10.1007/s00221-015-4528-x.
- 29. MCCASKEY, M. A. ET AL.:** Dynamic multi-segmental postural control in patients with chronic non-specific low back pain compared to pain-free controls: A cross-sectional study [online]. *PLoS One*, 13, 2018, 4. PMID: 0194512.
- 30. MEIER, M. L., VRANA, A., SCHWEINHARDT, P.:** Low back pain: the potential contribution of supraspinal motor control and proprioception [online]. *The Neuroscientist*, 2018, DOI: 1073858418809074.
- 31. MILLER, D. J.:** Comparison of electromyographic activity in the lumbar paraspinal muscles of subjects with and without chronic low back pain [online]. *Physical Therapy*, 65, 1985, 9, s. 1347-1354. PMID: 3162179.
- 32. MIRTZ, T.A., GREENE, L.:** Is obesity a risk factor for low back pain? An example of using the evidence to answer a clinical question [online]. *Chiropractic & Osteopathy*, 13, 2005, 1. DOI: 10.1186/1746-1340-13-2.
- 33. MOSELEY, G. L., HODGES, P.W.:** Reduced variability of postural strategy prevents normalization of motor changes induced by back pain: a risk factor for chronic trouble? [online]. *Behavioral Neuroscience*, 120, 2006, 2. DOI: 10.1037/0735-7044.120.2.474.
- 34. NEWCOMER, K. L. ET AL.:** Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects [online]. *Spine*, 25, 2000, 19, s. 2488-2493. DOI: 10.1097/00007632-200010010-00011.
- 35. O'SULLIVAN, P. B. ET AL.:** Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population [online]. *Spine*, 28, 2003, 10, s. 1074-1079. DOI: 10.1097/01.BRS.0000061990.56113.6F.
- 36. O'SULLIVAN, P.:** Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism [online]. *Manual Therapy*, 10, 2005, 4, s. 242-255. DOI: 10.1016/j.math.2005.07.001.
- 37. OPAVSKÝ, J.:** Algeziologické, neurologické a rehabilitační aspekty v diagnostice a terapii pacientů s chronickými nespecifickými bolestmi bederního úseku páteře [online]. *Neurologie pro praxi*, 16, 2015, 5, s. 262-265. ISSN 1803-5280.
- 38. PANJABI, M. M.:** The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement [online]. *Journal of Spinal Disorders*, 5, 1992, s. 383-383. PMID: 1490034.
- 39. PULLMAN, S. L. ET AL.:** Clinical utility of surface EMG: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology [online]. *Neurology*, 55, 2000, 2, s. 171-177. DOI: <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000311389.26145.95>.
- 40. RADEBOLD, A. ET AL.:** Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain [online]. *Spine*, 26, 2001, 7, s. 724-730. DOI: PMID: 11295888.
- 41. SAVAGE, R. A., WHITEHOUSE, G. H., ROBERTS, N.:** The relationship between the magnetic resonance imaging appearance of the lumbar spine and low back pain, age and occupation in males [online]. *European Spine Journal*, 6, 1997, 2, s. 106-144. ISSN 1432-0932.
- 42. SHIRADO, O. ET AL.:** Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain [online]. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 74, 1995, 2, s. 139-144. PMID: 7710729.
- 43. SHIRI, R., KARPPINEN, J., LEINO-ARJAS, P., SOLOVIEVA, S.:** The association between obesity and low back pain : A meta-analysis [online]. *American Journal of Epidemiology*, 171, 2009, 2, s. 135-154. DOI: 10.1093/aje/kwp356.
- 44. SIHVONEN, T. ET AL.:** Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy [online]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 998, 10, s. 1210-1212. DOI: 10.1016/S0003-9993(98)90264-7.
- 45. TAWA, N., RHODA, A., DIENER, I.:** Accuracy of magnetic resonance imaging in detecting lumbosacral nerve root compromise: a systematic literature review [online]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17, 2016, 1. DOI: 10.1186/s12891-016-1236-z.
- 46. WATSON, P. J. ET AL.:** Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development

of the flexion relaxation ratio [online]. *Clinical Biomechanics*. 12, 1997, 3, s. 165-171. DOI:10.1016/S0268-0033(97)00065-X.

**47. WONG, K. CH, LEE, R. Y. W., YEUNG, S. S.:** The association between back pain and trunk posture of workers in a special school for the severe handicaps [online]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10, 2009, 43. DOI:10.1186/1471-2474-10-4.

*Adresa ke korespondenci:*

**Mgr. Petra Konečná**

Katedra fyzioterapie FTK UP  
Třída Míru 117  
771 11 Olomouc  
e-mail: petra.konecna01@upol.cz

# Přínosy základního, preklinického a klinického výzkumu k uplatnění indukovaných elektrických proudů v indikacích rehabilitační a fyzikální medicíny

Průcha J.<sup>1,2</sup>, Dylevský I., Navrátil L.<sup>1</sup>, Vlachová V.<sup>3</sup>, Krůšek J.<sup>3</sup>, Dittert I.<sup>3</sup>, Skopalík J.<sup>4,5</sup>, Klapalová A.<sup>6</sup>, Štengl M.<sup>7</sup>, Socha V.<sup>2,8</sup>

<sup>1</sup>Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Fakulta biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické v Praze

<sup>2</sup>Katedra informačních a komunikačních technologií v lékařství, Fakulta biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické v Praze

<sup>3</sup>Oddělení buněčné neurofyziologie, Fyziologický ústav Akademie věd České republiky, Praha

<sup>4</sup>Ústav humánní farmakologie a toxikologie, Farmaceutická fakulta, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

<sup>5</sup>Ústav biomedicínského inženýrství, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

<sup>6</sup>Hamzova odborná léčebna Luže Košumberk

<sup>7</sup>Biomedicínské centrum, Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Plzni

<sup>8</sup>Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze

## SOUHRN

Aplikace indukovaných elektrických proudů se v současné rehabilitaci a fyzikální medicíně uplatňují ve stále rostoucí míře. Indukované elektrické proudy jsou vytvářeny časově proměnným magnetickým polem a jsou zřejmě jediným nebo alespoň hlavním biologicky účinným faktorem působení nízkofrekvenčních elektromagnetických polí. Kromě již „klasické“ pulzní magnetoterapie, která poskytuje nejmenší hustoty indukovaných elektrických proudů (obvykle tisíce až setiny A/m<sup>2</sup>), se stále více prosazuje i tzv. distanční, čili bezkontaktní elektroterapie, v cizině známá spíše pod názvy contactless electrotherapy, electrodeless therapy, inductively coupled electromagnetic field therapy, high-induction electromagnetic field therapy apod., která obvykle pracuje s vyššími proudovými hustotami amplitud impulzů indukovaných elektrických proudů v řádech minimálně desetín až jednotek A/m<sup>2</sup>. Významný rozvoj zaznamenává i tzv. vysokoindukční magnetická stimulace (high-induction magnetic stimulation) s percepčními i svalově motorickými účinky, která poskytuje v léčených tkáních proudové hustoty řádově desítek až stovek A/m<sup>2</sup>. V této práci jsme se nejprve zabývali výzkumem vlivu indukovaných elektrických proudů na sensorické neurony

zodpovědné za převod podnětů různých modalit, včetně podnětů souvisejících s nocicepcí. U těchto buněk jsme bradykininem modelovali zánět provázený zvýšením koncentrace kalciových iontů v intracelulárním prostoru. Prokázali jsme vliv distanční elektroterapie i vysokoindukční magnetické stimulace na snížení koncentrace kalcia v buňce i na pomalejší nástup a pokles bradykininem indukované kalciové vlny. Indukované elektrické proudové impulzy produkované vysokoindukční magnetickou stimulací, spontánní neuronální aktivitu primárních aferentních sensorických buněk bez přítomnosti mediátoru zánětu bradykininu však zvyšovaly. Další výzkum byl zaměřen na studium chování endoteliálních buněk, významných z hlediska angiogeneze, pod vlivem indukovaných elektrických proudů. Zde byl prokázán vliv nízkofrekvenčních impulzních indukovaných elektrických proudů na viabilitu těchto buněk a na jejich metabolickou aktivitu. Naopak na mezenchymální stromální buňky neměly impulzní indukované proudy vliv, ale zato se projevil vliv amplitudově modulovaných indukovaných harmonických proudů kiloherzových frekvencí, kdy byla signifikantně zvýšena migrační schopnost těchto kmenových buněk, podílejících se na regenerativních procesech, jakož i jejich schopnost

produkovat ve zvýšené míře matrix-metaloproteinázy. V rámci předložené publikace je referováno též o animální studii, kde byla u sus scrofa aplikována vysokoindukční magnetická stimulace na oblast hrudníku. Přes mohutné svalové kontrakce prsních svalů nebyl z analýzy EKG zjištěn jiný vliv nežli mírné změny HRV (heart rate variability). Na zdravých probandech byl studován vliv vysokoindukční magnetické stimulace na elasticitu ligamentum patellae. Pomocí ultrazvukové elastometrie bylo prokázáno snížení Yangova modulu pružnosti tohoto vazů, svědčící o zlepšení jeho elastických vlastností po aplikaci vysokoindukční magnetické stimulace. Na souboru pacientů s degenerativními postiženími pohybového aparátu byl klinicky

studován vliv vysokoindukční magnetické stimulace na bolest. Prokázán byl ústup bolesti u chronických pacientů o 1,6 stupně desetistupňové škály.

#### KLÍČOVÁ SLOVA

**vysokoindukční magnetická stimulace, indukovaný elektrický proud, elektromagnetické pole, primární senzory neuron, iontový kanál, bradykinin, ultrazvuková elastografie, endoteliální buňky, stromální mezenchymální buňky, viabilita buněk, migrace buněk, matrix-metaloproteináza, kolenní artróza, vertebrogenní algický syndrom, muskuloskeletární systém, variabilita srdeční frekvence**

#### SUMMARY

**Průcha J., Dylevský I., Navrátil L., Vlachová V., Krůšek J., Dittert I., Skopalík J., Klapalová A., Štengl M., Socha V.: Contributions of Basic, Preclinical and Clinical Research to the Application of Induced Electrical Currents in the Indications of Rehabilitation and Physical Medicine**

The application of induced electric currents is increasingly used in contemporary rehabilitation and physical medicine. The induced electric currents are generated by a time-varying magnetic field and are apparently the only or at least a major biologically active factor in the action of low-frequency electromagnetic fields. In addition to the "classical" pulse magnetotherapy, which provides the smallest densities of induced electric currents (usually thousandths to hundredths of A/m<sup>2</sup>), so-called distance or non-contact electrotherapy is increasingly popular, but rather known under the names contactless electrotherapy, electrodeless therapy, inductively coupled electromagnetic field therapy, high-induction electromagnetic field therapy, etc., which typically operates at higher current densities of pulse-induced electrical currents in the order of tenths to A/m<sup>2</sup>. High-induction magnetic stimulation with perceptual and muscular motor effects, which provides current density of tens to hundreds of A/m<sup>2</sup> in treated tissues, is also a significant development. In this work, we first investigated the effect of induced electric currents on sensory neurons responsible for the transmission of stimuli of various modalities, including those associated with nociception. In these cells, bradykinin modeled inflammation accompanied by increased calcium ion concentration in the intracellular space. We have demonstrated the influence of distance electrotherapy and high induction magnetic stimulation on the reduction of calcium concentration in the cell as well as on the slower onset and decrease of bradykinin-induced calcium wave. However, induced electrical current pulses produced by high induction magnetic stimulation increased spontaneous neuro-

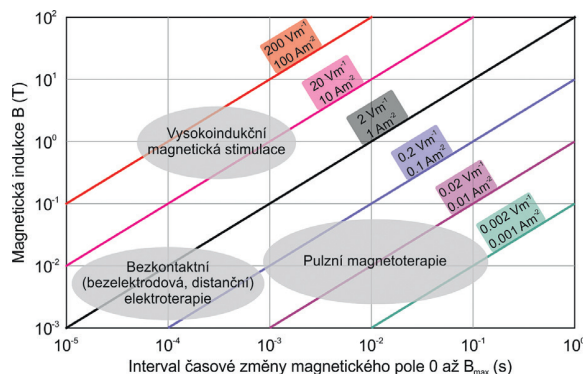
nal activity of primary afferent sensory cells without the presence of bradykinin inflammatory mediator. Further research was focused on the study of the behavior of endothelial cells, important in terms of angiogenesis, under the influence of induced electrical currents. Here, the effect of low-frequency pulse induced electric currents on the viability of these cells and their metabolic activity was demonstrated. On the other hand, pulse-induced currents did not affect mesenchymal stromal cells, but the effect of amplitude-modulated induced harmonic currents of kilohertz frequencies, where the migration capacity of these stem cells involved in regenerative processes, as well as their ability to produce matrix-metalloproteinases increased significantly. In the framework of the present publication, an animal study is also presented where high induction magnetic stimulation is applied to the sus scrofa on the chest area. Despite the massive muscle contraction of the breast muscles, no effect other than mild changes in HRV (heart rate variability) was found from ECG analysis. The effect of high induction magnetic stimulation on the elasticity of patellae ligamentum was studied in healthy subjects. Ultrasonic elastometry showed a reduction in the Yang modulus of elasticity of this ligament, suggesting an improvement in its elastic properties after application of high induction magnetic stimulation. The effect of high induction magnetic stimulation on pain was clinically studied in a group of patients with degenerative musculoskeletal disorders. Pain reduction in chronic patients of 1.6 degrees ten degrees was demonstrated.

#### KEYWORDS

**high-induction magnetic stimulation, induced electrical current, electromagnetic field, primary sensory neuron, ion channel, bradykinin, ultrasound elastography, angiogenesis, endothelial cells, stromal mesenchymal cells, cell viability, cell migration, matrix-metalloproteinases, arthrosis, vertebrogenic algic syndrome, musculoskeletal system, heart rate variability**

## ÚVOD

V současné fyzikální medicíně jsou stále častěji využívány fyzikální intervence, založené na aplikaci nejrůznějších typů nízkofrekvenčních periodicky časově proměnných magnetických polí, tedy nízkofrekvenčních polí elektromagnetických. Vzniká však otázka, jaký je mechanismus a účinnost tohoto léčebného působení a jaká fyzikální veličina ve skutečnosti působí na buňky, tkáně a orgány léčeného těla. Směrnice ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields), která je implementována v legislativě Evropského společenství i většiny zemí světa, a v české legislativě je představována nařízením vlády č. 291/2015 Sb., dříve Nařízením vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (5). Jasně vymezuje, že tímto biologicky účinným projevem nízkofrekvenčních elektromagnetických polí je indukovaný elektrický proud, jehož amplituda je závislá na velikosti magnetické složky elektromagnetického pole, tedy magnetické indukci, a na rychlosti časových změn této veličiny. Biologická účinnost indukovaného elektrického proudu je přitom dána jeho proudovou hustotou, to znamená velikostí elektrického náboje přeneseného přes jednotku plochy (jednotkou soustavy SI je  $A/m^2$ ). Lidské tkáně jsou vodičem 2. řádu s měrným odporem relativně dobře vodivých tkání (svaly, nervy, tělesné tekutiny) kolem  $2 \Omega m$ . Časově proměnné magnetické pole ve tkáních bez ohledu na jejich vodivost vytvoří (indukuje) indukované elektrické pole (jednotka  $V/m$ ). Ovšem ve vodivých tkáních toto indukované elektrické pole způsobí pohyb nosičů elektrických nábojů, elektrický proud, jehož proudová hustota je biologicky účinným fyzikálním podnětem a představuje fyzikální energii interagující s živou tkání. Upozorňujeme, že stále uvažujeme pouze o nízkofrekvenčním působení, definovaném podle (5) do frekvence 100 kHz. V případě distanční elektroterapie a vysokoindukční magnetické stimulace se však obvykle pohybujeme řádově maximálně do jednotek až desítek kHz. Ve světle těchto skutečností lze vytvořit graf (obr. 1), na kterém vodorovná osa popisuje rychlost časových změn časově proměnného magnetického pole, a svislá osa velikost magnetické indukce (v jednotkách Tesla, T). Šikmo položené úsečky pak představují amplitudu indukovaného elektrického pole, respektive amplitudu hustoty indukovaného elektrického proudu. Podle (5) se biologická účinnost těchto proudů projevuje hraničně již od řádu tisíců  $A/m^2$ , ale zjištělné biologické efekty lze prokazovat až v řádech desetin až jednotek  $A/m^2$ , percepční projevy až kolem 10  $A/m^2$  a motorické efekty (svalové kontrakce) až při



**Obr. 1** Indukované elektrické pole a hustota indukovaného elektrického proudu v závislosti na velikosti magnetické indukce a na rychlosti jejích časových změn, zároveň vyznačeny oblasti odpovídající typickým aplikacím léčebných metod využívajících nízkofrekvenčních indukovaných elektrických proudů – pulzní magnetoterapie, distanční elektroterapie a vysokoindukční magnetické stimulace.

několika desítkách až stovkách  $A/m^2$ . Graf na obrázku 1 zároveň vymezuje oblast uplatnění pulzní magnetoterapie, distanční (bezkontaktní) elektroterapie a vysokoindukční magnetické stimulace.

## Studium působení indukovaných elektrických proudů na senzorní nervové buňky

V nedávné době se nám podařilo prokázat účinek těchto indukovaných elektrických proudů na změny koncentrace vápenatých iontů, jako regulačního podnětu v buňkách se simulovaným zánětem, a tak přispět k objasnění mechanismu účinku této fyzikální intervence při sterilních i nesterilních zánětech v oblasti pohybového aparátu a při nervovém přenosu informace o bolesti. Jako buněčný model účinků bezkontaktně aplikovaných indukovaných elektrických proudů impulzního časového průběhu byly zvoleny primární senzorní nervové buňky, poněvadž klinické efekty fyzioterapeutických přístrojů pro distanční elektroterapii a vysokoindukční magnetickou stimulaci s vysokou pravděpodobností souvisejí právě s působením indukovaných elektrických proudů na senzorní nervové buňky. Pro studium vlivu indukovaných elektrických proudů byly zvoleny buňky typu F11 (ECACC 08062601), hybridomální buňky, embryonální neurony ganglií zadních míšních kořenů u potkana – tedy model specifické podskupiny senzorních neuronů zodpovědných za převod podnětů různých modalit, včetně podnětů souvisejících s nocicepcí a bolestí, souvisejících se zánětem, úrazem, degenerativním onemocněním lokomočního aparátu, ale také s procesy hojení, reparace a regenerace, tedy s hlavními klinickými účinky aplikace indukovaných elektrických proudů (pulzní magnetoterapie, distanční elektroterapie, vysokoindukční magnetická stimulace) odpoví-



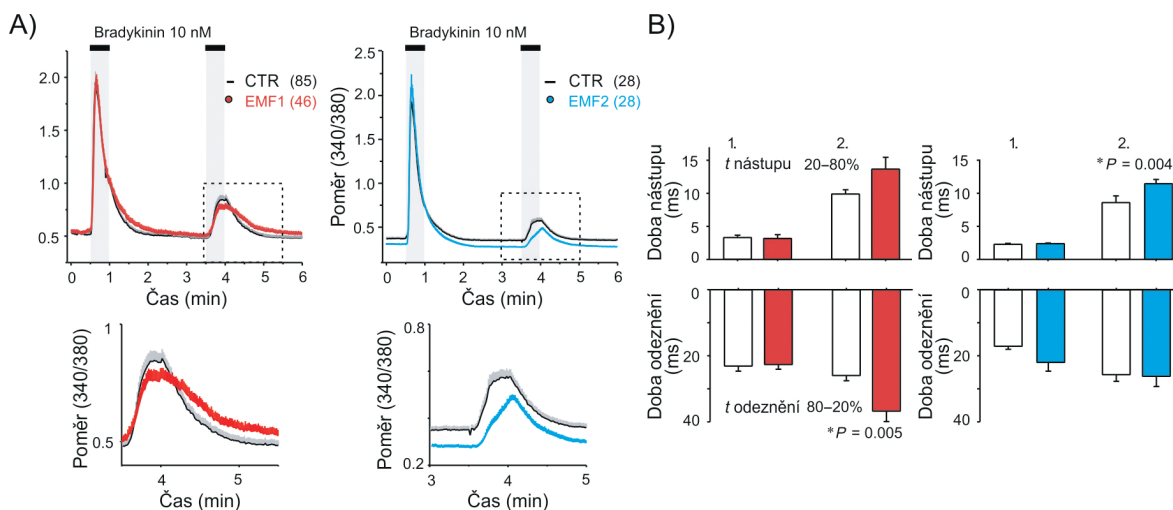
dajícími fyzikálně-léčebnými přístroji. Na této buněčné linii jsme pozorovali následující patrné účinky indukovaných elektrických proudů jako důsledku působení nízkofrekvenčního elektromagnetického pole, na které by bylo vhodné se zaměřit i v dalším výzkumu.

Nejprve byl zkoumán vliv impulzního indukovaného elektrického proudu na modelové senzory nervové buňky v přítomnosti zánětlivého mediátoru, jehož zvýšená koncentrace je v podmínkách *in vivo* spojena s typickými projevy bolesti. Sterilní, někdy i nesterilní zánět, je obvyklým stavem provázejícím degenerativní onemocnění pohybového aparátu i následky jeho poškození, což jsou obvyklé indikace přístrojů aplikujících pulzní i harmonické (sinusoidální), respektive interferenční nebo amplitudově modulované indukované elektroléčebné proudy. Zánět byl experimentálně simulován bradykininem, který byl k buněčné kultuře v účinné koncentraci (10 nM) přidán. Bradykinin je nativní vazodilatačně a nocicepčně působící peptid o 9 aminokyselinách, typický zánětlivý mediátor. Účinek chemicky indukovaných odpovědí byl pozorován jako časový průběh změn koncentrace vápenatých iontů v nitrobuněčném prostředí. Volné kalciové ionty uvnitř buňky jsou odrazem aktivace specifických receptorů, jež vážou bradykinin a aktivují řadu signálních drah v buňce. Je známo, že tyto signální dráhy ovlivňují aktivitu různých iontových kanálů, jejichž otevření způsobí depolarizaci buněčné membrány a následný výlev neuropřenašečů na centrálních synapsích nervových buněk. V centrálním nervovém systému je signál následně modulován a převeden do vyšších

nervových struktur. Snahou fyzikálně terapeutických přístupů je příznivě ovlivnit projevy neuroplasticity, podpořit reparaci buňky a normalizaci buněčných procesů, případně zajistit zánik již neopravitelné buňky apoptózou, tedy bez rizika nekrotických procesů ničících okolní buňky.

Na grafu 2, převzatém z publikace (11), je v části obrázku A vlevo znázorněn průměr časového záznamu změn intracelulární koncentrace volných vápenatých iontů při dvou po sobě následujících třicetivteřinových aplikacích bradykininu na tkáňovou kulturu F11 neuronů. Časový odstup mezi dvěma aplikacemi byl 3 minuty. Bylo sledováno 85 kontrolních buněk (křivka šedé barvy) a 46 buněk exponovaných po celou dobu záznamu časově proměnným nízkofrekvenčním elektromagnetickým polem, produkujícím biologicky potenciálně účinné impulzy indukovaných elektrických proudů (křivka červené barvy). Použit byl přístroj VAS-7 edice „Better Future“, výrobce Embitron s. r. o., s impulzními indukovanými proudy o parametrech typických (1, 2) pro tuto proceduru (proudová hustota 0,1 – 1 A/m<sup>2</sup>, frekvence impulsů 72 Hz, šířka impulsu 340 mikrosekund). Data jsou průměrem tří nezávislých experimentů pro každou skupinu, měření jsou realizována ekvidistantně po 1 sekundě.

Na obrázku 2, v části A vpravo, je vyobrazen průměr časového průběhu odpovědi na stejný chemický podnět, ovšem při působení indukovaných elektrických proudů o proudových hustotách o dva řády vyšších (10–100 A/m<sup>2</sup>), tedy odpovídajících vysokoindukční magnetické stimulaci s percepčními a motorickými účinky na dráždivé tkáň (použit byl přístroj pro vysokoindukční magnetickou sti-



**Obr. 2** Ovlivnění intracelulární koncentrace kalciových iontů zvýšené vlivem aplikace bradykininu. Toto ovlivnění je důsledkem vlivu nízkofrekvenčních elektromagnetických polí produkujících indukované elektrické proudy, v jejichž důsledku je vlna zvýšené intracelulární kalciové koncentrace nižší, nastupuje pomaleji, případně i déle přetrvává, čímž může být buňka chráněna před nežádoucím poškozením a zároveň získávat lepší podmínky pro vyrovnání se s důsledky zánětu. Podrobně v literatuře (11), ze které je tento obrázek převzat.

## PŮVODNÍ PRÁCE

mulaci typu *Saluter Moti*, výrobce Embitron s.r.o., max. magnetická indukce 3 T, harmonický bipolární impuls délky 350  $\mu$ s (mikrosekund), frekvence 20 Hz, impulzy v paketech o délce 2 s, pauzy doby trvání 5 s, 28 buněk exponovaných, modrá barva křivky, 28 buněk kontrolních, šedá barva křivky). Odezva má v obou případech podobný charakter, i když v případě vyšších proudových hustot je charakter změn vyvolaných fyzikální intervencí výraznější. Ovšem rovněž distanční elektroterapie (levá část obr. 2A), aplikující indukované elektrické proudy o proudové hustotě maximálně kolem 1 A/m<sup>2</sup>, způsobuje zřetelnou odezvu, což svědčí o tom, že distanční elektroterapie je na buněčné úrovni prokazatelně účinnou metodou, přestože je apercepční. Účinek indukovaných elektrických proudů se projevuje až při druhé odpovědi na bradykinin. Snížení citlivosti k mediátoru zánětu v důsledku působení nízkofrekvenčního elektromagnetického pole, respektive jím indukovaných elektrických proudů, může v reálných podmínkách představovat obranný mechanismus, který chrání buňku před jejím zánikem nebo poškozením. Při aplikaci indukovaných elektrických impulzů generovaných přístrojem pro distanční elektroterapii (proudová hustota indukovaných elektrických proudů v amplitudě jejich pulzů 0,1 – 1 A/m<sup>2</sup>) je účinnost bradykininu snížena a odeznění druhé bradykininové odpovědi výrazně opožděno (viz dolní část obr. 2A). Tato pozorování mohou vést k hypotéze, že účinky distanční elektroterapie mohou být nejen reparační, resp. apoptické, ale ovlivňují také výlev neuropřenašečů, převádějících informaci o bolesti do centrálního nervového systému. Vlivem aplikovaných indukovaných elektrických proudů může být v podmínkách zánětu snížena účinnost převodu nociceptního podnětu z periferie do centrálního nervového systému. Tlumená odezva buněčné komunikace v podmínkách modelového zánětu je tedy charakteristická

pro působení přístrojů pro distanční elektroterapii. Při aplikaci přístroje primárně určeného pro tzv. vysokoindukční magnetickou stimulaci (proudová hustota indukovaných elektrických proudů v amplitudě jejich pulzů 10–100 A/m<sup>2</sup>) se dospělo k podobným závěrům, navíc je však patrné, že účinnost bradykininu je snížena ještě výrazněji a doba nástupu odpovědi je signifikantně zpomalená a doba jejího odeznění je zkrácena (obr. 2A dole, obr. 2B).

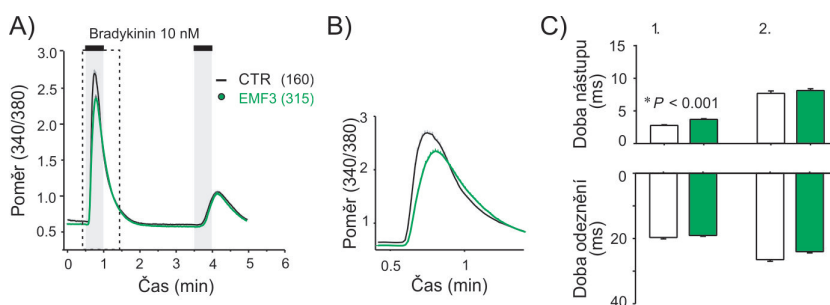
V případě vysokoindukční magnetické stimulace, charakterizované proudovými hustotami řádu desítek až stovek A/m<sup>2</sup>, je redukce nárůstu koncentrace kalcia v buňce vystavené zánětlivému mediátoru výraznější, ovšem tento jev je patrný i při proudových hustotách desetin až jednotek A/m<sup>2</sup>, tedy hodnotách aplikovaných při tzv. distanční elektroterapii. Lze uvažovat o hypotéze, že buňka postižená zánětem nebo i jiným oslabením si pod vlivem indukovaných elektrických proudových impulzů lépe zachovává svoji funkčnost a schopnost reagovat na vnější podněty.

Působení indukovaných elektrických impulzních proudů má vliv nejen na snížení koncentrace kalcia v buňce, ale též na rychlost nárůstu i rychlost poklesu koncentrace kalcia v buňce. Prodloužení poklesu koncentrace vápenatých iontů uvnitř neuronu, jako informačního podnětu pro buněčnou odpověď, je patrné v případě distanční elektroterapie (proudové hustoty v řádu desetin až jednotek A/m<sup>2</sup>). Buňka tak může aktivovat reparační procesy po delší dobu a s nižším rizikem poškození nebo zničení. Naopak v případě vysokoindukční magnetické stimulace (proudové hustoty v řádu desítek až stovek A/m<sup>2</sup>) je i nárůst koncentrace kalcia signifikantně zpomalen, takže buňka stačí lépe reagovat informací v době nástupu této informace.

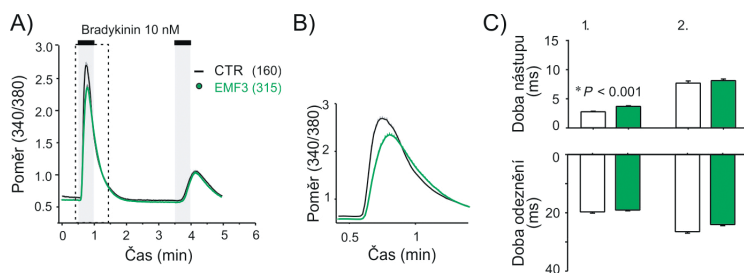
V zásadě má však distanční (bezkontaktní) elektroterapie i vysokoindukční magnetická stimulace na buněčné úrovni sensorických nervových buněk

překvapivě podobný efekt, liší se především intenzitou reakce s určitými potenciálními výhodami na straně vysokoindukční magnetické stimulace.

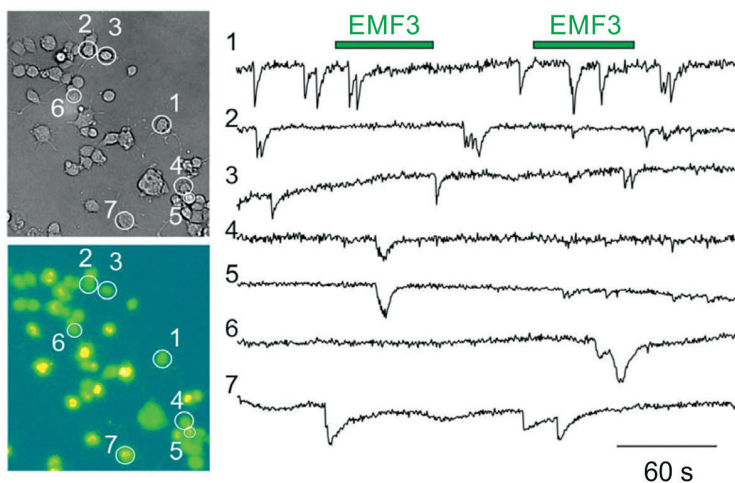
Bylo tedy experimentálně potvrzeno, že indukčně vázané nízkofrekvenční impulzní elektrické proudy snižují bradykininem indukovanou vápníkovou odpověď. Pro některé typy vysokoindukční magnetické stimulace (řádově desítky A/m<sup>2</sup> proudové hustoty a delší pulzní pakety s vyššími



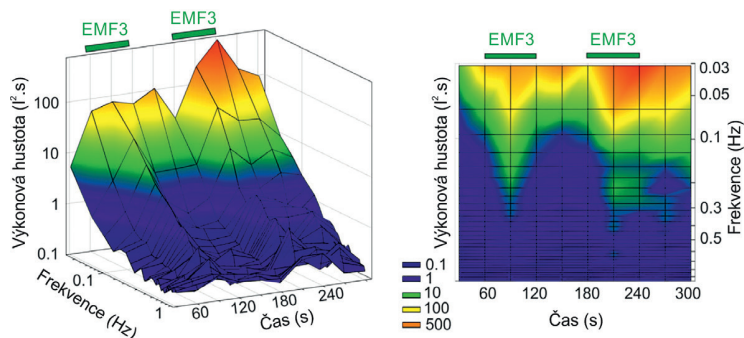
**Obr. 3** Vysokoindukční magnetická stimulace určitých frekvenčních parametrů dokáže ovlivnit reakci buňky na působení zánětlivého mediátoru bradykininu již při první aplikaci bradykininu, navíc s výraznou inhibicí bradykininové odpovědi a se signifikantně sníženou rychlostí nástupu kalciové vlny (A – časový průběh kalciové vlny, B – detail časového průběhu kalciové vlny (0.5 – 1.5 s), C – kvantifikace v histogramu). Převzato z (11).



**Obr. 3** Vysokoindukční magnetická stimulace určitých frekvenčních parametrů dokáže ovlivnit reakci buňky na působení zánětlivého mediátoru bradykininu již při první aplikaci bradykininu, navíc s výraznou inhibicí bradykininové odpovědi a se signifikantně sníženou rychlostí nástupu kalciové vlny (A – časový průběh kalciové vlny, B – detail časového průběhu kalciové vlny (0.5 – 1.5 s), C – kvantifikace v histogramu). Převzato z (11).



**Obr. 4** Nízkofrekvenční elektromagnetické pole s parametry odpovídajícími vysokoindukční magnetické stimulaci zvyšuje spontánní aktivitu sledovaných primárních aferentních sensorických buněk. Vodorovné úsečky označené EMF3 představují intervaly působení vysokoindukční magnetické stimulace. Převzato z (11).



**Obr. 5** Spektrální výkonová hustota signálu odpovídajícího spontánní aktivitě buněk je zvýšena vlivem aplikace vysokoindukční magnetické stimulace. Výsledky byly získány ze 154 buněk, viz literatura (11).

frekvencemi kolem 50 Hz a výše) se efekt inhibice bradykininové odpovědi v sensorických neuronech neprojevil až při druhé bradykininové odpovědi, ale bezprostředně při první aplikaci bradykininu, s výrazným projevem inhibice a se signifikantně sníženou rychlostí odpovědi (obr. 3). Experimentálně byl rovněž studován vliv indukčně vázaných impulzních elektrických proudů o vysokých proudových hustotách (vysokoindukční magnetická stimulace, proudové hustoty v buněčné suspenzi desítky až stovky A/m<sup>2</sup>) na spontánní aktivitu sledovaných primárních aferentních sensorických buněk, tedy bez ovlivnění mediátorem zánětu bradykininem. Buňky, projevující spontánní aktivitu se ve fluorescenčním mikroskopu jeví jako zeleně svítící, ilustraci poskytuje obr. 4.

Samotné objektivní vyhodnocení tohoto jevu však musí využívat statistických metod, speciálně výpočtu spektrální výkonové hustoty získaného frekvenčního signálu. Tímto analytickým nástrojem byla zcela jednoznačně potvrzena závislost spontánní aktivity buněk na aplikované vysokoindukční magnetické stimulaci. Na obr. 5 je patrné, že v době působení elektrického podnětu a určitou dobu po něm je spontánní buněčná aktivita signifikantně zvýšena.

Tento výsledek poukazuje na klinický význam vysokoindukční magnetické stimulace, týkající se podpory spontánní aktivity neuronů, čímž se otevírají možnosti dalšího testování hypotéz, které by mohly vést ke smysluplnému využití této procedury v celé řadě neurologických indikací. Zdůrazněme, že tento jev byl pozorován pouze u vysokoindukční magnetické stimulace s proudovými hustotami alespoň v řádu desítek A/m<sup>2</sup>, tedy indukovanými elektrickými pulzními proudy klinicky způsobujícími již alespoň percepční efekty. U samotné distanční elektroterapie s proudovými hustotami kolem 1 A/m<sup>2</sup> nebyl tento jev pozorován.

Otázky vzniku a přenosu informace o bolesti a její modulace působením distanční elektroterapie a vysokoin-

## PŮVODNÍ PRÁCE

dukční magnetické stimulace byly našim výzkumným týmem rovněž studovány na modelu F11 buněk, do kterých byl experimentálně vnesen gen kódující TRPA1 receptory. Aktivita tohoto receptoru zajišťuje převod nocicepčních podnětů na primárních aferentních senzoriálních neuronech u savců. Tyto iontové kanály mají klíčovou úlohu v mechanismech vzniku bolesti (nocicepce) při zánětu, a cílem bylo zjistit, zda vysokoindukční magnetická stimulace může ovlivnit aktivitu právě těch neuronů, které TRPA1 zvýšeně exprimují. Pod vlivem vysokoindukční magnetické stimulace je zřetelně potlačována neuronální aktivita, viz grafy na obr. 6. Zmiňované výzkumy byly uskutečněny na pracovišti Oddělení buněčné neurofyziologie Fyziologického ústavu Akademie věd České republiky v Praze.

Pochopitelně, že pro vyvolání percepčních nebo dokonce motorických efektů dráždivých nervových a svalových tkání, spojených se vznikem a šířením akčního potenciálu (obr. 7), intenzita indukovaného elektrického pole a indukovaná proudová hustota typická pro distanční elektroterapii není ještě dostačující, takže realizace percepční stimulace nebo svalové stimulace může být dosaženo až vysokoindukční magnetickou stimulací (obr. 7).

### Studium působení indukovaných elektrických proudů produkovaných bezkontaktní (distanční) elektroterapií na endoteliální buňky a stromální mezenchymální buňky

Další, dosud probíhající biomedicínský výzkum preklinických účinků indukovaných elektrických

proudů, produkovaných zdravotnickými prostředky typu „distanční elektroterapie“ s indukovaným elektrickým polem řádů desetin až jednotek V/m, je zaměřen na:

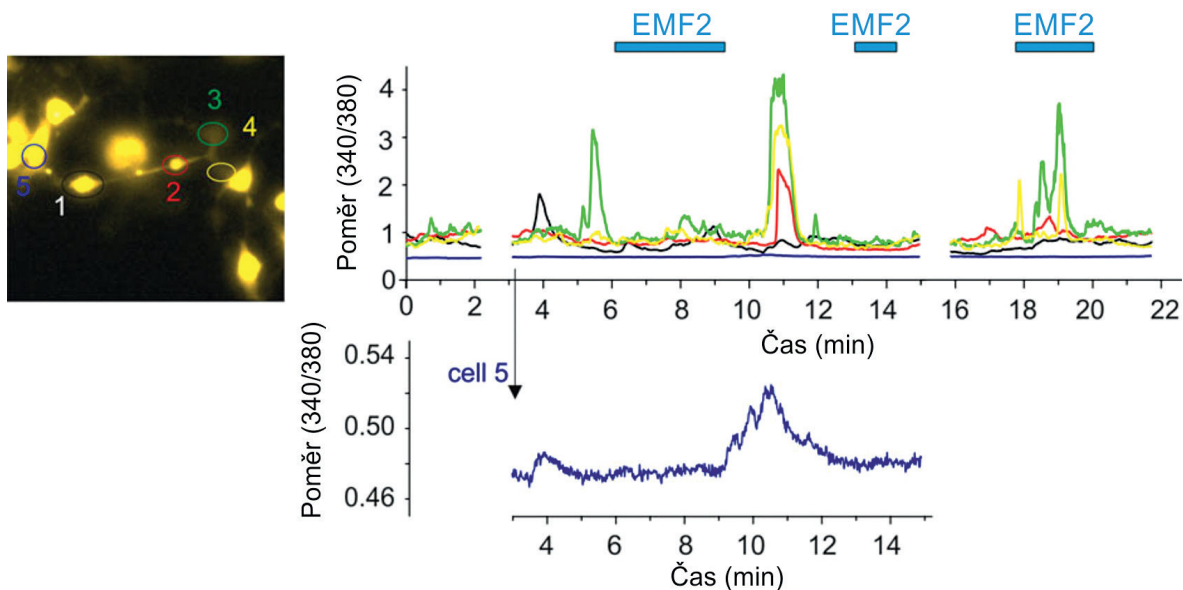
**a)** výzkum vlivu impulzních i interferenčních indukovaných elektrických proudů na endoteliální buňky,

**b)** výzkum vlivu impulzních i interferenčních indukovaných elektrických proudů na stromální mezenchymální buňky.

#### Ad a)

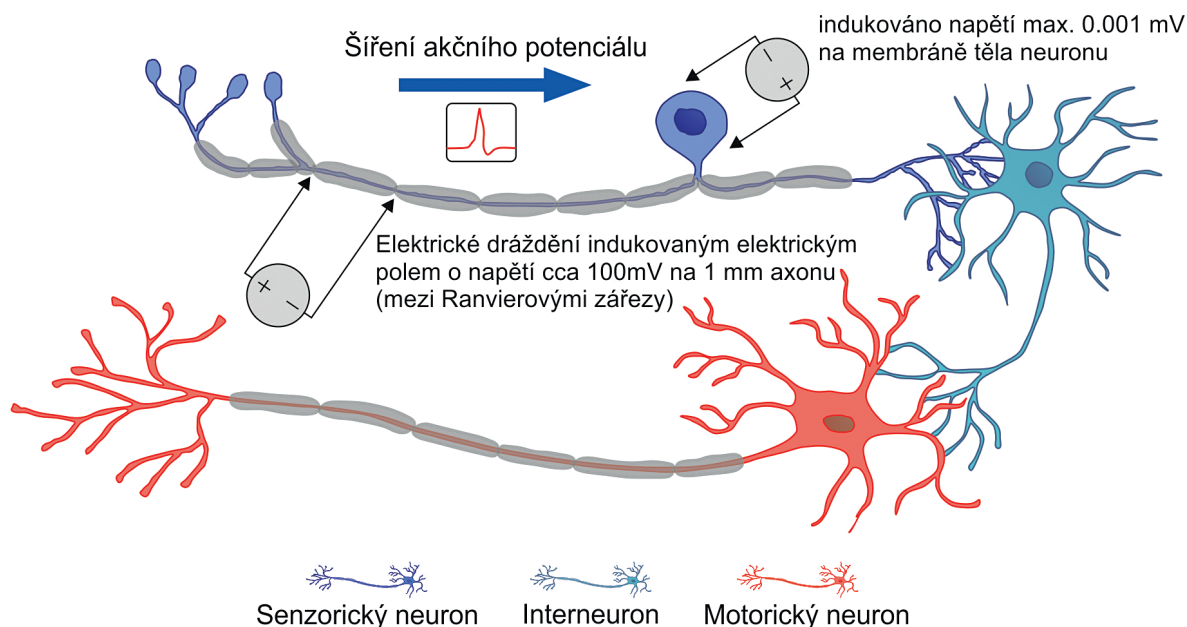
Endoteliální buňky jsou vysoce specializované epitelové buňky, které lemují srdce, cévy a lymfatické cévy a které tvoří endotel. Jsou polygonálního tvaru a spojeny jsou tzv. tight junctions. Tight junctions umožňují variabilní propustnost pro specifické makromolekuly, které jsou přepravovány přes endoteliální vrstvy. Endoteliální buňky mají zcela zásadní význam při angiogenezi - procesu nezbytném při jakémkoliv hojení, zánětu i při kompenzaci degenerativních onemocnění tkání, tedy prakticky ve všech indikacích distanční elektroterapie a vysokoindukční magnetické stimulace.

Byly zkoumány lidské i myší endoteliální buňky pod vlivem impulzních indukovaných elektrických proudů typických jako léčebné agens pro přístroje určené k jejich aplikaci (distanční, čili bezkontaktní elektroterapie). V případě těchto impulzních indukovaných elektrických proudů můžeme počítat s následujícími parametry:

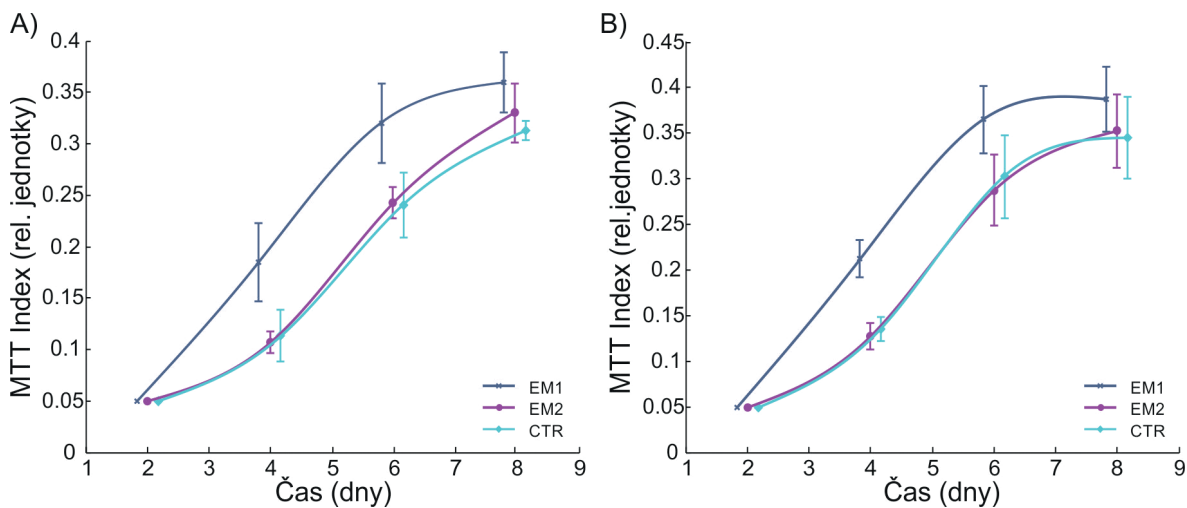


**Obr. 6** Potlačení neuronální aktivity buněk F11 se zmoženými TRPA1 receptory vlivem vysokoindukční magnetické stimulace. Převzato z (11).

- hodnota špička - špička magnetického pole 5 mT,
  - šířka impulsu 340  $\mu$ s; tvar budícího impulsu rektangulární,
  - frekvence 72 Hz,
  - aplikace této frekvence po dobu 2,5 sekundy (burst), pak 0,5 sekundy pauza a dále periodicky.
- Indukované elektrické proudové impulsy, mající hodnotu špička - špička 4,5 mV/cm v buňkách, vytvářejí proudovou hustotu 0,27 A/m<sup>2</sup> (při předpokládané měrné vodivosti suspenze buněk 0,6 S/m). Parametry těchto impulzních proudů jsou tedy identické parametrům proudů uplatňovaných ve

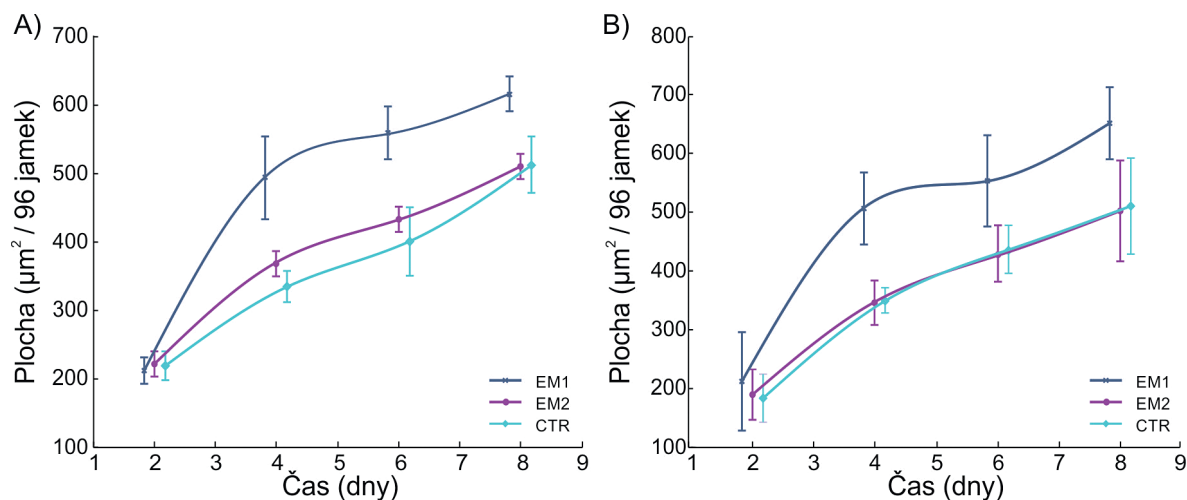


**Obr. 7** Stimulace aferentní nervové dráhy senzorkého neuronu s důsledkem vzniku reflexního oblouku a motorického účinku vysokoindukční magnetické stimulace. Proudové impulsy vytvářené touto fyzikální intervencí mají již natolik velkou hustotu indukovaného elektrického proudu, že mezi Ranvierovými zářezy zajistí dostatečný potenciálový spád, který generuje akční potenciál šířící se po axonu senzorkého neuronu a dále vytvořeným reflexním obloukem. Na těle nervové buňky je však stále tak malý napěťový spád, že se není nutno obávat elektrického poškození membrány těla samotné nervové buňky.



**Obr. 8** Metabolická aktivita lidských (A) a myších (B) endoteliálních buněk. Křivka s označením EM1 představuje vliv distanční elektroterapie produkující impulzní proudy 72 Hz, šíře 340 mikrosekund, křivka s označením EM2 představuje distanční elektroterapii produkující harmonické (sinusoidální) proudy s nosnou frekvencí 5 kHz, amplitudově modulované, a označení CTR je vyhrazeno pro kontrolní skupinu. Pouze impulzní indukované el. proudy signifikantně zvyšují metabolismus endoteliálních buněk. Převzato z práce (12).

## PŮVODNÍ PRÁCE



**Obr. 9** Zvětšení počtu endoteliálních buněk, tedy stimulace jejich množení, pod vlivem impulzních indukovaných elektrických proudů demonstrují křivky EM1. Obdobný výsledek byl získán u lidských (A) i myších (B) endoteliálních buněk. Křivky označené jako CTR odpovídají kontrole a EM2 neúčinnému působení indukovaných elektrických proudů s amplitudově modulovaným harmonickým (sinusovým) průběhem. Převzato z práce (12).

výzkumných i klinických pracích prof. C.A.L. Bassetta, označovaných jako single pulse (1,2).

Obrázek 8 ukazuje zvýšení metabolické aktivity lidských (obr. 8A) i myších (obr. 8B) endoteliálních buněk pod vlivem indukčně vázaných impulzních elektrických proudů produkovaných přístrojem pro distanční čili bezkontaktní elektroterapii (označeno EM1). Křivka, označená CTR, je neozářovaná kontrolní skupina buněk, křivka označená EM2 představuje v tomto případě neúčinnou formu působení indukovaného proudu s amplitudově modulovaným harmonickým (sinusovým) průběhem, byť se srovnatelnou hodnotou amplitudy proudové hustoty indukovaného elektrického proudu tohoto harmonického průběhu. Metabolická aktivita byla ohodnocena fotometricky prostřednictvím testu MTT.

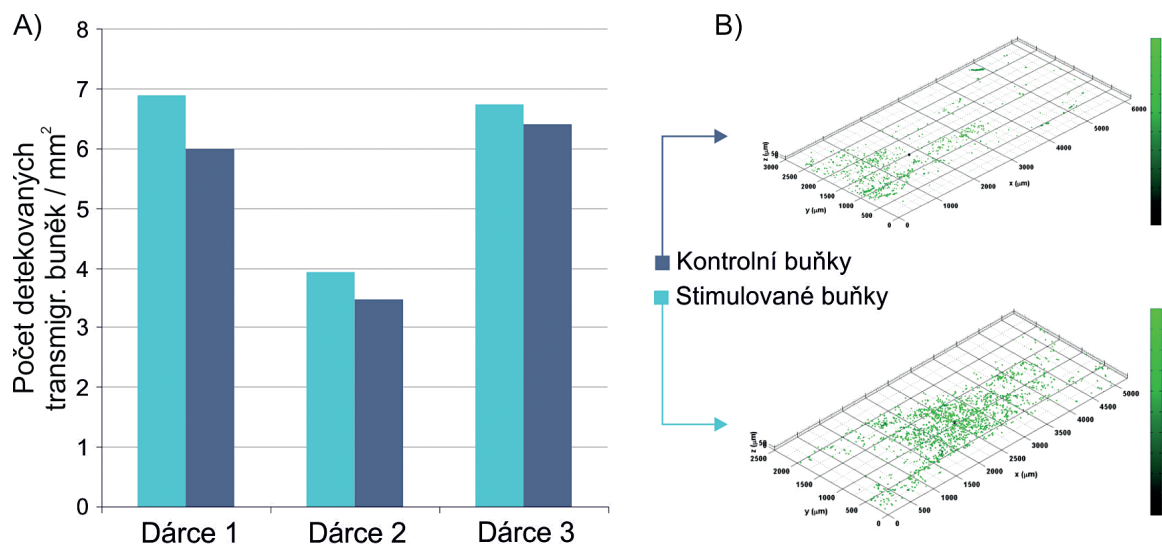
Kromě zvýšení metabolické aktivity bylo experimentálně prokázáno též celkové zvýšení viability endoteliálních buněk, na které působily indukčně vázané impulzní elektrické proudy produkované přístrojem pro distanční elektroterapii (obr. 9). Bylo tedy prokázáno rovněž zvětšení počtu endoteliálních buněk, tedy jejich usilovnější množení (na obrázku 9 označeno EM1). Celkový počet buněk byl měřen numerací na fluorescenčním mikroskopu po obarvení Calcein AM vitálním barvivem, statistika byla prováděna z 10 zorných polí objektivu 10x, přepočtena na buněčnost/cm<sup>2</sup>, opět pro lidské (obr. 9A) i myší (obr. 9B) endoteliální buňky, a opět ve srovnání s kontrolou (označenou CTR) i s neúčinným působením indukovaného proudu s amplitudově modulovaným harmonickým (sinusovým) průběhem, byť se srovnatelnou hodnotou amplitudy

proudové hustoty tohoto indukovaného elektrického proudu (označeno EM2).

### Ad b)

Stromální mezenchymální buňky jsou multipotentní buňky schopné obnovovat poškozené tkáně. Jsou schopné se měnit (diferencovat) na široké spektrum buněčných typů, jako je chondrocyt, adipocyt, osteocyt, osteoblast, myocyt, kardiomyocyt, neuron či inzulin produkující buňka. Stromální mezenchymální buňky jsou proto důležité při jakémkoliv procesu hojení, regenerace a reparace (6), zvláště tkání lokomočního aparátu, kůže a nervových buněk, tedy v celém spektru indikací příslušných metod a fyzikálně-léčebných přístrojů, jejichž účinky se v tomto článku zabýváme. Přitom indukované elektrické proudy, produkované příslušnými fyzikálně-léčebnými přístroji, mohou příznivě ovlivňovat jak vlastní stromální buňky, nacházející se nativně v léčených tkáních pacienta, tak i stromální buňky vpravené do léčené části těla iatrogeně. Experimentální důkaz účinku interferenčních indukovaných elektrických proudů na stromální mezenchymální buňky byl proveden na buňkách získaných z lidské tukové tkáně a s následujícími parametry harmonických (sinusoidálních), amplitudově modulovaných proudů, typických pro distanční elektroléčbu a odpovídající parametrům interferenčních proudů, aplikovaných ve fyzikální léčbě a rehabilitaci:

- hodnota špička - špička magnetického pole 6 mT,
- harmonická nosná frekvence 5000 Hz, amplitudově modulována frekvencí 1 až 100 Hz se 100% promodulací, po dobu 6 sekund frekvenč-



**Obr. 10** Znárodnění zvýšení migrační schopnosti lidských mezenchymálních stromálních buněk tří různých dárců pod vlivem indukovaných elektrických proudů harmonického (sinusoidálního) časového průběhu, amplitudově modulovaných v souladu s požadavky na interferenční elektroterapii (A) a příklad mikroskopického zobrazení migrace stromálních buněk, pro kontrolní a stimulované buňky (B).

ní vzestup (sweep) od 1 Hz do 100 Hz lineárně, po dobu dalších 6 sekund pokles ze 100 Hz na 1 Hz opět lineárně,

- indukované interferenční proudy (špičková hodnota při jedné polaritě) při intenzitě elektrického pole 18,8 mV/cm vytvářejí proudovou hustotu 1,1 A/m<sup>2</sup> (za předpokladu měrné vodivosti suspenze buněk 0,6 S.m).

Veškeré elektrické a magnetické veličiny byly měřeny pomocí přístroje Maschek ESM100 firmy Maschek (BRD) a pomocí přístroje Gaussmeter GM05 fy Hirst Magnetic Instruments Ltd. (GB). Studie byla provedena na společných pracovištích Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně, Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně a Biomedicínckého ústavu Fakulty elektrotechniky a informatiky Vysokého učení technického v Brně. Ilustrativní sken v okrsku 200x600 mikrometrů ukazuje signifikantně zvýšenou schopnost stromálních buněk migrovat k místu léze přes kolagenní vrstvu a membránu. Histogram (obr. 10A) pak vystihuje kvantifikaci tohoto jevu dosaženého stimulací sinusoidálními, amplitudově modulovanými, indukčně vázanými proudy s nosnou frekvencí 5 kHz. Na obrázku 10 jsou vyznačeny migrační projevy stimulovaných a kontrolních, nestimulovaných buněk u tří různých dárců stromálních mezenchymálních buněk, získaných ultracentrifugací z tukové tkáně.

Dále bylo experimentálně dokázáno, že indukované elektrické proudy sinusoidálního (harmonického) průběhu, amplitudově modulované po vzoru léčebných interferenčních proudů, určených pro

distanční elektroterapii, působí rovněž signifikantní zvýšení produkce matrix-metaloproteináz, enzymů majících význam při hojení tkání a regeneraci. Matrix-metaloproteinázy jsou důležité pro řadu biologických dějů, zahrnujících například buněčnou proliferaci, diferenciaci a remodelaci extracelulární matrix, nebo také angiogenezi a buněčnou migraci. Impulzní indukované elektrické proudy, produkováné přístrojem pro distanční elektroterapii, na stromální mezenchymální buňky vliv nevykazovaly. Tyto závěry slouží mimo jiné pro podporu vhodné kombinace impulzních a interferenčních indukčně vázaných elektrických proudů v přístrojích určených pro tzv. distanční (bezkontaktní) elektroterapii.

#### **Předběžné výsledky studia vlivu vysokoindukční magnetické stimulace na bolest při léčbě pacientů s degenerativními onemocněními pohybového aparátu**

Zvýšený zájem o léčebné využití indukovaných časově proměnných elektrických proudů a získané preklinické experimentální výsledky vedly k zahájení multicentrické klinické studie na pacientech. První část této studie se uskutečnila v Hamzově odborné léčebně v Luži – Košumberku. Certifikovaným přístrojem pro vysokoindukční magnetickou stimulaci typ *Saluter Moti* byly aplikovány procedury, a to jednak s vyšší hodnotou magnetické indukce (2 až 2,5 T), a tím i vyšší hodnotou amplitud indukovaných elektrických proudů, jednak s hodnotami magnetické indukce nižšími o hodnotách 1 až 1,5 T. Soubor zahrnoval 32 pacientů, dva z nich léčbu přerušili, jeden pro poruchy

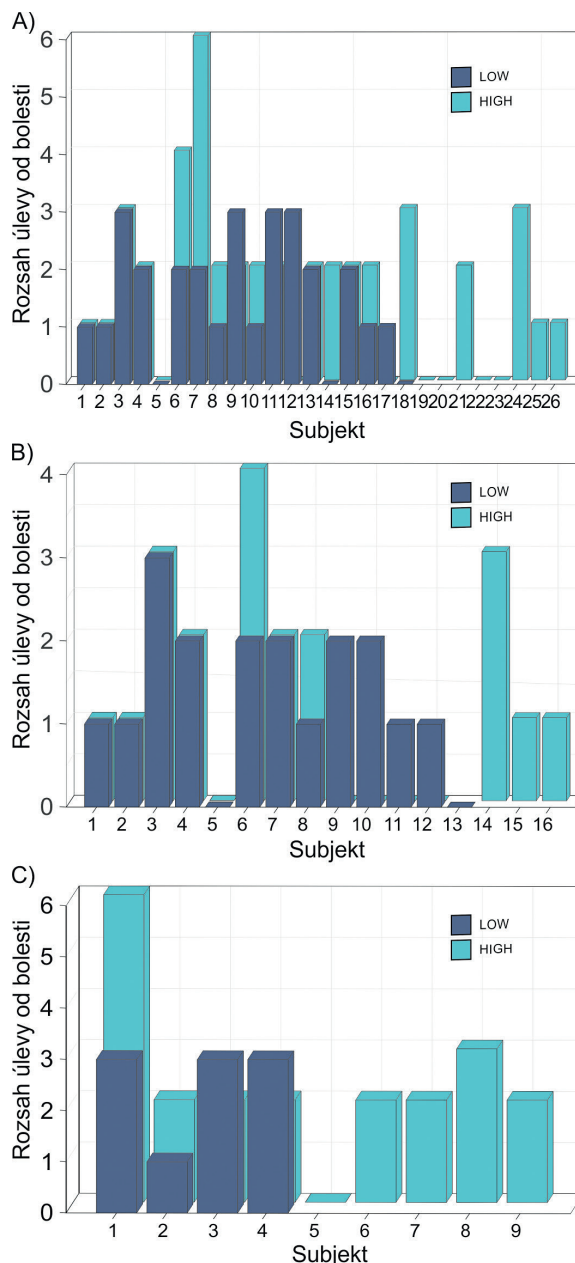
## PŮVODNÍ PRÁCE

**Tab. 1** Výsledky deskriptivní statistiky souboru 45 sérií procedur vysokoindukční magnetické stimulace u 29 pacientů. Procedury byly 10minutové, podávané denně, celkem 15 procedur v sérii. Bolestivost hodnotil pacient před a po ukončení léčby pomocí standardní desetistupňové vizuální stupnice bolesti (VAS). Na hladině významnosti  $p=0,003$  byla potvrzena účinnost léčby ve srovnání s placebem vyjádřeným ústupem bolesti o jeden stupeň VAS. Ústup bolesti, hodnocený jedním škálovým bodem, byl tedy považován za pouhé placebo. Mezi účinkem vyšších hodnot magnetické indukce (HIGH, 2–2,5 T) a nižších hodnot magnetické indukce (LOW, 1–1,5 T) nebyl zjištěn signifikantní rozdíl.

		Intenzita	
		HIGH	LOW
Celkem	průměr	1,65	1,56
	SD (směrodatná odchylka)	1,44	1,04
	medián	2	1,5
	statistická významnost	N.S.	
Kolená, kyčel	průměr	1,33	1,38
	SD (směrodatná odchylka)	1,29	0,87
	medián	1	1
	statistická významnost	N.S.	
Páteř	průměr	2,33	2,5
	SD (směrodatná odchylka)	1,58	1,01
	medián	2	3
	statistická významnost	N.S.	
Placebo	průměr	1	1
	SD (směrodatná odchylka)	0	0
	medián	1	1
	statistická významnost placebo – celkem	$p=0,003$	

přístroje, po níž již odmítal spolupracovat (artróza kolen), druhý pro pocity dyskomfortu psychické povahy (strach) při podávání percepčně působící procedury na CTh oblast páteře (jediná aplikace). Tito pacienti nebyli dále hodnoceni. Ostatní pacienti vyjadřovali spokojenost a často udávali zlepšení hybnosti v léčeném místě pohybového aparátu. Nežádoucí příhody nebyly zaznamenány. Bylo podáváno 15 procedur v sérii, aplikace každý den po dobu 10 minut.

V 16 dokončených případech byly léčeny velké nosné klouby dolních končetin (14 pacientů kolenní, 2 pacienti kyčelní). Ve 13 dokončených případech byla léčena bederní páteř. Jeden pacient byl léčen pro degenerativní onemocnění ramenního kloubu, kde bylo dosaženo velmi dobrého výsledku (ústup bolesti z hodnoty 6 visual analogue scale, VAS, na hodnotu 4 VAS spolu s objektivním zlepšením



**Obr. 11** Sloupcové diagramy ústupu bolesti podle VAS. Světlemodré sloupce vyjadřují ústup bolesti při aplikaci vyšších hodnot magnetické indukce (HIGH, 2 – 2,5 T), tmavomodré sloupce vyjadřují ústup bolesti při aplikaci nižších hodnot magnetické indukce (LOW, 1 – 1,5 T). Každý sloupec přísluší jedné podané sérii procedur a zhodnocuje ústup bolesti po podání této série. Zvláště je vyneseno diagram pro všechny podané série procedur (A), pro pacienty léčené s kolenními klouby (B) a pro pacienty léčené s vertebrogeními potížemi v bederní oblasti (C). U žádného z pacientů nedošlo ke zhoršení.

hybnosti v ramenním kloubu). Celkově vyhodnocovaných sérií procedur bylo 45. Mnozí pacienti byli léčeni zároveň na obou kolenních kloubech. Pak bylo vždy aplikováno na jedné straně 2 až 2,5 T,



na druhé straně 1 až 1,5 T. Zdůrazněme, že v naší studii nebyly hodnoceny jednotlivé procedury, jak je tomu např. v (7), ale celé ukončené série procedur. Tabulka 1 udává základní deskriptivní statistické údaje.

Je patrné, že účinek vysokoindukční magnetické stimulace, podávané přístrojem „*Saluter Moti*“, je vzhledem k palcebu (pro placebo byl zvolen ústup bolesti o jeden stupeň škály bolesti VAS) vysoce signifikantní (hladina významnosti  $p = 0,003$ ). Bolest v průměru ustupovala o 1,6 stupně škály. Mezi aplikací 2 T až 2,5 T a 1 T až 2,5 T nebyl v těchto indikacích zjištěn statisticky významný rozdíl, ačkoliv v grafické interpretaci výsledků 3D histogramy se zdá být lepší výsledek při vyšší magnetické indukci 2,5 T, a tím i vyšších hodnotách proudových hustot indukovaných elektrických proudů. Signifikantně lepší účinek procedury se projevoval v aplikacích zaměřených na páteř (v lumbální oblasti). Výsledky detailně ilustrují sloupcové diagramy na obrázku 11.

Ve srovnání s prací (7), která s cílem uplatnit důsledky vrátkové i kódové teorie tlumení bolesti aplikovala vysokoindukční magnetickou stimulaci s vyššími frekvencemi 60 – 150 Hz, byla v naší studii aplikována frekvence 20 Hz, umožňující výrazné svalové kontrakce až do úrovně hladkého až vlnitého tetanu, především s cílem příznivého ovlivnění měkkých tkání kolem léčených kloubů, zvýšení jejich elasticity, snížení svalového hypertonu, eliminace otoku (vliv na mikrosvalovou pumpu), případně efektů na buněčné úrovni popisovaných v předchozích částech této práce. Při použití této frekvence lze ještě uvažovat o vlivu na stimulaci produkce endorfinů, a tím též na ústup bolesti. V souvislosti s motorickými i senzoryckými efekty vysokoindukční magnetické stimulace nelze vyloučit ani vliv na fungování autonomního nervového systému, zejména ovlivněním sympatiku na spinální etáži, čemuž by odpovídaly i výsledky (4). Důležitý se zdá být tzv. disperzní efekt (přeměna želatinózní hmoty na kapalnější fázi a rozptýlení pohyblivých složek, zejména v intersticiu), popisovaný například v (9), který souvisí s motorickými efekty podávání vysokoindukční magnetické stimulace, jehož maximum lze předpokládat spíše při nižších frekvencích (10 až 20 Hz). Nižší frekvence při vysokoindukční magnetické stimulaci v indikacích bolestivých degenerativních onemocnění rovněž používali Poděbradský a Poděbradská (9), kteří pracovali s přístrojem typu *Salus Talent* a při ústupu algických stavů muskuloskeletárního aparátu dosahovali příznivých výsledků (pokles bolestivosti po sérii procedur o 2,7 stupně škály VAS). Práce (7), která využívala přístroj pro vysokoindukční magnetickou stimulaci typu *BTL-6000 Super Inductive System*, používá sice poněkud jinou

metodiku analýzy dat, ale průměrný ústup bolesti podle VAS dosahuje stupně 1,5 škály VAS, v naší studii bylo dosaženo srovnatelné hodnoty 1,6. Šťastný a Prouza (14) ve své studii, provedené rovněž s přístrojem typu *6000 Super Inductive System*, aplikovali však na rozdíl od práce (7) převážně nízké frekvence (do 10 Hz), s nimiž dosáhli snížení bolesti z původní průměrné hodnoty 4,9 před první procedurou na 3,1 po poslední proceduře, tedy o 1,8 stupně VAS.

Výsledky naší i ostatních studií svědčí o analgetickém efektu vysokoindukční magnetické stimulace, dosahovaném jak s vyššími, tak i poněkud nižšími hodnotami magnetické indukce, jakož i s využitím vyšších i nižších frekvencí. V našich studiích bylo dosaženo 1,6 stupně VAS škály ústupu bolesti. Ve srovnání s tím je poněkud zarážející, že seriózní výzkum ústupu bolesti při postiženích muskuloskeletárního aparátu, provedený na souboru 340 pacientů a předložený v pracích (8, 10), poukázal na průměrných 5 až 6 stupňů VAS škály ústupu bolesti. Vysvětlení tohoto markantního rozdílu je však poměrně snadné a spočívá v rozdílné metodice sběru dat při použití VAS. V práci (8) všichni pacienti označili svoji iniciální bolest (úroveň bolesti před podáváním procedur) stupněm 10, zatímco v práci (7), jakož i v této naší recentní studii byla iniciální bolest ohodnocena pacientem subjektivně příslušným stupněm v rámci celé VAS. Pokud data z této předložené předběžné studie přepočítáme podle metodiky práce (8), pak průměrný ústup bolesti činí 3,3 stupně VAS (směrodatná odchylka 2,8). Při použití vyšších hodnot magnetické indukce činí takto přepočtený ústup bolesti 2,6 stupně, při použití nižších hodnot magnetické indukce dokonce 4,2 stupně. I po těchto přepočtech, které přibližují výsledky dosažené v ústupu bolesti při aplikaci distanční elektroterapie i vysokoindukční magnetické stimulace vyznívá však analgetický účinek distanční (bezkontaktní) elektroterapie poněkud lépe.

Získané výsledky zároveň podporují hypotézu předpokládající, že v případech léčby degenerativních onemocnění pohybového aparátu, které jsou spojeny s potřebou svalové stimulace a svalových kontrakcí (jako je tomu například při fyzikální intervenci ligament a šlach – viz dále), požadavkem snížení svalového hypertonu, nebo naopak požadavkem posílení ochablých svalů, účinné podpory perfuze, lokálního metabolismu a trofiky, případně regenerativních a reparativních procesů apod., je vysokoindukční magnetická stimulace účinnou metodou, v některých ohledech působící výrazněji než distanční elektroterapie. Rozdíl v léčebném účinku v indikacích souvisejících s degenerativními onemocněními pohybového aparátu u obou těchto metod není však zcela zásadní a ukazuje se,

## PŮVODNÍ PRÁCE

že zde není nutno dosahovat extrémně vysokých hodnot proudových hustot indukovaných elektrických proudů, tedy používat v těchto indikacích nejvyšších hodnot magnetické indukce. Vysoké hodnoty magnetické indukce, a tím i mimořádně vysoké hodnoty amplitud indukovaných elektrických proudů, jsou naopak žádoucí a z hlediska maximální účinnosti nezbytné v případech, kdy se fyzikální intervencí snažíme docílit účinné myorelaxace, uvolnění hypertonických nebo spastických svalů, případně změn elastických vlastností šlach a vazů a viskoelastických účinků vůbec. Vysoké hodnoty magnetické indukce jsou rovněž nutné zvláště pro účinnou léčbu ochablosti svalstva pánevního dna i ochablosti jakýchkoliv jiných svalů, pro efektivní fyzikální intervenci při polyneuropatiích, při poruchách periferního prokrvení a při podpůrné léčbě následků iktů a úrazů míchy a mozku (hovoříme zde o periferních aplikacích).

### Studium vlivu vysokoindukční magnetické stimulace na elasticitu ligament

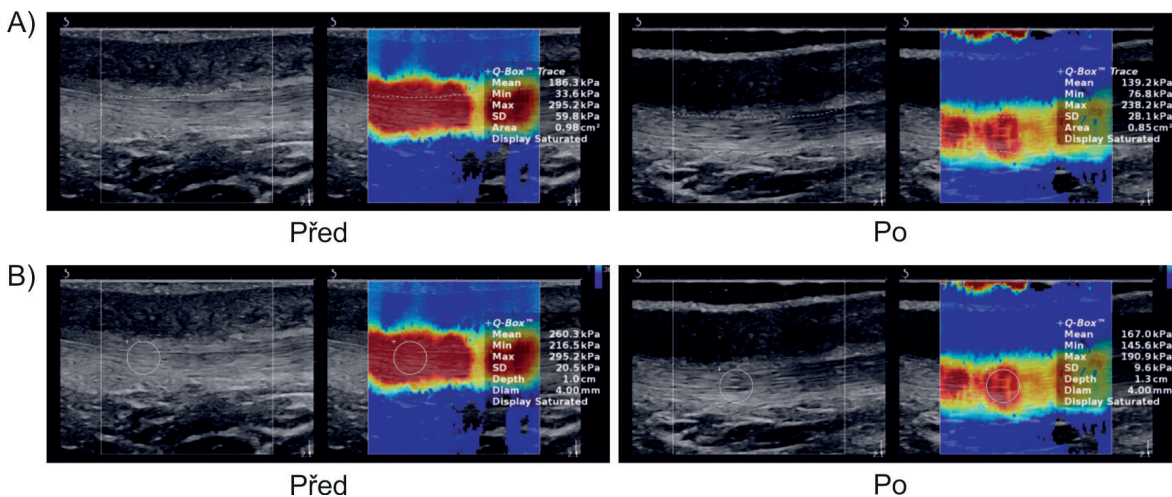
Z hlediska experimentálního studia jednoho z posledně jmenovaných aspektů (elasticita vazů a šlach) byla uskutečněna měření (13), která měla přispět k potvrzení možnosti ovlivnění funkčních vlastností měkkých tkání, které mají afinitu k onemocněním pohybového aparátu, a to prostřednictvím fyzikální intervence vysokoindukční magnetickou stimulací (ve studii uplatněn přístroj typu *Saluter Moti*). Zvoleno bylo ligamentum patellae, vysokoindukční magnetická stimulace měla parametry:

- frekvence 20 Hz,
- paket délky 2 s,

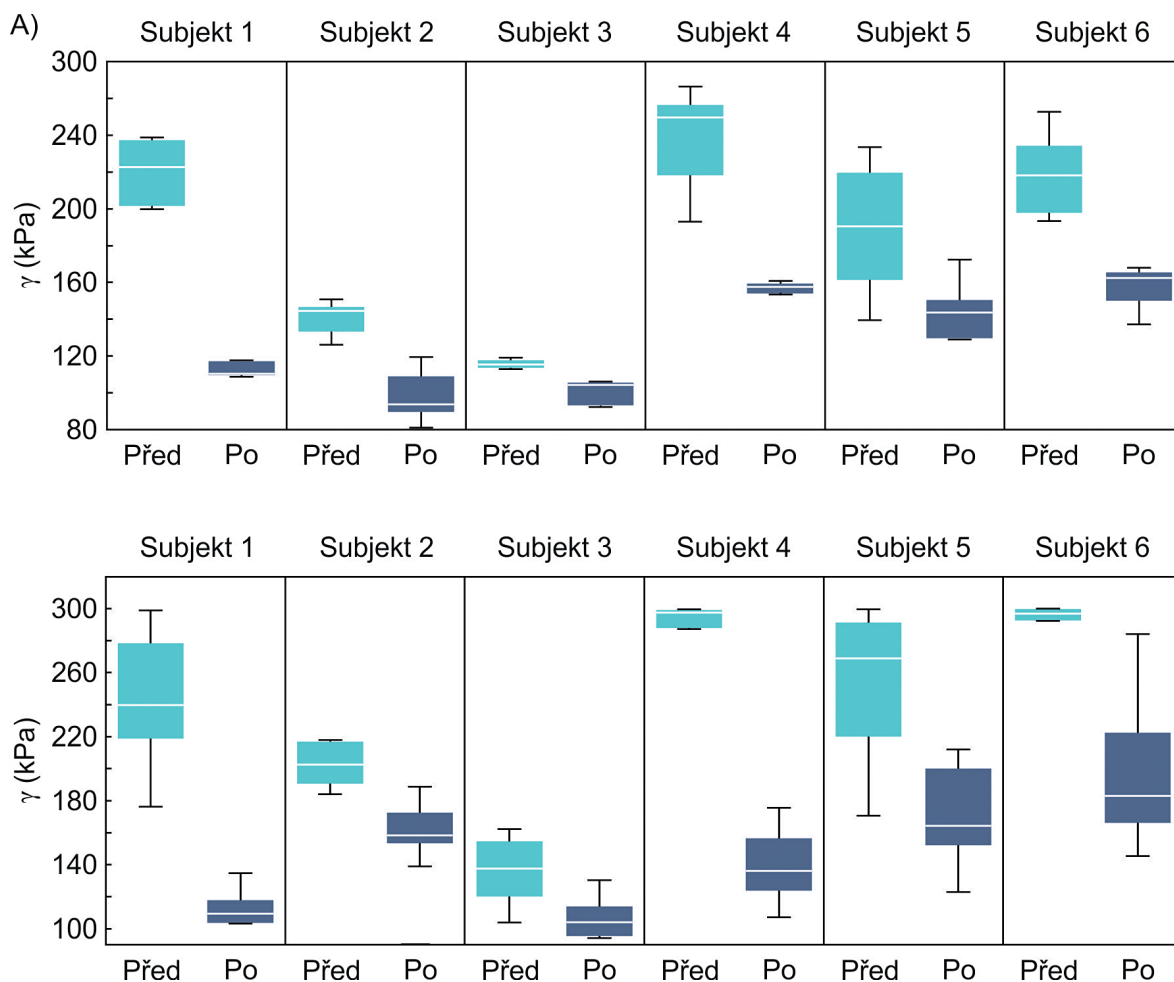
- pauza 5 s,
- maximální hodnota magnetické indukce 2,5 T,
- hustota indukovaného elektrického proudu v oblasti šlachy 100 A/m<sup>2</sup>,
- účinek percepční i šetrný, ale prokazatelně motorický.

Onemocnění lokomočního aparátu jsou často spojeny se změnami elasticity měkkých tkání, která by měla být průtokem indukovaných elektrických proudů vysoké proudové hustoty při vysokoindukční magnetické stimulaci příznivě ovlivněna. Jako objektivizační diagnostické metody bylo použito ultrazvukové elastografie typu shear-wave, prováděné přístrojem typu Aixplorer. Obrázek 12 ilustruje měření zvoleného ligamenta.

Box-ploty na obrázku 13 vyjadřují změnu elasticity ligamenta v místě její maximální tuhosti (obr. 13A) a v celém změřeném objemu ligamenta (obr. 13B). Všechny naměřené změny jsou konzistentní a signifikantní sumární výsledek svědčí pro zvýšení elasticity šlach a vazů vlivem léčebného působení vysokoindukční magnetické stimulace. Tento efekt je připisován mechanickému napínání a uvolňování ligamenta během svalové stimulace, prováděných s relativně vysokou frekvencí 20 Hz, kterou je ovšem sval svými kontrakcemi a uvolněními do určité míry ještě schopný periodicky sledovat, a tak zajistit požadovanou a jinak těžko dosažitelnou mechanicky evokovanou změnu struktury ligamenta, rezultující ve zvýšení elasticity. Lze uvažovat i o uplatnění efektu vlnitého tetanu. Je zřejmé, že pro tyto účely jsou nezbytné dostatečně velké amplitudy stimulujícího indukovaného elektrického proudu, a tím i použití vysokých magne-



**Obr. 12** Všechny demonstované snímky představují kvantitativní ohodnocení stříhového napětí (shear stress) ve vazů ligamentum patellae. Snímky se vztahují ke stavu před podáním vysokoindukční magnetické stimulace a ke stavu krátce po podání procedury. Obrázky demonstrují měření v celé na snímku zachycené části vazů (A) a měření v místě maximální tuhosti vazů (B). Převzato z práce (13).



**Obr. 13** Změřené změny elasticity ligamenta před a po proceduře vysokoindukční magnetické stimulace pro případ hodnocení napětí v celém snímaném vazú (A) a v oblasti největšího napětí (B). Box-ploty představují vždy medián, 1. a 3. kvartil a maximální a minimální hodnotu z opakovaných měření. Yangův modul pružnosti je uveden na vertikální ose v kPa. Převzato z práce (13).

tických indukci se zřetelným svalově motorickým účinkem. V průměru se Yangův modul pružnosti při měření v celém zobrazeném objemu ligamenta zmenšil z původní hodnoty 207,3 kPa na hodnotu 121,7 kPa a při měření v místě maximální tuhosti se Yangův modul pružnosti snížil z 254,3 kPa na 147,3 kPa. Výsledky byly dosaženy na hladině významnosti  $p=0,03$ . Snížení Yangova modulu pružnosti vyjadřuje zvýšení elasticnosti, tedy potřebu pro protažení vazú vynaložit menší napětí, tedy menší sílu vztaženou perpendikulárně k ploše, na níž působí. Pro ilustraci je Yangův modul pružnosti gumy může být v řádu jednotek až desítek kPa.

#### Příspěvek k výzkumu vlivu vysokoindukční magnetické stimulace na činnost srdce

V souvislosti s aplikací vysokoindukční magnetické stimulace vznikají otázky jejího vlivu na srdce – orgán mimořádně úzce související s gene-

rováním a vedením nativních a subtilních, avšak vitálně zcela zásadních elektrických signálů. Na rozdíl od vysokoindukční magnetické stimulace mozku (transkraniální magnetická stimulace), která je široce zavedena jako šetrnější náhrada elektrokonvulze i jako metoda fyzikální intervence při některých neurologických a psychiatrických postiženích, se otázkou vlivu vysokoindukční magnetické stimulace na srdce, jakožto „elektrický“ orgán, nezabýval dosud zřejmě nikdo. Nými provedené experimenty (Biomedicínský ústav Lékařské fakulty v Plzni Univerzity Karlovy) využívaly jako animálního modelu (obr. 14) *sus scrofa domestica* (prase domácí) v anestezii, s působením vysokoindukční magnetické stimulace vysocí nadprahové svalově motorickým (*m. pectorales major* a ostatní svaly přední části hrudníku pracovaly až do extrémně silných tetanických kontrakcí). Přesto nebyly současným měřením EKG zjištěny žádné

## PŮVODNÍ PRÁCE

zásadní změny v elektrické činnosti srdce. Pouze podrobnou matematickou analýzou záznamů EKG ve smyslu HRV (heart rate variability) byly zjištěny změny ve variabilitě srdeční frekvence prokazující sympatikotonní aktivaci (4).



**Obr. 14** Ilustrace podávání vysokoindukční magnetické stimulace na přední část hrudníku u animálního modelu sus scrofa přístrojem typu Saluter Moti. Byla podávána frekvence 1 Hz i frekvence 20 Hz v periodických burstech zajišťujících silnou svalovou kontrakci po dobu několika sekund, následovanou dva až třikrát tak dlouhou pauzou. Procedura byla podávána po dobu 10 minut pro frekvenci 1 Hz a 10 min. pro frekvenci 20 Hz.

Získané výsledky jsou jistě příznivým zjištěním podporujícím aspekt bezpečnosti vysokoindukční magnetické stimulace, ale v žádném případě neznamenají, že by se vysokoindukční magnetická stimulace mohla bezrizikově aplikovat na oblast srdce, kde je obvykle kontraindikována, zvláště u kardiaků nebo u rizikových pacientů. Přítomnost kardiostimulátoru nebo jiné elektronické náhrady v těle je přitom zcela primární a naprosto absolutní kontraindikací nejen vysokoindukční magnetické stimulace, ale též distanční elektroléčby a jakékoliv jiné aplikace indukovaných elektrických proudů a elektromagnetických polí, které by mohly funkci kardiostimulátoru nebo jakékoliv jiné elektronické náhrady v těle pacienta nepříznivě a fatálně ovlivnit. Vliv nízkofrekvenčních elektromagnetických polí, rovněž vysokoindukčních, se však se vzdáleností od aplikátoru rychle snižuje. Konkrétní bezpečná vzdálenost závisí na typu přístroje a individuální konfiguraci. Například pro přístroj SALUS Talent uvádí výrobce bezpečnost vzdálenost 150 cm od čela aplikátoru pro všechny osoby, 90 cm pro obsluhu. Vychází přitom z požadavků (5), které však neuvažují přítomnost extrémně citlivé vitálně důležité elektronické náhrady či stimulatoru v těle pacienta.

Provedený experiment poukázal na značnou odolnost fyziologicky fungujícího elektrického převod-

ního srdečního systému a na minimální možnost ovlivnění činnosti sinoatriálního uzlu nízkofrekvenčními elektromagnetickými poli u zdravého srdce. Vysvětlení tohoto jevu můžeme hypoteticky hledat ve vynikající elektrické vodivosti prsních svalů i dobře vodivých serózních tekutin nacházejících se mezi pohrudnicí a plicnicí i mezi perikardem a epikardem. Do těchto dobře elektricky vodivých prostředí se může soustředit větší část indukovaných elektrických proudů, zde se mohou uzavřít jejich proudové dráhy, vytvořit vysoká proudová hustota a samotné srdce tak může být tímto mechanismem od vlivu indukovaných elektrických proudů do značné míry odstíněno. Jinou hypotézou je představa o samotné „odolnosti“ sinoatriálního uzlu a celého elektrického převodního srdečního systému proti vlivům zvenčí působících elektromagnetických polí. Zdůrazněme však, že se zde jedná o vlivy vysloveně nízkofrekvenční, nikoliv vysokofrekvenční působení elektromagnetických polí, známé ve fyzikální medicíně z použití diatermie.

## ZÁVĚR

Předložená práce se pokouší o podání souhrnu informací z několika studií základního, preklinického i klinického výzkumu, vysvětlujících biologické účinky nízkofrekvenčních elektromagnetických polí prostřednictvím působení elektrických proudů bezkontaktně indukovaných těmito poli. K fyzikální intervenci indukovanými elektrickými proudy dochází bez ohledu na to, zda metodu léčby označujeme jako pulzní magnetoterapii, bezkontaktní (distanční) elektroterapii nebo vysokoindukční magnetickou stimulaci. Zásadní rozdíl je však v intenzitě proudové hustoty indukovaných elektrických proudů, s jejíž zvyšující se hodnotou jsou biologické účinky lépe pozorovatelné. Samotné zvyšování magnetické indukce však nemusí být jediným faktorem vedoucím k dosažení lepších léčebných efektů. Na buněčné úrovni jsme v některých aspektech (změny intracelulární koncentrace kalcia vyvolané simulací zánětu bradykininem) zaznamenali značnou podobnost odezvy senzorických nervových buněk na působení distanční (bezkontaktní) elektroterapii i vysokoindukční magnetické stimulace, přestože se liší v jimi generovaných proudových hustotách o dva dekadické řády. V jiných aspektech (zvýšení spontánní aktivity neuronů, naopak tlumení neuronální aktivity při expresi TRPA1 receptorů bolesti) jsme však pozorovali některé efekty pouze při působení silnějších polí, a tím i vyšších hodnot indukovaných

elektrických proudů (tedy jen při vysokoindukční magnetické stimulaci).

Svoji důležitost nepochybně hraje časový průběh časově proměnných elektrických vlivů. Zcela jiné efekty u endoteliálních buněk a u buněk stromálních měly indukované proudy impulzního, v zásadě rektangulárního průběhu, a velmi nízké frekvence (příznivý vliv na viabilitu a metabolismus endoteliálních buněk), než tomu bylo u buněk mezenchymálních stromálních, kde pouze amplitudově modulovaný sinusoidální průběh indukovaných elektrických proudů vyšší nosné frekvence účinně podporoval migraci a produkci matrix-metaloproteináz, tedy faktory zásadní pro tyto buňky. Přitom signifikantních efektů bylo dosažováno při indukovaných proudových hustotách řádově desetin až jednotek A/m<sup>2</sup>, tedy při parametrech odpovídajících distanční (bezkontaktní) elektroterapii, která ve srovnání s vysokoindukční magnetickou stimulací produkuje o dva dekadické řády nižší hustoty indukovaného elektrického proudu. Na druhé straně však pracuje s proudovými hustotami indukovaných elektrických proudů o dva řády vyššími než tradiční pulzní magnetoterapie (obr. 1).

Zřetelně motorických účinků vysokoindukční magnetické stimulace bylo však nepochybně zapotřebí k dosažení zvýšené elasticity ligamenta patelae, a to je nezbytné v celé řadě dalších indikací. Při samotné fyzikální léčbě degenerativních onemocnění pohybového aparátu, kde jsme se v předběžné studii zatím zaměřili především na kolenní a kyčelní artrózu a vertebrogenní potíže, se však ukazuje, že s rostoucí magnetickou indukcí roste vliv na ústup bolesti jen mírně, pokud vůbec, a že v těchto indikacích mohou být účinné i slabší fyzikální podněty. Porovnáním účinnosti vysokoindukční magnetické stimulace na ústup bolesti při degenerativních onemocněních s účinností apercepční distanční elektroterapie produkující indukované elektrické proudy o jeden až dva řády nižší, jsme zatím v předběžné studii nezaznamenali tak významný rozdíl, jaký by mohl být očekáván. Pracovali jsme však zatím s poměrně malým souborem pacientů a nezodpovězenou otázkou zůstává vliv na další možné léčebné efekty (hojení, reparace, regenerace, trofika léčených tkání, jejich metabolismus, zvýšení elasticnosti šlach a vazů, příznivé ovlivnění viskoelastických vlastností tkání, disperzní efekty, dlouhodobý efekt léčby). Nelze vyloučit ani nová zjištění související s magnetorecepční a vnímáním elektromagnetických polí živými organismy (3). Zajímavým zjištěním je rezistence srdečního elektrického převodního systému proti vlivu vysokoinduk-

dukčně generovaných indukovaných elektrických proudů, snad zajišťovaná přirozeným odstíněním srdce od zevních vlivů nízkofrekvenčních elektromagnetických polí. K těmto výsledkům se však dospělo na animálních modelech se zcela zdravým srdcem a bylo by jistě předčasné omezit opatrnost při indikování vysokoindukční magnetické stimulace na oblast hrudníku.

#### Poděkování a zdroje podpory

**Tato publikace vznikla za podpory projektu Agentury pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 16-28784A a za podpory projektu programu TRIO MPO č. FV20422.**

#### LITERATURA

1. **BASSETT, C. A. L.:** Beneficial effects of electromagnetic fields. *J. Cell Biochem.*, roč. 51, 1993, č. 4, s. 387-393.
2. **BASSETT, C. A. L.:** Fundamental and practical aspects of therapeutic uses of pulsed electromagnetic fields (PEMFs). *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, roč. 17, 1989, č. 5, s. 451-529.
3. **ČAPEK, F., PRŮCHA, J., SOCHA, V., HART, V., BURDA, H.:** Directional orientation of pheasant chicks at the drinking dish and its potential for research on avian magnetoreception. *Folia Zoologica*, roč. 66, 2017, č. 3, s. 175-182.
4. **HANAKOVA, L., PRUCHA, J., SOCHA, V., STENGL, M., VAN DEN BERGH, S.:** The influence of high-induction magnetic stimulation on cardiac activity - a preclinical study. In: 2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). IEEE, 2019, s. 332-337
5. **INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION:** ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz-100 kHz). *Health Phys.*, roč. 99, 2010, č. 6, s. 818-836.
6. **MICHALEK, J., VRABLIKOVA, A., DARINSKAS, A., LUKAC, L., PRUCHA, J., SKOPALIK, J., TRAVNIK, J., CIBULKA, M., DUDASOVA, Z.:** Stromal vascular fraction cell therapy for osteoarthritis in elderly: Multicenter case-control study. *J. Clin. Orthop. Trauma*, roč. 10, 2019, č. 1, s. 76-80.
7. **PĚTIOKÝ, J., VÁŇA, Z., ŠUBERT, D., ŽARKOVIČ, D., PROUZA, O., BITTNER, V.:** Výkonová indukční stimulace v léčbě alogických stavů muskuloskeletárního aparátu – pilotní studie. *Rehabil. fyz. Lék.*, roč. 23, 2016, č. 4, s. 195-200.
8. **PITR, K., PRŮCHA, J.:** Regression of pain of the locomotor apparatus and other effects associated with application of distance electrotherapy. *Rehabil. fyz. Lék.*, roč. 8, 2001, č. 2, s. 70-85.
9. **PODĚBRADSKÝ, J., PODĚBRADSKÁ, R.:** Clinical study of high-induction electromagnetic stimulator SALUS Talent. *Rehabil. fyz. Lék.*, roč. 17, 2010, č. 3, s. 95-100.
10. **PRŮCHA, J., HAVEL, V., PITR, K.:** The physical conditions of the distant electrotherapy application in patients with metaloid endoprosthesis. *Rehabil. fyz. Lék.*, roč. 11, 2004, č. 4, s. 184-188.

## PŮVODNÍ PRÁCE

- 11. PRŮCHA, J., KRUSEK, J., DITTERT, I., SINICA, V., KADKOVA, A., VLACHOVA, V.:** Acute exposure to high-induction electromagnetic field affects activity of model peripheral sensory neurons. *J. Cell Mol Med.*, roč. 22, 2018, č. 2, s. 1355-1362.
- 12. PRŮCHA, J., SKOPALIK, J., SOCHA, V., HANÁKOVÁ, L., KNOPFOVÁ, L., HÁNA, K.:** Two types of high inductive electromagnetic stimulation and their different effects on endothelial cells. *Physiol Res*, roč. 68, 2019, č. 4, s. 611-622.
- 13. PRŮCHA, J., SOCHA, V., SOCHOVA, V., HANAKOVA, L., STOJIC, S.:** Effect of high-induction magnetic stimulation on elasticity of the patellar tendon. *J. Healthc Eng.*, 2018, art. no. 7172034.
- 14. ŠTASTNÝ, E., PROUZA, O.:** Clinical study of applied high-induction electromagnetic field on painful conditions. *Rehabil. fyz. Lék.*, roč. 23, 2016, č. 3, s. 142-148.

*Adresa ke korespondenci:*

**Doc. PhDr. Ing. Jaroslav Průcha, CSc., Ph.D.**

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT,  
1. LF UK  
Studničkova 7  
120 00 Praha 2

# Biofeedback a jeho využití v léčebné rehabilitaci pohybového systému člověka

Šorfová M., Dubnová K.

Katedra anatomie a biomechaniky, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Karlova Univerzita, Praha

## SOUHRN

Biofeedback je využíván k pozitivnímu ovlivnění zdravotního stavu prostřednictvím zařízení, která snímají a zobrazují průběh různých tělesných funkcí, jako jsou například tep, teplota, dechová frekvence, regionální průtok krve, mozková aktivita nebo svalové napětí.

Naším cílem bylo vyhledat dostupné studie o principech, využití a účincích aplikace metod založených na principu biofeedbacku v terapii pohybového systému. Velká pozornost je věnována elektromyografickému biofeedbacku dolních i horních končetin. Časté je využití těchto metod při terapii chůze a posturálních funkcí. V těchto případech jsou použity i jiné fyzikální principy

snímané informace. Jedná se o např. o tlakový biofeedback, plantografii a vibrotaktilní biofeedback. Kromě informací o účinnosti využití těchto metod byl kladen důraz na získání informací, zda je účinek okamžitý a do jaké míry přetrvává. Výhodou může být možnost využití v domácí léčbě. Z uvedeného spektra studií je možné posoudit, pro jaké diagnózy a zdravotní obtíže pacientů je vhodné jeho využití.

## KLÍČOVÁ SLOVA

elektromyografický biofeedback, tlakový biofeedback, plantografie, vibrotaktilní biofeedback

## SUMMARY

**Šorfová M., Dubnová K.: Biofeedback and Its Application if Therapeutic Rehabilitation of Human Locomotor System**

Biofeedback is used to positively influence the health state by means of a device, which is scanning and imaging the course of various body functions, such as pulse, temperature, respiratory rate, regional blood flow, brain activity and muscular tension.

The aim of our study was to find out relevant studies about principles, use and effects of using methods based on biofeedback principle in the therapy of locomotor system. High attention was paid to electromagnetic biofeedback of upper and lower extremities. Frequent attention is using these methods in therapy of gait and

postural functions. In these cases, other physical principles for scanning information are used as well. The point is for example the pressure feedback, plantography, and vibrotactile biofeedback. In addition to effectiveness of these methods the authors paid attention to obtaining information, whether the effect occurs immediately and its duration. The possibility of using this approach at home belongs to the advantages. From the described spectrum of studies it has become possible to evaluate, for which diagnoses and health complaints of the patients it is applicable.

## KEYWORDS

electromyographic biofeedback, pressure biofeedback, plantography, vibrotactile biofeedback

*Rehabil. fyz. Lék., 26, 2019, č. 4, s. 191-197*

## ÚVOD

Inteligentní řízení jakékoli činnosti v sobě zahrnuje analýzu informací o řízeném systému. Na tomto principu pracuje i lidský organismus (24). Některé fyziologické funkce ovlivňujeme nevědomě, jiné si plně uvědomujeme a řídíme je záměrně. Podmínkou provedení takového řízení je existence a správné vyhodnocení zpětnovazební informace. Kybernetika používá pojmu regulace, což je proces udržování vybraných (regulovaných) veličin na předem stanovených hodnotách. Regulace vyža-

duje existenci záporné zpětné vazby. Až na jejím základě se pak může uplatnit schopnost působit na systém s daným cílem regulovat ho (24). Biofeedback využívá elektronické, tlakové a jiné senzory připojené na různé části těla pro detekci změn fyziologických reakcí. Jednotlivci jsou informováni o těchto změnách nejčastěji prostřednictvím vizuálních (na displeji) a sluchových (série pípnutí) signálů. Jde o metodu, která v reálném čase poskytuje pacientům informace o fyziologických procesech, které jim pomáhají získat volní

## PŮVODNÍ PRÁCE

kontrolu nad tělem i myslí (11, 35). 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 (11). Biofeedback je využíván k pozitivnímu ovlivnění zdravotního stavu prostřednictvím zařízení, která snímají a zobrazují průběh různých tělesných funkcí, jako je například tep, teplota, dechová frekvence, regionální průtok krve, mozková aktivita nebo svalové napětí (35). V dalším textu přinášíme přehled oblastí a typů využití této perspektivní techniky na poli léčebné rehabilitace zaměřené na pohybový systém a jeho funkce.

### METODA

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 2018.

### VÝSLEDKY

**Elektromyografický biofeedback (EMG BFB)**, využívající EMG zařízení, které poskytuje pacientovi zpětnou vazbu o elektrické aktivitě neuromuskulárního komplexu. Jedná se tedy o měření elektrické, nikoliv kinetické (6). EMG BFB je považován za slibný a doporučený přístup pro (pře)učení funkční motorické kontroly. Veliký potenciál motorického učení pomocí EMG BFB byl prokázán schopností naučit se specificky řídit jednotlivé motorické vzory již během několika hodin biofeedback tréninku (15). Modulací svalové kontrakce může dojít ke změně míry svalového napětí na úroveň vědomí, což umožní pacientovi upravit jeho motorický výkon (33). EMG BFB je nejrozšířenější technika biologické zpětné vazby v rehabilitaci, která pracuje se svalovým napětím a používá se především v nejširších oblastech neuromuskulární rehabilitace (9). Terapie EMG BFB je jednoduchý, levný a hodnotný doplněk běžných léčebných postupů (19).

Terapeuticky se elektromyografický biofeedback používá pro léčbu inkontinence moči i stolice, obštipace, 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 vazů. Obecně platí, že dosavadní studie prokázaly smíšené úrov-

ně účinnosti. Prospěšný trend byl pozorován při využití EMG BFB ke snížení svalové napětí (9, 33).

### Terapie chůze

Dle Véleho (31) je chůze nejběžnějším typem lokomoce, která slouží k uspokojení základních lidských potřeb. Není tedy divu, že se výzkum zabývá významem biologické zpětné vazby v terapii chůze. Doposud byly řešeny studie zabývající se efektem EMG BFB na terapii chůze u pacientů po CMP, s míšní lézí či u dětí s dětskou mozkovou obrnou (DMO).

#### *Pacienti po cévní mozkové příhodě*

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

**Jonsdottirová a kolektiv** (20) hodnotili ve své randomizované kontrolované studii účinnost EMG BFB, aplikovaného v úkolově orientovaném přístupu založeném na principech motorického učení, na zvýšení maximální svalové síly lýtkových svalů postižené dolní končetiny a rychlost chůze u pacientů po CMP s chronickou mírnou až středně těžkou hemiparézou. Výsledky ukázaly, že léčba pomocí EMG BFB vedla k významnému zvýšení ( $p < 0,01$ ) propulzní síly lýtky postižené dolní končetiny (z 0,63 W/kg na 1,04 W/kg) spolu s významným zvýšením rychlosti chůze a prodloužením délky kroku. U kontrolní skupiny, která podstoupila konvenční terapii, nedošlo k žádným změnám v jakémkoliv měřeném parametru chůze (11).

Studie **Del Dinové a kolektivu** (7) porovnávala výsledky analýzy chůze a nové metody funkční magnetické rezonance (fMRI) s cílem prověřit schopnost fMRI rozpoznat fáze motorického učení před a po EMG BFB terapii u pacienta s chronickou hemiparézou po CMP a kontrolního subjektu. EMG aktivita byla snímána z m. gastrocnemius lateralis, zároveň byla dynamometrickou silovou deskou hodnocena velikost jeho propulzní síly. Metodou fMRI byly vyhodnoceny pro čtyři z 58 oblastí mozku, které by měly být nejvíce zapojeny do provádění motorické úlohy, Vyhodnocené údaje o chůzi pacienta po CMP naznačovaly trend směrem k normálním hodnotám rychlosti, délky kroku, aktivity a síly svalů ovlivňující pohyb v hleznu. Ze zjištěných údajů vyplývá možná souvislost vlivu BFB terapie na centrální i na periferní nervový systém.

#### *Pacienti s dětskou mozkovou obrnou*

U pacientů s dětskou mozkovou obrnou (DMO), i bez jejich významného zapojení se do vykonávané činnosti, je hlavním principem BFB terapie opaku-



jící se a koncentrovaný trénink, který může hrát roli v plasticitě mozku. Abychom mohli pochopit mechanismy oživení získaných BFB terapií, jsou zapotřebí neuroradiologické studie zkoumající kortikální reorganizaci. To nám také pomůže zlepšit naše znalosti o neuromuskulárních léčebných postupech (9).

Ve studii **Dursuna a kolektivu** (9) byl aplikován EMG BFB na dorzální a plantární flexory hlezenního kloubu spolu s cvičebním programem u 21 dětí s DMO, které měly dynamickou deformitu pes equinus, s cílem pozorování a porovnání možného zlepšení funkcí chůze s kontrolní skupinou 15 dětí s DMO, které podstoupily cvičební program bez BFB. Po prvním hodnocení jeden měsíc od začátku studie, kdy se zjistilo nedostatečné zlepšení kontrolní skupiny oproti BFB skupině, byla studie pro kontrolní skupinu z etických důvodů pozastavena a BFB aplikace byla zahájena i u pacientů v kontrolní skupině, která nebyla dále spojena se studií.

Výsledky této studie ukázaly výrazné zlepšení u dětí v BFB skupině, pokud jde o snížení svalového tonu a zvýšení aktivního rozsahu pohybu hlezenního kloubu, ve srovnání s dětmi v kontrolní skupině. Tyto výsledky naznačují, že BFB byl účinný pro zvýšení účinnosti cvičebního programu.

#### *Pacienti s míšní lézí*

Jednou z obvyklých obav u pacientů s míšní lézí je otázka, zda budou moci znovu chodit. Prognóza chůze obvykle závisí, kromě jiného, na úbytku svalové síly. Včasné znovunabytí svalové síly po neúplné míšní lézi bylo identifikováno jako užitečný indikátor možného navrácení schopnosti chodit. Různé studie proto doporučují rehabilitační strategie s důrazem na posílení extenzorů kyčelních kloubů. Pokroky ze strany pacientů využívajících BFB terapii jsou připisovány výsledkům neuromuskulárního učení, na rozdíl od prostého posílení (12).

Hodnocení efektu EMG BFB na m. gluteus maximus pro ovlivnění parametrů chůze u 30 pacientů s neúplnou míšní lézí se zabývali **Govil a kolektivu** (12). Kontrolní skupina podstoupila pouze tradiční rehabilitaci a trénink chůze. Výsledky ukázaly významný rozdíl mezi oběma skupinami v EMC amplitudách ( $p = 0,001$ ), v rychlosti ( $p = 0,043$ ) a kadenci ( $p = 0,05$ ) chůze. Změna délky kroku ( $p = 0,512$ ) nevykázala žádný významný rozdíl.

EMG odezvy získané ze studie **De Biase a kolektivu** (6) ukazují, že léčba EMG BFB přispěla k výraznému zvýšení volní EMG odpovědi specifických svalů (m. rectus femoris) pod úrovní léze u pacientů s dlouhodobým poraněním míchy. Toto zjištění má významné důsledky pro rehabilitaci míchy, a naznačuje, že biofeedback působí na kortikální

reorganizaci nových nervových obvodů nebo míšních drah, které byly ušetřeny léze.

#### **Pooperační či chronické potíže kolenního kloubu**

Poruchy muskuloskeletálního systému, jako je ruptura předního zkříženého vazů (ligamentum cruciatum anterius - dále LCA), léze menisku, syndrom patelofemorální bolesti a osteoartritida kolena, jsou spojeny s úbytkem svalové síly m. quadriceps femoris (MQF) a zmenšením jeho svalového objemu. Kombinace artrotických svalových inhibicí a kompenzačních pohybových vzorů zapříčiněných bolestí mohou přispět k oslabení MQF. **Wasielowski a kol.** (33) zpracovali řadu studií zkoumajících efekt EMG BFB na facilitaci MQF po operacích a úrazech kolenního kloubu. Ukazuje se, že EMGB prospívá pro krátkodobé snížení pooperační bolesti a nárůst síly čtyřhlavého svalu (MQF) v pooperační rehabilitační péči kolenního kloubu (rekonstrukce LCA, stav po menisektomii). Je ale neúčinná v případech chronických potíží, jako je patellofemorální bolest a osteoartritida.

Významná je také optimalizace neuromuskulárního řízení m. vastus medialis obliquus. Výsledky studie **Christanela a kolektivu** (19) ukazují, že léčba EMG BFB, spočívající v nácvičku správného zapojování m. vastus medialis oblique (izometrická kontrakce vsedě, aktivace při stoji na 1 dolní končetině) hraje v časně fázi rehabilitace po rekonstrukci LCA důležitou roli na zvýšení pasivního rozsahu pohybu do extenze kolenního kloubu (19). Zvýšení aktivního rozsahu pohybu v kolenním kloubu do extenze u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu potvrdily také výsledky **Bouchera a kolektivu** (3), kteří zkoumali efekt EMG BFB v kombinaci s aplikací elektroterapie pomocí transkutánní elektroneurostimulace (TENS) na m. vastus medialis oblique a m. rectus femoris. Intervenční i kontrolní skupina dosáhly pozitivních výsledků ve zvětšení aktivního rozsahu pohybu kolenního kloubu v 1. - 6. týdnu terapie. V 6. - 12. týdnu terapie však statisticky významného zlepšení dosáhla pouze EMG BFB a TENS skupina oproti kontrolní skupině. Efekt na zvětšení svalové síly extenzorů kolenního kloubu v pooperační rehabilitační péči kolenního kloubu však prokázán nebyl. Pozitivní efekt EMG BFB u pacientů po artroskopické menisektomii na zvýšení svalové síly m. vastus lateralis a zvětšení svalového objemu m. vastus medialis potvrdila studie **Akkayi a kolektivu** (1). V další studii byl zjištěn pozitivní efekt pětítýdenního izometrického cvičení s aplikací EMG BFB na nárůst izometrické svalové síly m. quadriceps femoris (MQF) u pacientů s osteoartrózou kolenního kloubu (2). Nárůst izometrické svalové síly MQF u pacientů po rekonstrukci LCA byl dokázán také

ve studii **Kesemenliho a kolektivu** (22), ve které byla použita nová metoda izometrického cvičení MQF s EMC BFB, spočívající v „tahu pately vzhůru k trupu“ oproti tradiční metodě, kdy je patela tlačena „dolů do podložky“.

Studie **Yipa a kolektivu** (34) se zabývala vlivem EMC BFB na zvětšení izokinetické síly extenzorů kolenního kloubu u pacientů s patelofemorální bolestí. Nárůst svalové síly po 4 týdnech terapie byl zaznamenán v intervenční i kontrolní skupině bez statisticky významného rozdílu, u EMC BFB skupiny však došlo k nárůstu rychleji. Cvičební program doplněný o EMC BFB na aktivaci m. vastus medialis obliquus ale neměl dlouhodobý efekt, kdy po 8 týdnech terapie nedošlo k významnějšímu zlepšení.

### Využití elektromyografického biofeedbacku v terapii horní končetiny

Účinek EMC BFB tréninku u pacientů po míšní lézi zkoumala také RKS **Midaughové a kolektivu** (27). Účelem této studie bylo zkoumat účinek BFB, který doplňoval standardní cvičební program, na zmírnění bolesti ramenního kloubu (RK) u 15 vozíčkářů s poraněním míchy na úrovni C6 a níže, kteří se pohybují na manuálním vozíku. Cílem EMC BFB tréninku bylo zlepšení svalové rovnováhy a svalové relaxace během pohánění invalidního vozíku. Výsledky ukázaly příznivý efekt EMC BFB tréninku. Došlo ke snížení bolesti ramenního kloubu, měřené pomocí Indexu škály bolesti ramena u vozíčkářů (Wheelchair Users Shoulder Pain Index), o 64 % od začátku do konce terapie (10 týdnů) ve cvičební skupině s využitím BFB ( $p = 0,02$ ). U skupiny, která pouze cvičila, došlo ke snížení pouze o 27 %. Při kontrolním měření, 16 týdnů po konci terapie, bylo zjištěno u cvičební skupiny s EMC BFB snížení bolesti v ramenním kloubu o 82 % ( $p = 0,004$ ), zatímco u pouze cvičící skupiny o 63 % ( $p = 0,03$ ) ve stejném časovém období.

Vliv EMC BFB na ovlivnění svalových dysbalancí a kinematiky lopatky u zdravých jedinců a u jedinců se subakromiálním impingement syndromem (SAIS) popisuje studie **Huanga a kolektivu** (17). Do studie bylo zařazeno 12 zdravých probandů a 13 osob se SAIS. EMC byl použit pro záznam aktivity skapulárních svalů během flexe a zevní rotace ramenního kloubu a kliku. Dále byly vypočítány poměry zapojení svalů (horní vlákna m. trapezius/m. serratus anterior, horní vlákna m. trapezius/střední vlákna m. trapezius a horní vlákna m. trapezius/ dolní vlákna m. trapezius) v průběhu cvičení s a bez EMC BFB. Kinematika lopatky byla zaznamenána před a po cvičení s a bez EMC BFB. Výsledky ukázaly, že u jedinců se SAIS byly poměry svalové rovnováhy nižší při ventrální flexi a zevní rotaci ramenního kloubu s EMC BFB než během

samostatného cvičení. U provádění kliku nebyly naměřeny žádné významné rozdíly s a bez EMC BFB v obou skupinách.

U pohybu do zevní rotace ramenního kloubu zkoumala účinky EMC BFB také studie **Lima a kolektivu** (25) na EMC amplitudu pro zadní vlákna m. deltoideus a m. infraspinatus a poměr EMC aktivity m. infraspinatus a zadních vláken m. deltoideus. Celkem 31 zdravých jedinců provádělo zevní rotaci vleže na boku s a bez vizuálního EMC BFB. Vizuální EMC BFB pracoval s předem stanovenou hranicí pro zabránění nadměrné kontrakce zadních vláken m. deltoideus. Během tréninku došlo k statisticky významnému snížení aktivity zadních vláken m. deltoideus, zatímco činnost m. infraspinatus a poměr činnosti m. infraspinatus a zadních vláken m. deltoideus se významně zvýšily při provádění zevní rotace s vizuálním EMC BFB. Tyto výsledky naznačují, že používání vizuálního EMC BFB během provádění zevní rotace ramenního kloubu je klinicky účinnou metodou tréninku pro snížení aktivity zadních vláken m. deltoideus a zvýšením aktivity m. infraspinatus.

Metodologie navržená doktorkou **Steele** (28) se zabývala využitím EMC BFB v terapii chronické poruchy polykání u pacientů po CMP. Pomocí povrchových EMC elektrod, umístěných pod bradou, může být měřena aktivita suprahyoidních 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 doplnění) či setrvalé kontrakce, tzv. Mendelsohnův manévr, kdy pacient během polykání potravu drží hrtan manuálně ve zvýšené poloze tak, aby jícen zůstal déle otevřený. **Tlakový biofeedback** se skládá z polštářku naplněného vzduchem, který je připojen k měřicímu tlakovému článku. Díky změně tlaku v nafouknutém polštářku lze rozpoznat kontrakce či uvolnění svalů. Tento nástroj se klinicky používá při tréninku aktivace a relaxace svalů se stabilizační funkcí trupu (hlouběji uložené svaly, např. m. transversus abdominis) a pro detekci pohybů páteře především u pacientů s bolestí v bederní části zad. Jde o poměrně levný nástroj, který lze snadno aplikovat v klinické praxi i v rámci domácí autoterapie (5), (32).

Existují poznatky, že segmentové stabilizační cvičení je účinné při léčbě bolesti v bedrech. Pro spolehlivé hodnocení výsledků cvičení se využívá Pronační test, který vyhodnocuje činnost m. transversus abdominis vleže na břichu pomocí zpětné vazby. Spolehlivost výsledků při opakování pronačního testu a spolehlivost hodnocení od více

terapeutů, provádějících tento test, zkoumala studie **Garnierové a kolektivu** (32) při 7 sezeních během 8 týdnů u 40 probandů, u kterých se alespoň jednou během posledních 2 let vyskytla bolest beder. Z výsledků studie byla zjištěna poměrně nízká spolehlivost (ICC 0,47) hodnocení jednotlivých terapeutů, avšak naopak vyšší spolehlivost výsledků při opakování pronačního testu (ICC 0,81). Předpokládá se, že poskytnutím vizuální zpětné vazby může pronační test pacientovi umožnit více porozumět aktivitě hlouběji uložených břišních svalů, a tím zvýšit jejich motivaci ke cvičení.

**Jung a kolektiv** (21) využili ve své studii tlakový BFB spolu s EMG k porovnání efektu cvičení „vta-hování“ břišní stěny na aktivitu břišních svalů v poloze vleže na zádech a ve stoji u 20 zdravých probandů. U všech měřených svalů (m. rectus abdominis, m. external oblique abdominis, m. internal oblique abdominis a m. transversus abdominis) byla svalová aktivita výrazněji vyšší ve stoji než v poloze vleže na zádech ( $p < 0,05$ ). Pro posílení aktivity břišních svalů podílejících se na stabilitě trupu je dle výsledků této studie vhodnější poloha ve stoji, ve které působí navíc gravitační síla.

Kromě hodnocení aktivity břišních svalů se tlakový BFB využívá také pro hodnocení aktivity hlubokých flexorů šíje, čímž se zabývala RKS **Nezamudinna a kolektivu** (29). Účelem této studie bylo porovnat efektivitu tlakového BFB při tréninku hlubokých flexorů šíje jako doplněk konvenčního cvičení na ovlivnění bolesti a snížené svalové síly u celkem 50 pacientů s bolestmi šíje. Pacienti byli náhodně rozděleni do BFB skupiny a kontrolní skupiny, která podstoupila pouze cvičební program bez BFB. Potvrdilo se, že tlakový BFB jako doplněk 6 týdnů dlouhé terapie (celkem 30 sezení) je efektivní pro nárůst svalové síly hlubokých flexorů krku ( $p < 0,01$ ) a pro redukci intenzity bolesti ( $p < 0,004$ ) v porovnání s kontrolní skupinou.

**Dynamická plantografie** 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 tlakové zátěže plosek zdravé i paretické končetiny. Prostřednictvím této zpětné vazby je pacientům poskytnut další významný aferentní vstup napomáhající reaktivaci řídicích center motoriky poškozených iktem. Vizuální zpětná vazba usnadňuje postiženému přenos váhy na paretickou dolní končetinu, zvyšuje se stabilita stoje i chůze a zlepšuje se kontrola a koordinace prováděných pohybů (4).

**Khallaf a kolektiv** (23) zkoumali ve své RKS vliv specificky zaměřeného cvičení, tréninku chůze a vizuálního plantografického BFB na korekci cir-

kumdukčního typu chůze u 16 pacientů po CMP během terapie probíhající 5x týdně 50 min. po dobu 8 týdnů. Stejně dlouho trvala tradiční fyzioterapeutická léčba u pacientů v kontrolní skupině. Během nácvičku chůze přecházeli pacienti přes sílovou plošinu. Z ní získané údaje o rozložení tlaku poté sloužily k analýze zatížení chodidla během stejné fáze kroku a její barevné znázornění pak bylo klíčovým bodem pro pacienty, aby pochopili jejich nesprávné zatěžování chodidel. Výsledky prokázaly, že plantografický vizuální BFB v kombinaci s cíleně zaměřeným cvičením lze efektivně využít pro nápravu cirkumdukčního typu chůze u pacientů po CMP.

Další možností asistovaného tréninku rovnováhy u pacientů, např. s vestibulární dysfunkcí, může být **vibrotaktilní biofeedback**. Zpětnovazebná informace o orientaci těla vůči gravitační vertikále je v tomto případě zprostředkována vjemem vibrací aplikovaných na kůži. Na trupu jedince je připevněný akcelerometr, který zaznamenává lineární zrychlení a gyroskop, který zaznamenává úhlovou rychlost. Kombinací jejich signálů se získává informace o náklonu jedince. Počet použitých párů senzorů určuje počet rovin, ve kterých lze náklon detekovat. 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 břichu, při náklonu vpravo na pravém boku) a podle velikosti této výchylky se jedná o jeden ze tří vibrátorů v daném sloupci, kde se zvyšujícím náklonem aktivuje výše uložený vibrátor ve sloupci (8).

Vibrotaktilní biofeedback byl použit v této zkřížené studii **Dozzy a kolektivu** (8), kde 9 pacientů s jednostrannou vestibulární lézí trénovalo chůzi o úzké bázi s a bez použití elastického pásu (biofeedback zařízení) během 2 tréninkových cyklů. Biofeedback zařízení informovalo pacienty o jejich náklonu trupu v boční rovině a rychlosti výkyvů při chůzi pomocí vibrací trupu. Analýza pohybu a výkon pacientů praktikujících tandemovou chůzi byly porovnány u tréninku s a bez biofeedbacku. V obou sledovaných skupinách došlo u pacientů ke snížení úhlu náklonu trupu, vychýlení těžiště, rozpětí medio-laterálního výkyvu i frekvence chybování v krocích. Nicméně, žádný z tréninků s biofeedbackem nevedl k průkaznému krátkodobému zlepšení v porovnání s výkonem pacientů u tréninku bez biofeedbacku. Tyto výsledky podporují hypotézu, že nelze očekávat významné zlepšení procesu učení nových dynamických motorických funkcí po krátkodobém použití taktilního biofeedbacku. Tomu

odpovídá i pozorovaná vyšší frekvence chyb během začátku tréninku a jejich postupné snižování související s automatizací pohybu.

Stejně tak **Horak a kolektiv** (16) ve své randomizované křížové studii porovnávali efekt tréninku chůze o úzké bázi s a bez použití vibrotaktilního BFB u 10 pacientů s jednostrannou vestibulární lézí. Pacienti podstoupili celkem 51 zkoušek tréninku chůze se zavřenýma očima během 2 sezení s odstupem 14 dnů. Během tréninku došlo k okamžitému statisticky významnému zlepšení posturální stability u tréninku s využitím BFB ( $p < 0,05$ ). Nicméně výsledky ukázaly, že procentuální zlepšení s a bez použití BFB během tréninku bylo podobné. Retence zlepšení byla navíc vyšší po tréninku chůze bez BFB. Z čehož vyplývá, že trénink s BFB nepřispěl k lepší posturální stabilitě během chůze mimo bezprostředního efektu krátce po terapii.

### Biofeedback v robotické rehabilitaci chůze

Rozvoj a nárůst výskytu robotů využívaných v rehabilitaci, jakož i pokroky technologií, umožňují nové formy terapií pacientů s neurologickými poruchami. Robotem asistovaná léčba chůze může prodloužit 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 nácviku chůze pomocí robotů a vyzkoušet jejich použitelnost u pacientů bez neurologických poruch si stanovili ve své studii za cíl **Lünenburger a kolektiv** (26).

### Ultrazvukový biofeedback

Ultrazvukový (UZ) biofeedback je formou biologické zpětné vazby využívající hodnot měřených pomocí ultrazvuku, kdy je detekována tloušťka svalu a průběh svalových vláken (13, 14). Jeho účinky se zabývala RKS **Choie a kolektiv** (18), když porovnávala vliv UZ BFB, EMG BFB a konvenční fyzioterapie. Zatímco po EMG BFB a UZ BFB tréninku došlo ke statisticky významnému zvýšení maximální volní kontrakce m. quadriceps femoris a ke snížení bolesti na postižené dolní končetině oproti konvenční fyzioterapeutické léčbě. Pouze pacienti z EMG BFB skupiny navíc vykazovali statisticky významný nárůst svalového objemu m. vastus medialis oblique, zatímco ostatní dvě skupiny nevykazovaly žádné změny. Autoři této studie zhodnotili efekt UZ BFB podobně jako efekt EMG BFB a doporučují ho k léčbě osteoartritidy kolenního kloubu.

Terapie pomocí UZ BFB byla použita také ve studii **Prestona a kolektiv** (30) pro ovlivnění poruchy zvuku řeči u dětí s řečovou apraxií. Celkem 6 dětí se zúčastnilo této studie zahrnující 18 léčebných sezení, během níž byla léčba zaměřená na tvorbu hlásek pomocí správného pohybu jazyka. Pacienti se učili

modifikovat pohyby jazyka pomocí vizuální zpětné vazby ultrazvukových snímků v reálném čase. Výsledky této studie podpořily myšlenku, že léčebný program pro děti s řečovou apraxií, který obsahuje zpětnou vazbu o pohybech jazyka, může usnadnit přesnější a stabilnější tvorbu zvukových sekvencí, a že dochází ke generalizaci správného zvuku i netrénovaných, avšak foneticky podobných slov.

### ZÁVĚR

Cílem naší rešeršní studie je ukázat, že biofeedback představuje efektivní nástroj, který může být vhodným doplňkem v základní léčbě celé řady zdravotních problémů. Je však třeba připomenout, že vždy musí být metoda aplikována nebo doporučena odborným lékařem nebo psychologem. Výsledky řady studií ukazují jak pozitivní možnosti tohoto technického principu léčebné pomůcky, tak jejich omezení.

Naše studie si hlouběji nevěšmá velmi rozšířených systémů pro Elektrodermografický BFB (detekce vodivosti kůže odrážející emotivní stavy). Elektroencefalografický (EEG) neurofeedback (NFB) (učí osobu regulovat vlastní mozkovou aktivitu) a Biofeedback založený na měření teploty kůže (odrážející průtok krve). Dále využití BFB v terapii regionu pánevního dna (poruchy kontinence, defekace či erekce), a to jak na principu EMG, tlak principu snímání změn tlaků např. v pochvě.

**Studie vznikla za podpory SVV 2016-260346 a PRVOUK P38.**

### LITERATURA

1. **AKKAYA, N. ET AL.:** Efficacy of electromyographic biofeedback and electrical stimulation following arthroscopic partial meniscectomy: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.*, 26, 2012, 3, s. 224-236.
2. **ANWER, S. ET AL.:** Effectiveness of electromyographic biofeedback training on quadriceps muscle strength in osteoarthritis of knee. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 2, 2011, 2, s. 86-93.
3. **BOUCHER, T. ET AL.:** Effectiveness of surface electromyographic biofeedback-triggered neuromuscular electrical stimulation on knee rehabilitation. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 4, 2009, 3, s. 100.
4. **BURGET, N.:** Využití zpětné vazby v rehabilitaci pacientů s poruchami chůze po cévní mozkové příhodě. *Rehabilitation & Physical Medicine/Rehabilitace a Fyzikální Lekarství*, 22, 2015, 2.
5. **CAIRNS, M. C., HARRISON, K., WRIGHT, C.:** Pressure biofeedback: a useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction? *Physiotherapy*, 86, 2000, 3, s. 127-138.
6. **DE BIASE, M. ET AL.:** Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy*, 97, 2011, 2, s. 175-179.

7. **DEL DIN, S. ET AL.:** Assessment of biofeedback rehabilitation in post-stroke patients combining fMRI and gait analysis: a case study. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 11, 2014, 1, s. 1.
8. **DOZZA, M. ET AL.:** Effects of practicing tandem gait with and without vibrotactile biofeedback in subjects with unilateral vestibular loss. *Journal of Vestibular Research*, 17, 2007, 4, s. 195-204.
9. **DURSUN, E., DURSUN, N., ALICAN, D.:** Effects of biofeedback treatment on gait in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.*, 2004, 26(2): p. 116-120.
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. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 8, 2011, 1, s. 1.
11. **GIGGINS, O. M., PERSSON, U. M., CAULFIELD, B.:** Biofeedback in rehabilitation. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 10, 2013, 1, s. 1.
12. **GOVIL, K., NOOHU, M. M.:** Effect of EMG biofeedback training of gluteus maximus muscle on gait parameters in incomplete spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*, 33, 2013, 1, s. 147-152.
13. **HENRY, SHARON, M., TEYHEN, DEYDRE, S.:** Ultrasound imaging as a feedback tool in the rehabilitation of trunk muscle dysfunction for people with low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27, 2007, 10, s. 627-634.
14. **HODGES, P. W. ET AL.:** Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 27, 2003, 6, s. 682-692.
15. **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*, 20, 2010, 2, s. 359-365.
16. **HORAK, F. B. ET AL.:** Vibrotactile biofeedback improves tandem gait in patients with unilateral vestibular loss. *Ann. N Y Acad. Sci.*, 1164, 2009, 1, s. 279-281.
17. **HUANG, H. Y. ET AL.:** EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23, 2013, 1, s. 267-274.
18. **CHOI, Y. L. ET AL.:** Effects of isometric exercise using biofeedback on maximum voluntary isometric contraction, pain, and muscle thickness in patients with knee osteoarthritis. *J. Phys. Ther. Sci.*, 27, 2015, 1, s. 149-153.
19. **CHRISTANELL, F. ET AL.:** The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 4, 2012, 1, s.1.
20. **JONSDOTTIR, J. ET AL.:** Task-oriented biofeedback to improve gait in individuals with chronic stroke: motor learning approach. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2010.
21. **JUNG, D., KIM K., LEE, S.:** Comparison of muscle activities using a pressure biofeedback unit during abdominal muscle training performed by normal adults in the standing and supine positions. *J. Phys. Ther. Sci.*, 26, 2014, 2, s. 191-193.
22. **KESEMENLI, C. C. ET AL.:** A new isometric quadriceps-strengthening exercise using EMG-biofeedback. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7, 2014, 9, s. 2651.
23. **KHALLAF, M. E., GABR, A. M., FAYED, E. E.:** Effect of task specific exercises, gait training, and visual biofeedback on equinovarus gait among individuals with stroke: randomized controlled study. *Neurology Research International*, 2014.
24. **KITTNAR, O., MLČEK, M.:** Atlas fyziologických regulací. Praha, Grada, 2009. 320 s. ISBN 978-80-247-2722.
25. **LIM, O. ET AL.:** Effect of selective muscle training using visual EMG biofeedback on infraspinatus and posterior deltoid. *Journal of Human Kinetics*, 44, 2014, 1, s. 83-90.
26. **LÜNENBURGER, L., COLOMBO, G., RIENER, R.:** Biofeedback for robotic gait rehabilitation. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 4, 2007, 1, s. 1.
27. **MIDDAUGH, S. ET AL.:** EMG biofeedback and exercise for treatment of cervical and shoulder pain in individuals with a spinal cord injury: a pilot study. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 19, 2013, 4, s. 311.
28. **MOLFENTER, S. M. ET AL.:** Decreasing the knowledge-to-action gap through research-clinical partnerships in speech-language pathology. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 33, 2009, 2, s. 82-88.
29. **NEZAMUDDIN, M. ET AL.:** Efficacy of pressure-biofeedback guided deep cervical flexor training on neck pain and muscle performance in visual display terminal operators. *Journal of Musculoskeletal Research*, 16, 2013, s. 1350011.
30. **PRESTON, J. L., BRICK, N., LANDI, N.:** Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 22, 2013, 4, s. 627-643.
31. **VÉLE, F.:** Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy, 2006, Triton.
32. **VON GARNIER, K. ET AL.:** Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapy*, 95, 2009, 1, s. 8-14.
33. **WASIELEWSKI, N. J., PARKER, T. M., KOTSKO, K. M.:** Evaluation of electromyographic biofeedback for the quadriceps femoris: a systematic review. *J. Athl. Train.*, 46, 2011, 5, s. 543-554.
34. **YIP, S. L., NG, G. Y.:** Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clin. Rehabil.*, 20, 2006, 12, s. 1050-1057.
35. **YUCHA, C., MONTGOMERY, D.:** Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback, 2008: AAPB Wheat Ridge, CO.

*Adresa ke korespondenci:*

**Doc. Ing. Monika Šorfová, Ph.D.**

Katedra anatomie a biomechaniky  
Fakulta tělesné výchovy a sportu UK  
José Martího 31  
162 52 Praha 6  
e-mail: sorfova@ftvs.cuni.cz,  
stajnrtova@ftvs.cuni.cz

# Je stacionárny bicykel vhodným doplnkom fyzioterapeutickej liečby pri vertebrogénnych ťažkostiach?

Čuj J.<sup>1,2</sup>, Gajdoš M.<sup>1,2</sup>, Mikuláková W.<sup>1</sup>, Jurčišin M.<sup>1</sup>, Kračmar B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra fyzioterapie, Fakulta zdravotníckych odborov, Prešovská univerzita v Prešove

<sup>2</sup> Katedra športov v prírode, Fakulta telesnej výchovy a športu, Univerzita Karlova, Praha

## SÚHRN

**Východisko:** Cyklistika vo všetkých jej podobách je v súčasnosti u nás ale i vo svete jednou z najviac vykonávaných pohybových aktivít. Stacionárny bicykel je často využívaný ako doplnok fyzioterapie pri rôznych vertebrogénnych ťažkostiach, ale i po operáciách axiálneho systému. Je ale stacionárny bicykel vhodným doplnkom rehabilitácie pri poškodení osového aparátu človeka?

**Metódy a súbor:** Pre zber objektívnych dát sme použili neinvazívny diagnostický systém SonoSens Monitor. Po nalepení elektród na presne lokalizované miesto na tele respondenta, sme realizovali dva 10-minútové intervaly bicyklovania na stacionárnom bicykli. Výskumný súbor tvorili zdraví jedinci oboch pohlaví vo veku 23±2 rokov, s výškou 170±10 cm, hmotnosťou 75±10 kg a BMI v rozmedzí od 17 do 25.

**Výsledky:** Na základe zhodnotení jednotlivých meraní a číselných hodnôt sme zaznamenali najvýraznejšie odchýlky z referenčných hodnôt pri jazde na stacionárnom bicykli v sagitálnej rovine vo všetkých úsekoch chrbtice, ktoré predstavujú neprimerané zaťaženie pevných aj mäkkých častí axiálneho aparátu, o čom svedčí aj hodnota štatistickej významnosti  $p < 0,005$ .

**Záver:** Z výsledkov je zrejme, že jazda na stacionárnom bicykli nie je vhodným doplnkom fyzioterapeutickej liečby vertebrogénnych ťažkostí.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

fyzioterapia, vertebrogénne ťažkosti, SonoSens Monitor, stacionárny bicykel

## SUMMARY

Čuj J., Gajdoš M., Mikuláková W., Jurčišin M., Kračmar B.: Is the Stationary Bicycle a Suitable Supplement of Physiotherapy in Vertebrogenic Difficulties?

**Basis and objective:** Cycling in all its forms is presently in this country and in the world one of the most frequently performed motion activities. The stationary bicycle is often used as a supplement of physiotherapy in various vertebrogenic difficulties, but also after surgeries on the axial system. However, is the stationary bicycle a suitable supplement of rehabilitation in damages of human axial apparatus?

**Methods and cohort:** For collection of objective data the authors used a noninvasive diagnostic system SonoSens Monitor. After sticking the electrodes on precisely specified positions on the respondent's body, the authors execute two 10-minute intervals of cycling on the stationary

bicycle. The observed group employed health individuals of both sexes at the age of 23±2 years, height 170±10 cm, weight 75±10 kg and BMI in the range of 17 to 25.

**Results:** Based on the evaluation of individual measurements the authors recorded most conspicuous deviations from reference values in respondents' riding the stationary bicycle in sagittal plane with all sections of the spine, which is also documented by the level of statistical significance  $p < 0.005$ .

**Conclusion:** the results made it obvious that riding on the stationary bicycle is not a suitable supplement of physiotherapeutic treatment of vertebrogenic difficulties.

## KEYWORDS

physiotherapy, vertebrogenic difficulties, SonoSens Monitor, stationary bicycle

## ÚVOD

Jazda na bicykli zažíva v dnešnej dobe veľkú popularitu a pomaly sa stáva neoddeliteľnou súčasťou života populácie, môžeme povedať že je istou alternatívou bipedálnej lokomócie, ktorá prešla fylogenetickým vývojom počas miliónov rokov (8). Cyklistika má mnoho predností, zvyšuje fyzickú

výkonnosť, pôsobí ako psychorelaxácia, pomáha udržiavať pozitívne sociálne vzťahy a v neposlednom rade je jej indoorová forma využívaná ako súčasť fyzioterapeutickej liečby športovcov a celej populácie. Jazda na stacionárnom bicykli nemusí mať zo všeobecného hľadiska len pozitívne účinky, na pohybovú sústavu človeka môže pôsobiť

Rehabil. fyz. Lék., 26, 2019, č. 4, s. 198–204

aj nepriaznivo. Negatívne účinky na pohybový aparát vidíme hlavne pri nesprávnom nastavení posedu cyklistu, alebo pri nesprávnej technike šliapania ako prezentujú Kračmar, Bačáková, Chrástková a kol. (9). Rovnaký názor uvádza vo svojej publikácii aj Hnízdil (5) a dodáva, že nevhodné nastavenie nezodpovedá anatómii človeka a jazda na takomto bicykli môže viesť k vzniku rôznych problémov počas jazdy alebo po nej. Ak sa vyvarujeme takýmto chybám, je jazda na bicykli šetrná najmä k aparátu dolných končatín, odľahčuje kĺby, pôsobí pozitívne na mäkké štruktúry dolných končatín a je vhodná ako terapia poškodení v tejto oblasti. Mnohé staršie štúdie sa zaoberajú kineziologickým rozborom cyklistického kroku z rôznych pohľadov, hlavne rozborom elektromyografickej (EMG) aktivity svalových skupín z dôvodu zvýšenia výkonu (1, 2, 16), málo výskumov sa ale zaoberá vplyvom bicyklovania na pohybový aparát človeka (10).

Otázkou ostáva, ako je zaťažený axiálny systém pri ideálnom a individuálnom nastavení bicykla. Je jeho postavenie fyziologické?

Najčastejším problémom u profesionálnych športovcov je postavenie hlavy a krčnej chrbtice, ktoré prezentuje obrázok 1. Takýmto posedom na bicykli sa extrémne preťažuje nie len oblasť krčnej chrbtice, ale aj oblasť hrudnej a driekovej časti. Profesionálni športovci však musia pre maximalizáciu svojho výkonu uprednostniť nefyziologickú pozíciu tela pred zdravím (10, 15).



Obr. 1 Poloha profesionálneho cyklistu na bicykli (9).

## CIEĽ A HYPOTÉZY

Cieľom štúdie je objektívne zhodnotiť a overiť vplyv jazdy na stacionárnom bicykli na axiálny aparát človeka, pričom takáto jazda eliminuje otrasy terénu. Na základe cieľa sme stanovili hypotézu: Zakrivenie a pohyby chrbtice v sledovaných rovinách počas jazdy na stacionárnom bicykli nebudú pre axiálny aparát zaťažujúce a pohyby chrbtice budú v referenčných hodnotách získaných kalibráciou.

## Súbor a metódy

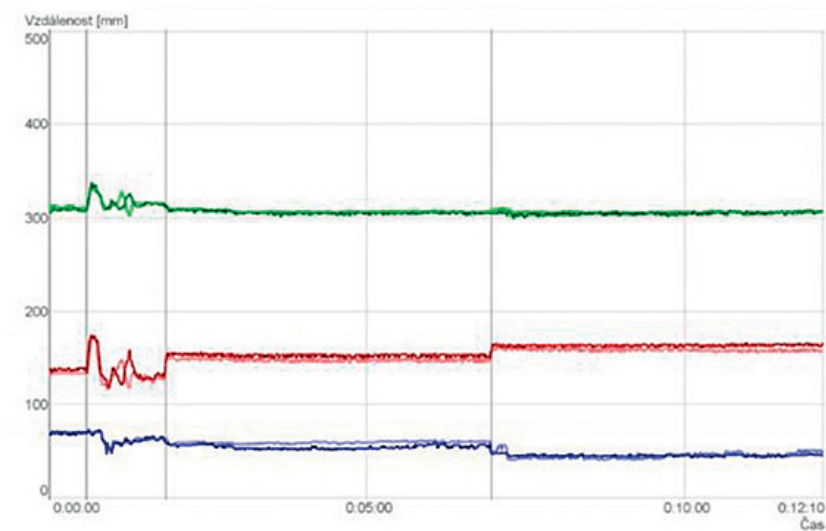
Výskumnú vzorku štúdie tvorilo pôvodne 30 probandov, z ktorých sme po detailnom kineziologickom rozbore zaradili do výskumu 25 probandov. Všetci respondenti museli spĺňať nasledujúce kvóty, vek  $23 \pm 2$  rokov, výška  $170 \pm 10$  cm, hmotnosť  $75 \pm 10$  kg a BMI v rozmedzí od 17 do 25. Kineziologický rozbor, ktorý zahŕňal meranie rozsahu pohyblivosti chrbtice, orientačné vyšetrenie svalovej sily, hodnotenie postury aspekciou a hodnotenie pohybových stereotypov, sme realizovali, aby sme vylúčili prítomnosť výrazných funkčných porúch, a tým zvýšili homogenitu reprezentatívne vzorky. Respondenti sú zdraví, bez akýchkoľvek obmedzení a ťažkostí, ktoré by ovplyvnili výsledky štúdie. Členovia vzorky boli oboznámení s cieľom a priebehom výskumu a súhlasili s podmienkami štúdie.

Hlavnou metódou zberu objektívnych dát bol diagnostický prístroj SonoSens Monitor, ktorý je vybavený ôsmimi elektródami a pracuje na základe hodnotenie ultrazvukových signálov medzi vysielateľom a prijímačom. Meranie je neinvazívne a bezbolestné. Elektródy aplikujeme na miesta definované softvérom systému paravertebrálne, ako je znázornené na obrázku 2. Vzorkovacia frekvencia bola stanovená na 10 Hz. Pred samotným



Obr. 2 Umiestnenie elektród na telo probanda (archív autora).

## PŮVODNÍ PRÁCE



**Obr. 3** Kalibrácia (archív autora).

lepením elektród je koža odchlpená a odmastená, snímače aplikovali skúsení fyzioterapeuti s viac ako 5-ročnou praxou v odbore.

svedčia o vplyve samotného bicyklovania na axiálny aparát človeka, sme stacionárny bicykel individuálne nastavili pre každého respon-

Prístroj je individuálne kalibrovaný na každom respondentovi, kalibrácia zahŕňa meranie maximálnych rozsahov pohyblivosti chrbtice v sagitálnej, frontálnej a transverzálnej rovine, v každom úseku chrbtice (obr. 3, zelenou farbou je znázornená kalibrácia krčnej chrbtice, červenou hrudnej a modrou driekovej chrbtice), tým sme získali individuálne rozsahy pohybu každého respondenta, pričom prístroj hodnotí odchýlky od tohto držania pri určitej aktivite, v našom prípade počas jazdy na stacionárnom bicykli.

Pre zistenie odchýlok z referenčných hodnôt, ktoré



**Obr. 4** Pozícia A (archív autora).



**Obr. 5** Pozícia B (archív autora).



denta. Simulovali sme „optimálne“ nastavenie klasického mestského bicykla podľa Friela (3), Landa (11), Sovndala (15). Meranie sme zopakovali aj pri zmenenej pozícii horných končatín na riadidlách. Pri prvom meraní mal respondent horné končatiny vyrovnané, v druhom meraní zmenil pozíciu laktových kĺbov tým, že ich flektoval do 90° uhla (obr. 4, obr. 5).

Samotné meranie prebiehalo v dvoch intervaloch, vykonávalo sa v uzavretých priestoroch bez vplyvu vonkajšieho prostredia. Stacionárnym bicyklom sme eliminovali otrasy, ktoré vznikajú pri jazde v teréne, a tým negatívne vplyvajú na chrbticu človeka. Prvé meranie prebiehalo v pozícii A, po ktorej bez prelepenia elektród nasledovala pozícia B. Každé meranie trvalo 10 min., pričom intenzitu bicyklovania si respondenti individuálne korigovali, nesmeli však počas merania zastaviť. Následne boli hodnoty z prístroja stiahnuté do PC a ďalej podrobené štatistickému spracovaniu.

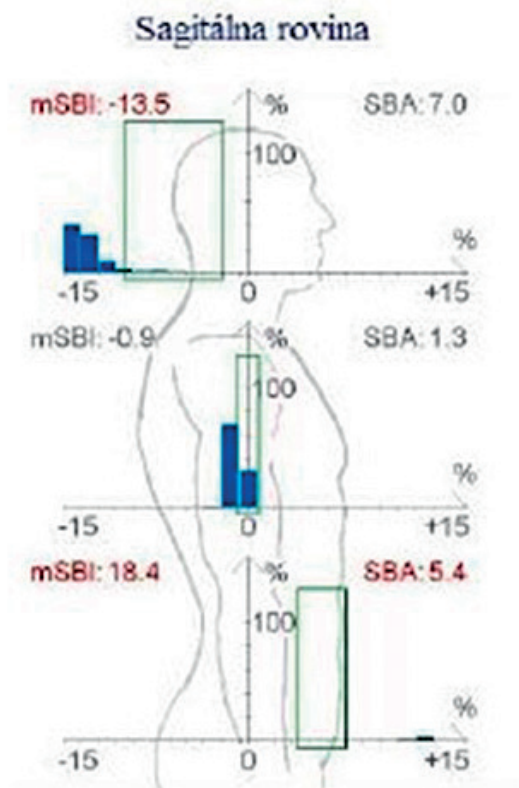
## VÝSLEDKY

Získané číselné a grafické dáta sme ďalej podrobili základnému štatistickému hodnoteniu. Hodnotili

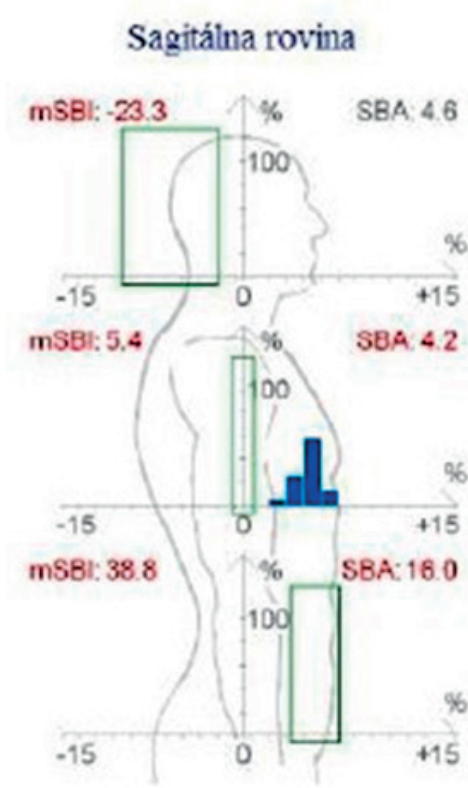
sme odchýlky od referenčných hodnôt v jednotlivých rovinách v každom úseku chrbtice. Grafickú podobu predstavujú bodygramy jednotlivých rovin s číselnými údajmi, pričom červenou farbou sú označené odchýlky z referenčných hodnôt. Číselné hodnoty mSBI (mFBI – frontálna rovina, mTI – rotačná rovina) predstavujú mediány odchýlok od optimálnych hodnôt (0), pričom záporná hodnota predstavuje odklon do extenzie a kladná do flexie. Hodnoty sú v milimetroch. Podobne sú zhodnotené aj bodygramy pre frontálnu a rotačnú rovinu (obr. 6, obr. 7).

Bodygramy na obrázkoch 6 a 7 prezentujú vzorové výsledky meraní v sagitálnej rovine v jednotlivých úsekoch chrbtice. V pozícii A sme zaznamenali výrazné odchýlky v zmysle záklonu krčnej chrbtice a naopak predklonu driekovej časti, aj napriek optimálnemu nastaveniu bicykla. Priemerné hodnoty všetkých meraní uvádzame v tabuľke 1. V pozícii B sme zaznamenali výraznejšie odchýlky vo všetkých úsekoch chrbtice, čo je evidentné už zo samotného sedu respondenta na bicykli.

Výsledky v rovine frontálnej nepreukázali výraznejšie odchýlky zo základného držania tela. Nepatrné

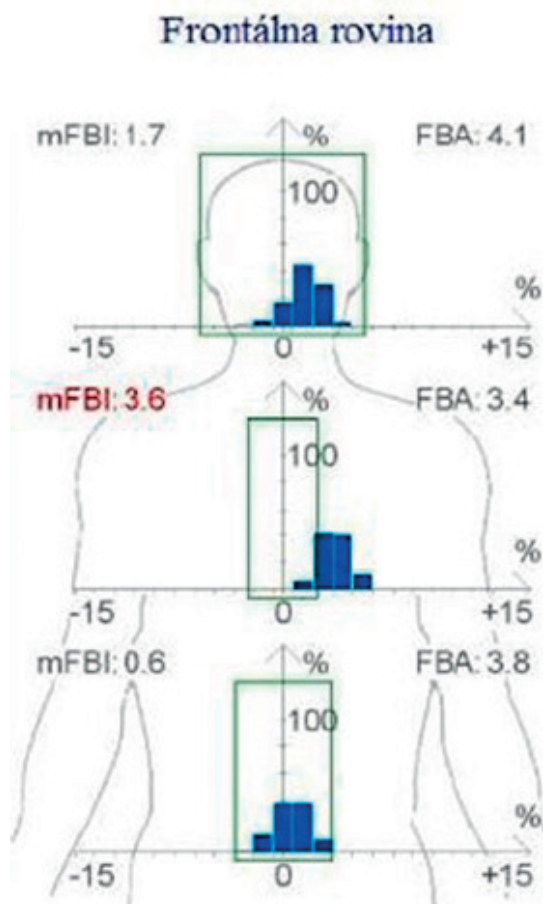


Obr. 6 Pozícia A sagitálna rovina (archív autorov).

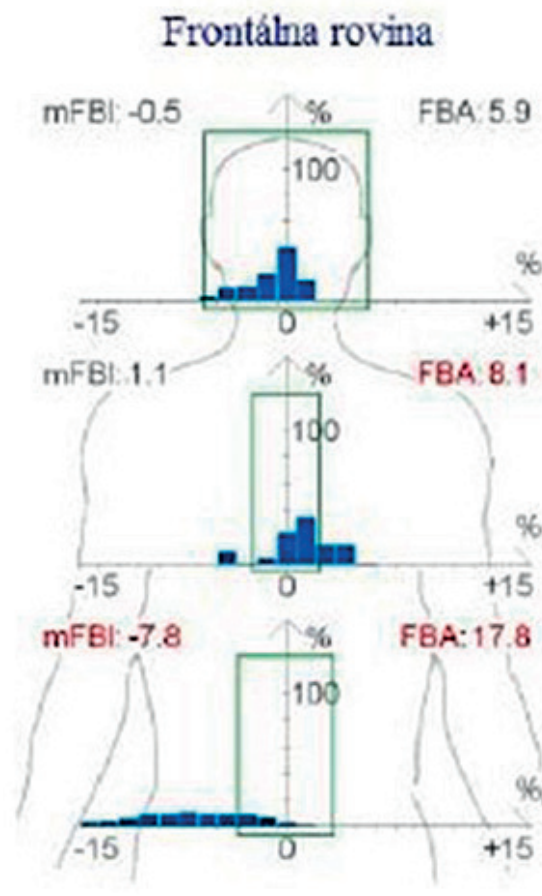


Obr. 7 Pozícia B sagitálna rovina (archív autorov).

## PŮVODNÍ PRÁCE



**Obr. 8** Pozícia A frontálna rovina (archív autorov).



**Obr. 9** Pozícia B frontálna rovina (archív autorov).

**Tab. 1** Priemerné hodnoty výsledkov merania.

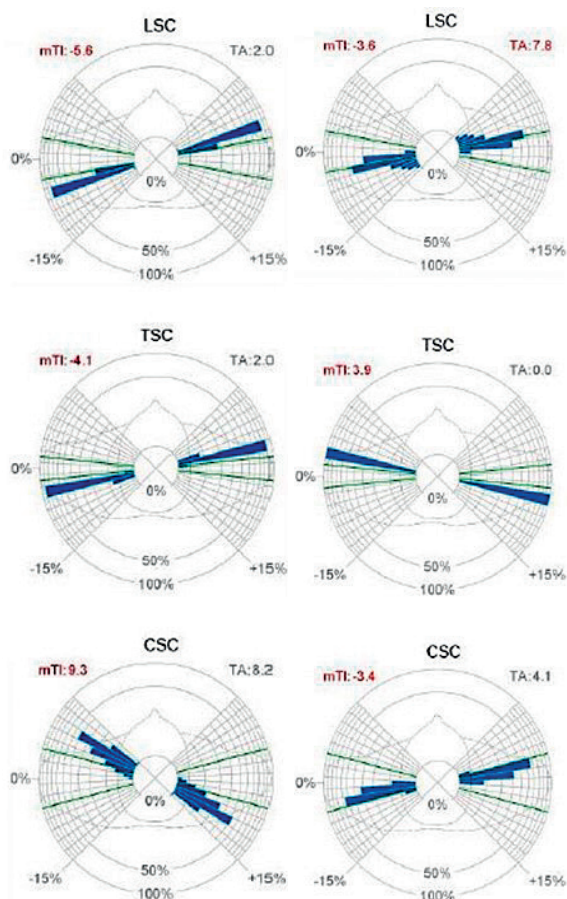
	Sagitálna rovina			Frontálna rovina			Transverzálna rovina		
	Pozícia A	Pozícia B	p<	Pozícia A	Pozícia B	p<	Pozícia A	Pozícia B	p<
CSC	-17.8±1.6	-33.9±1.8	0.005	1.6±0.9	0.9±1.4	0.005	7.1±1.2	5.3±1.7	0.005
TSC	0.52±1.2	5.9±1.7	0.005	2.9±1.1	1.3±1.4	0.005	-4.2±1.3	-3.5±1.1	0.005
LSC	19.5±1.3	36.7±1.6	0.005	0.8±1.4	-6.4±1.1	0.005	-5.7±1.6	-4.2±1.6	0.005

CSC – krčná chrbtica, TSC – hrudná chrbtica, LSC – drieková chrbtica)

odchýlky sme zaznamenali v časti hrudnej a driekovej chrbtice, ktoré však nepredstavujú ohrozenie pre tieto časti axiálneho aparátu v tejto rovine. Tieto odchýlky pripisujeme prirodzenému pohybu tela počas bicyklovania. Záporné hodnoty predstavujú odchýlku vľavo a kladné vpravo (obr. 8, obr. 9). Nepatrné odchýlky vidíme aj v rovine transverzálnej v oboch pozíciách (obr. 10, obr. 11). Tieto hodnoty, podobne ako vo frontálnej rovine, nepredstavujú z dlhodobého hľadiska riziko poškodenia anatomických štruktúr chrbtice. Pripisujeme

ich skôr prirodzenému pohybu panvy počas jazdy na bicykli. Priemerné hodnoty všetkých meraní prezentujeme v tabuľke 1.

Vo vyššie uvedenej tabuľke uvádzame priemerné hodnoty odchýlok od referenčných hodnôt všetkých respondentov v jednotlivých úsekoch chrbtice ich smerodajné odchýlky. Na základe týchto výsledkov môžeme povedať, že najvýraznejšie odchýlky, a tým pádom aj zaťaženie chrbtice pri jazde na stacionárnom bicykli, sme zaznamenali v oblasti krčnej chrbtice v zmysle záklonu a driekovej časti



**Obr. 10** Pozícia A transverzálna rovina (archív autorov).

**Obr. 11** Pozícia B transverzálna rovina (archív autorov).

v zmysle predklonu. Obe tieto časti axiálneho systému človeka sú veľmi mobilné, a tým ich riziko voči výskytu zraneniam rastie. Hodnoty v rovine frontálnej a transverzálnej vykazujú minimálne odchýlky a z dlhodobého hľadiska nepredstavujú ohrozenie pre chrbticu. Pre porovnanie štatistickej významnosti sme použili Wilcoxonov t-test, kde sme získali vo všetkých sledovaných parametroch hodnotu štatistickej významnosti  $p < 0,005$ .

## DISKUSIA

Meraním a spracovaním výsledkov sme zhodnotili akým spôsobom jazda na stacionárnom bicykli vplýva na axiálny aparát človeka. Stanovením hypotézy sme predpokladali, že jazda na stacionárnom bicykli pri simulovaní jazdy na klasickom mestskom bicykli (pozícia A) nevplýva negatívne na axiálny systém človeka. Hypotéza sa ale nepotvrdila, pretože výsledky merania poukazujú na výrazné odchýlky z referenčných hodnôt, čo

znamená nefyziologické zaťaženie najmä krčnej a driekovej časti chrbtice. Ide najmä o záklon, ktorý spôsobuje poškodenie a vznik vertebro-algického syndrómu (VAS). Podobné výsledky zaznamenala aj Janečková (6), ktorá hodnotila najčastejšie problémové a bolestivé miesta cyklistov. Z 90 cyklistov uviedlo 22 % ako miesto najväčších problémov krčnú chrbticu a 14 % driekovú časť. Podobné výsledky boli zaznamenané aj v štúdiu Wilbera (17), z tohto hľadiska vidíme jazdu na stacionárnom bicykli ako nevhodný doplnok terapie pri bolestiach krčnej a driekovej časti chrbtice, s týmto názorom súhlasia aj Nechvátal a kol. (13). Podľa výskumu Salaia (14) sa bolesti chrbta vyskytujú u 50 % rekreačných cyklistov. Nakoľko cyklisti niesú v úplne statickej pozícii, chrbtica a intersegmentálne kĺby absorbujú sily vytvárané dolnými končatinami. Tieto sily sa prenášajú na chrbticu, ktorá je v tomto momente v flektovanej, extendovanej alebo rotovanej pozícii. Zatiaľ je veľmi málo overených hypotéz, akým patologicko-mechanickým spôsobom vzniká VAS u cyklistov (12). Počas jazdy na akomkoľvek bicykli hrá dôležitú úlohu správna funkcia hlbokého stabilizačného systému, jeho oslabenie je častou príčinou bolesti v oblasti driekovej časti chrbtice. Pred jazdou na bicykli je teda vhodné tento systém posilniť, ako uvádza Jebavý (7). Na možnú súvislosť vzniku VAS a na asymetrické svalové stereotypy paravetebrálnych svalov poukazuje Burnett (1). Podobné výsledky prezentoval v štúdiu Srinivasan (16), v ktorej povrchové EMG ukázalo svalovú slabosť v m. erector spinae pri VAS v oblasti driekovej časti chrbtice.

Pri prehľade uvedených publikácií a na základe výsledkov našej štúdie konštatujeme, že pri terapii VAS krčnej a driekovej časti axiálneho systému nieje stacionárny bicykel vhodným doplnkom rehabilitácie. Svalové skupiny osového aparátu sú pri bolestiach aktivované v nesprávnom stereotypy, sú preťažované a oslabením hlbokého svalového systému vzniká bolesť. Jazda na stacionárnom bicykli, aj napriek optimálnemu nastaveniu bicykla a posedu, spôsobuje progresiu bolesti a nadmerného preťaženia týchto štruktúr. Terapiu bolesti chrbta preto vidíme vo využití fyzioterapeutických metód a prísnom dodržiavaní školy chrbta, ktorú vo svojej publikácii popisuje Gúth (4).

## ZÁVER

Výhodou, ale zároveň aj nedostatkom tejto štúdie, bolo jej realizovanie v laboratórnych podmienkach bez vplyvov vonkajšieho prostredia. Pokračovanie tejto práce vidíme v realizovaní merania v teréne. Výhodu stacionárneho bicykla vidíme v rehabilitácii poškodenia a poranenia dolných končatín, ako sú totálna endoprotéza, plastika mäkkých častí

## PŮVODNÍ PRÁCE

kolena, alebo distorzia členkového kĺbu. Terapia bolesti chrbtice je komplexný proces, pre ktorý je vhodnejšie využitie cvičenia pre posilnenie hlbokého svalového systému, mobilizáciu segmentov chrbtice v kombinácii s prostriedkami fyzikálnej terapie a hydrokinezioterapie.

### LITERATÚRA

- BURNETT, A. F.:** Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: A comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects-A pilot investigation. *Man Ther.*, 9, 2004, 4, s. 211-219.
- ERICKSON, M. O. ET AL.:** Power output and work in different muscle Gross during ergometer cycling. *Eur. Appl Physiol.*, 55, 1986, 3, s. 229-235.
- FRIEL, J.:** Tréninková bible pro triatlonisty. 1. vyd., Praha, Mladá fronta, 2014, 416 s.
- GÚTH, A.:** Bolesť a škola chrbtice. Bratislava, LIEČREH, 2017, 128 s.
- HNÍZDIL, J.:** Bolesť zad: mýty a realita. 1. vyd., Praha, Triton, 2005, 232 s.
- JANEČKOVÁ, P.:** Nejčastější zdravotní obtíže u horských cyklistů: diplomová práce. Praha, Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2011, 71 s.
- JEBAVÝ, R.:** Komparace silových cvičení na nestabilních a stabilních plochách jako prostředek pro zlepšení činnosti hlubokého stabilizačního systému. *Rehabilitácia*, 53, 2016, 2, s. 93-102.
- KRAČMAR, B. A KOL.:** Fylogenetické aspekty lidské lokomoce. *Rehabilitácia*, 54, 2017, 1, s. 61-76.
- KRAČMAR, B. A KOL.:** Fylogeneze lidské lokomoce. 1. vyd., Praha, Univerzita Karlova, Karolinum, 2016, 464 s.
- KRAČMAR, B.:** Vliv cyklistiky na pohybovou soustavu. *Rehabil. fyz. Lék.*, 12, 2005, 1, s. 27-33.
- LANDA, P.:** Cyklistika. 1. vyd., Praha, Grada Publishing, 2005, 128 s.
- MARSDEN, M.:** Lower back pain in cyclists. *International SportMed Journal*, 11, 2010, 1, s. 216-225.
- NECHVÁTAL, P. A KOL.:** Movement activity and sport for patients after cervical distectomy. *Hrvatska Revija za Rehabilitacijska Istraživanja*, 51, 2015, 1, s. 71-76.
- SALAI, M. ET AL.:** Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclist. *Br. J. Sports Med.*, 33, 1999, 6, s. 398-400.
- SOVNDAL, S.:** Cyklistika - anatómia. 1. vyd., Bratislava, CPress, 2018, 199 s.
- SRINIVASAN, J.:** Low back pain and muscle fatigue due to road cycling: An EMG study. *J. Bodyw Mov. Ther.*, 11, 2007, 3, s. 260-266.
- WILBER, C. A.:** An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclist. *Int. J. Sports Med.*, 16, 1995, 3, s. 201-206.

*Adresa ke korespondenci:*

**Mgr. Jakub Čuj**

Prešovská univerzita v Prešove  
Fakulta zdravotníckych odborov  
Partizánska 1  
080 01 Prešov  
Slovenská republika  
e-mail: jakub.cuj@unipo.sk

— Inzerce ▲ A191005195 —

Prijmeme **fyzioterapeuta** (-ku) do ambulatného malého provozu v Blansku na úvazek 0,5-1,0.

Volejte na **724 161 468**.

# REHABILITACE & FYZIKÁLNÍ LÉKAŘSTVÍ

## REHABILITATION & PHYSICAL MEDICINE

ROČNÍK 26/2019

### VEDOUcí REDAKTOR

**MUDr. Jan Vacek, Ph.D.**

Klinika rehabilitačního lékařství IPVZ  
Šrobárova 50, 100 34 Praha 10

### ZÁSTUPCE VEDOUcíHO REDAKTORA

**Doc. MUDr. Ivan Vařeka, Ph.D.**

Rehabilitační klinika LF UK a FN  
Sokolská 581, 500 25 Hradec Králové

### TAJEMNÍK REDAKCE

**Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.**

Klinika fyzioterapie FTVS UK  
J. Martího 31, 162 52 Praha 6

### REDAKČNÍ RADA

**MUDr. Yvona Angerová, Ph.D., MBA**

Klinika rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN  
Albertov 7, 128 00 Praha 2

**PhDr. Alena Herbenová**

Klinika rehabilitačního lékařství IPVZ  
Šrobárova 50, 100 34 Praha 10

**Doc. MUDr. Alena Kobesová, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství  
2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**Doc. MUDr. Jiří Kříž, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství  
2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**Doc. MUDr. Vlasta Tošnerová, CSc.**

Klinika rehabilitačního lékařství FN HK  
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové

**Prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného  
lékařství 2. LF UK a FN Motol  
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

**Doc. MUDr. Olga Švestková, Ph.D.**

Klinika rehabilitačního lékařství  
1. LF UK a VFN  
Albertov 7, 128 00 Praha 2

**Prof. MUDr. Josef Vymazal, DrSc.**

Radiodiagnostické oddělení  
Nemocnice Na Homolce  
Roentgenova 2/37, 150 30 Praha 5

**Doc. PhDr. Magdaléna Hagovská, Ph.D.**

Klinika FBLLR, LF Univerzity Pavla Jozefa Šafárika  
a Univerzitná nemocnica J. Pasteura  
Rastislavova 3, 041 90 Košice

**MUDr. Martina Hoskovcová, Ph.D.**

Neurologická klinika 1. LF UK a VFN  
Kateřinská 30, 120 00 Praha 2

**MUDr. Alois Krobot, Ph.D.**

Rehabilitační oddělení FN  
I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc

**Doc. MUDr. Peter Takáč, Ph.D.**

Univerzitná nemocnica L. Pasteura  
Rastislavova 43, 041 90 Košice

**Doc. PhDr. Elena Žiaková, Ph.D.**

Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave  
Inštitút fyzioterapie, balneológie  
a liečebnej rehabilitácie  
Rázusova 14, 921 01 Piešťany

## AUTORSKÝ REJSTŘÍK

## PŮVODNÍ PRÁCE

- Beňačka J.:** Disekcia vertebrálnej artérie ako komplikácia manipulačnej liečby ..... 17
- Čuj J., Gajdoš M., Mikuláková W., Jurčíšin M., Kračmar B.:** Je stacionárny bicykel vhodným doplnkom fyzioterapeutickej liečby pri vertebrogénnych ťažkostiach? ..... 198
- Davídek P., Kobesová A.:** Vliv tréninku trupové stabilizace na maximální výkon a bolest ramenního pletence u rychlostních kajakářů ..... 148
- Dobešová P., Palonciová K., Janura M., Honzík L.:** Využití fyzioterapie a regeneračních prostředků ve vrcholovém florbalu žen v České republice ..... 125
- Chudý J., Musilová E., Krčmář M., Kolonyi T., Buzgó G.:** Vplyv zdokonaľovania pohybového vzoru na aktiváciu vybraných svalov v otvorenom a uzavretom kinematickom reťazci ..... 139
- Kodadová M., Opavský J.: Mechanismy a aplikace motorického učení v rehabilitaci ... 55
- Konečná P., Opavský J.:** Hodnocení poruch motorické kontroly u pacientů s nespecifickými bolestmi zad v bederním úseku páteře ..... 166
- Králová K., Gueye T., Švestková O.:** Ergoterapeutická intervence na lůžkách včasné rehabilitace ovlivňuje soběstačnost i délku hospitalizace ..... 5
- Kuba K., Kubová S., Harsa P., Pavlů D.:** Spojitost fyzioterapie a psychologie ve sportu ..... 120
- Kubát A.:** Chronické nespecifické bolesti zad a jóga jako jedna z možností léčby ..... 37
- Kvapilová B., Hoideková K., Angerová Y., Pavlů D.:** Porovnaní časové náročnosti, cenové dostupnosti a reliability testů jemné motoriky pro pacienty po cévní mozkové příhodě z pohledu ergoterapie ..... 131
- Lehnertová M., Janeczková A., Janura M.:** Vliv osteotomie tibie na kinematiku chůze u pacientů s gonartrózou - pilotní studie ..... 111
- Malay M., Čelko J., Shtin Baňárová P.:** Vplyv počasia na bolesť a pohybovú aktivitu pacientov s osteoartrózou ..... 81
- Michalčíková T., Neumannová K.:** Výskyt poruch rovnováhy u nemocných s chronickou obstrukční plicní nemocí ..... 61
- Milánová J., Žiaková E., Hornáček K.:** Využitie konceptu Autoreflexné zapojenie hlbokého stabilizačného systému po operácii hernie medzistavcovej platničky v lumbálnej chrbtici ..... 157
- Musilová E., Opálená Z.:** Využitie manuálnej lymfodrenáže v onkológii ..... 28
- Nechvátal P., Takáč P., Kozel M., Gajdoš M.:** Porovnanie krčnej medzistavcovej fúzie a dynamic cervical implant artroplastiky: klinické výsledky 12 mesiacov po operácii krčnej chrbtice ..... 88
- Novotná K., Gabrielová A., Kóvári M.:** Možnosti využití cvičení Pilates u pacientů s roztroušenou sklerózou ..... 115
- Průcha J., Dylevský I., Navrátil L., Vlachová V., Krůšek J., Dittert I., Skopalík J., Klapalová A., Štengl M., Socha V.:** Přínosy základního, preklinického a klinického výzkumu k uplatnění indukovaných elektrických proudů v indikacích rehabilitační a fyzikální medicíny ..... 174
- Rejtarová A., Uhlířová J., Švestková O.:** Intenzivní bimanuální terapie horních končetin (HABIT) u pacientů s dětskou mozkovou obrnou ..... 23
- Šimková K., Krivonošíková M., Švestková O.:** Klinické využití Rivermead behaviorálního paměťového testu u pacientů po získaném poškození mozku ..... 32
- Šorfová M., Dubnová K.:** Biofeedback a jeho využití v léčebné rehabilitaci pohybového systému člověka ..... 191
- Uhlíř P.:** Efekt relaxačního programu audiovizuální stimulace na autonomní nervový systém, hodnocený vybranými ukazateli spektrální analýzy variability srdeční frekvence ..... 74
- Vlčková I., Krobot A.:** Vztahy mezi variabilitou a svalovou únavou v prototypových pohybech ..... 68

## PŘÍPADOVÁ STUDIE

- Betlachová M., Uhlíř P.:** Potlačení chronické nociceptorové bolesti prolongovanou rehabilitací II ..... 95

## SDĚLENÍ Z PRAXE

- Skaličková-Kováčiková V., Procházková M.:** Doporučený postup vyšetření kojenců a batolat v ordinaci dětského fyzioterapeuta z pohledu vývojové kineziologie a reflexní lokomoce dle Vojty ..... 101

## OSOBNÍ ZPRÁVA

- Zemřela prof. MUDr. Olga Švestková, Ph.D. (Angerová Y.) ..... 3

## RECENZE KNIHY

- Jaroslava Raudenská, Alena Javůrková, Giustin Varrassi: Pain - Management, Issues and Controversies (Neradílek F.) ..... 41

## POKYNY PRO AUTORY ..... 107

## VĚCNÝ REJSTŘÍK

- A**  
akcelerometry 169  
analýza chůze 113  
audiovizuální stimulace 74  
autonomní funkce 75  
nervový systém 74  
autoreflexné zapojenie 158
- B**  
balanční trénink 64  
behaviorální terapie 33  
bimanuální terapie 13  
biofeedback 191  
elektromyografický 191  
tlakový 191  
vibrotaktilní 191  
bolest ramenního pletence 149  
bolest zad 37  
bradykinin 178
- C**  
centrální únava 69  
cévní mozková příhoda 11, 19, 34, 132  
cvičení Pilates 116
- D**  
dětská mozková obrna 25  
discektómia 89  
disekcia vertebrálnej artérie 19  
dřep Wall Sit 69  
duplexná ultrasonografia 19  
Dynamická Neuromuskulární Stabilizace (DNS) 151  
dynamická plantografie 195
- E**  
elektromagnetické pole 179  
EMG aktivita 141  
endoteliální buňky 180  
ergoterapie 26, 33, 132
- F**  
Funkční míra nezávislosti - FIM 9  
fyzioterapie 28, 120, 125, 161
- G**  
gonartróza 111
- H**  
hemiparéza 24  
hernia medzistavcovej platničky 160  
hlboký drep 140  
stabilizačný systém 158  
hodnocení ergoterapeutické intervence 8  
hodnotící nástroje 132  
horní končetina 133
- CH**  
chrbtica 18, 88  
chronická bolest 98
- I**  
indukovaný elektrický proud 176  
interaktivní robotická terapie 59  
iontový kanál 174
- J**  
jóga 38
- K**  
karcinóm prsníka 28  
kinematická analýza pohybu 3D 170  
kinematický řetazec-otvorený, uzavretý 139  
kinematika 113  
kognitivní úkol 70  
kolenní artróza 184  
kolenní kloub 111  
kompenzační cvičení 128  
komplexná kompresívna liečba 29  
kooperace horních končetin 24
- L**  
lůžka včasné rehabilitace 5
- M**  
manipulačná liečba 17  
manuálna lymfodremáž 28  
matrix-metaloproteináza 183  
maximální výkon na trenažeru 150  
medzistavcová platnička 89  
migrace buněk 183  
mimoplicní projevy CHOPN 61  
motorické učení 55  
druhy 57  
faktory 58  
muskuloskeletární systém 185
- N**  
nespecifické bolesti zad 166  
neurochirurgický výkon 89
- O**  
osteoartróza 81, 111  
osteotomie 114

## REJSTŘÍK

### P

paměťový test 32  
personální ADL 35  
plicní rehabilitace 64  
pohybová aktivita 85  
pohybový program 140  
polohové reakce 104  
poruchy motorické kontroly 168  
poruchy paměti 33  
poruchy rovnováhy 63, 116  
prenatálně a postnatálně polohy 158  
primární senzorický neuron 174  
přístrojové hodnocení 169  
prolongovaná rehabilitace II 95

### R

reflexní lokomoce 101  
regenerační prostředky 125  
riziko pádu 62  
roztřesená skleróza 116  
rychlostní kanoistika 149

### S

sekundární lymfodém 31  
směřovaná pozornost 72  
sonografie krčných cív 19  
spektrální analýza 75  
sport 120, 125

sportovní psychologie 121  
stromální mezenchymální buňky 182  
systém Vicon 112

### T

testy jemné motoriky 133  
tréninkový systém 127

### U

ultrazvuková elastografie 174  
umělá náhrada platničky 89

### V

variabilita srdeční frekvence 74, 187  
vazy 105  
vertebrogenitální algický syndrom 175  
viabilita buněk 179  
Vojtova metoda 104  
vplyv počasí na bolest 82  
vrcholové sportovní centrum 150  
vrcholový sport 126  
vysokoindukční magnetická stimulace 183  
vývojová kineziologie 102

### Z

zdravotní program 97  
získané poškození mozku 33  
zranění 128