

Klinická studie aplikace vysokoindukčního elektromagnetického pole na bolestivé stavy

Štátný E.^{1,2}, Prouza O.³

¹Ortopedie Štátný, s.r.o., Praha-Řepy

²Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie, FN Motol, Praha

³Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha

SOUHRN

Úvod: Ve fyzikální terapii se objevil nový přístup v léčbě muskuloskeletálních poruch. Jde o technologii založenou na působení silného pulzního elektromagnetického pole (s indukci v řádech jednotek tesla) na lidskou tkáň. Tato pilotní studie zkoumá analgetický účinek tohoto systému u různých diagnóz.

Cíl studie: Ověření analgetického účinku silného pulzního elektromagnetického pole na dostatečném statistickém vzorku v klinické praxi.

Metody: Terapie byla provedena u 57 náhodně vybraných pacientů s chronickými i akutními bolestmi pohybového aparátu. Pacienti absolvovali průměrně 6 terapií, 1-2x týdně, 10-15 minut dle zvoleného protokolu. K určení analgetického efektu byla použita kom-

binace Visual Analog Scale (VAS) a Verbal Numerical Rating Scale (VNRS).

Výsledky: Celkový pokles bolesti bez ohledu na diagnózu byl 37,5 %. U 46 pacientů došlo ke zlepšení, u 4 zůstala úroveň bolesti stejná. 7 pacientů bylo ze studie vyřazeno.

Závěr: Prokázali jsme analgetický účinek silného pulzního elektromagnetického pole na bolest pohybového aparátu.

KLÍČOVÁ SLOVA

FMS, elektromagnetická indukce, analgetický účinek, pohybový aparát

SUMMARY

Štátný E., Prouza O.: Clinical Study of Applied High-induction Electromagnetic Field on Painful Conditions

Background: A new approach to pain management appeared in a physical therapy. It is technology based on the effect of strong pulsed electromagnetic field in human tissue (the value of induction is in the order of units of tesla). This pilot study examines the analgesic effect of this technology with different diagnoses.

Objective: Verification of an analgesic effect of a strong pulsed electromagnetic field on a sufficient statistical sample in a clinical practice.

Methods: The therapy was performed with 57 randomly selected patients with chronic and acute pain of musculoskeletal system. Patients had 6 therapies in average, 1-2 times per week, 10-15 minutes according

to the selected protocol. We used the combination of the Visual Analog Scale (VAS) and the Verbal Numerical Rating Scale (VNRS) to determine the analgesic effect.

Results: Regardless of diagnoses the overall decrease of pain was 37.5%. There was significant release of pain at 46 patients. There was neither improvement nor worsening of pain in 4 of the 50 patients. Seven patients were excluded from the study.

Conclusion: We have demonstrated the analgesic effect of a strong pulsed electromagnetic field on musculoskeletal pain.

KEYWORDS

FMS, electromagnetic induction, analgesic effect, musculoskeletal system

Rehabil. fyz. Lék., 23, 2016, č. 3, s. 142-148

ÚVOD

Vysokoindukční elektromagnetické pole se využívá ve výzkumu, diagnostice i terapii různých centrálních a periferních poruch. V literatuře jsou technologie využívající tento fyzikální princip známy pod názvy: FMS, TMS, rTMS, MRI, ExMI a další. Pro potřeby této studie se soustředíme pouze na periferní aplikaci, která je vzhledem k transkraniální

aplikaci rozšířena méně. Přihlédneme-li k tomu, že bolest provází téměř každou muskuloskeletální poruchu, je na místě hledat další možnosti jejího dlouhodobého ovlivnění.

Několik studií se věnuje konkrétním efektům vysokoindukčního pole na lidskou tkáň. Analgetický efekt popisují Poděbradský (37), Lee (26) a Uher (44). V těchto studiích používali stimulátor dosahující

frekvence 50 Hz. Ovlivňovali tedy bolest na základě endorfinové teorie bolesti. My jsme aplikovali technologii Super Inductive System, která dosahuje frekvence až 150 Hz.

VYUŽITÍ V MEDICÍNĚ

Statické vysokoindukční elektromagnetické pole se využívá od 70. let minulého století při vyšetření MRI. Pulzní vysokoindukční elektromagnetické pole se využívá od 80. let minulého století. Periferní magnetická stimulace byla poprvé použita v roce 1982. Transkraniální v roce 1985 na univerzitě v Sheffieldu. V roce 1988 byla objevena tzv. rTMS (repetitive transcranial stimulation), kdy bylo poprvé možno skládat více pulzů do jedné sekvence. Do té doby se jednalo vždy o aplikaci jednotlivých pulzů. Transkraniální, nebo chcete-li centrální aplikace, je v dnešní době používána ve výzkumu a diagnostice mozkových poruch (8), Tourettova syndromu (48), ataxie (7), fokální dystonie (1), roztroušené sklerózy (17), Parkinsonovy nemoci (2, 4), funkce motorického kortexu (3, 10, 31), motorického učení (39), neuroplasticity (36) a také v léčbě stavů po centrální mozkové příhodě (15, 22), afázie (16, 32, 42), v léčbě blefarospasmu (24), v léčbě spasticity (35) a v léčbě bolesti (23, 41, 43). V psychiatrii je transkraniální stimulace aplikována v léčbě deprese (13, 19, 27, 46), bipolární poruchy (21), obsedantně-kompulzivní poruchy (34, 38), post-traumatických poruch (19), sluchových halucinací (40), schizofrenie (9, 28) a autismu (11). Periferní aplikace je využívána primárně v rehabilitaci neuromuskulárních poruch (5, 26, 29, 37, 44), dále pak ve výzkumu a diagnostice svalové a nervové tkáně (6, 14, 25) a v urologii (30, 45, 47).

METODA

Metodický princip

K terapii byl použit vysokoindukční elektromagnetický stimulátor (BTL-6000 Super Inductive System, výrobce BTL Industries Ltd.). Efektivita přístroje byla zjišťována na pražském ortopedickém ambulancním pracovišti úzce napojeném na ortopedickou kliniku s bohatými zkušenostmi s fyzikální léčbou (vysokovýkonovou laseroterapií, nízkoindukční magnetoterapií, kontaktní elektroterapií). Přístroj byl po celou dobu studie umístěn v samostatném prostoru vyčleněném za tímto účelem. Jednotlivé typy fyzikální léčby nebyly u pacientů kombinovány. V závislosti na typu patologie byly použity následující protokoly:

Protokol 1

Použit při chronických bolestivých stavech (např. burzitidě, gonartróze). Je tvořen 4 sekcemi. Frekvence se mění od 1 do 10 Hz. Protokol působí na základě endorfinové teorie a byl aplikován

v intenzitě prahově motorické. Celkový čas terapie byl 10 minut.

Protokol 2

Použit v případě akutní bolesti (vertebroalgický syndrom). Je monosekční s konstantní frekvencí 143 Hz. Protokol působí na základě teorie periferního kódu a byl aplikován v intenzitě nadprahově senzitivní až prahově motorické. Celkový čas terapie byl 15 minut.

Protokol 3

Použit v případě bolestivých stavů spojených s otokem (ve fázi pasivní hyperemie nebo fibroblastické přestavby). Je tvořen ze 3 frekvenčně modulovaných sekcí. Frekvence nepřekračuje 10 Hz. Protokol působí na základě aktivace mikrosvalové pumpy a byl aplikován v intenzitě prahově motorické. Celkový čas terapie byl 12 minut.

Protokoly aplikované u jednotlivých diagnóz jsou uvedeny v tabulce 1. Graf 1 znázorňuje průměrný pokles bolesti v prvních 6 terapiích u protokolu č. 1 a 3.

Experimentální skupina

Studie byla prováděna od 24. 11. 2015 do 29. 1. 2016 na náhodně vybraných pacientech s různými poruchami pohybového aparátu. Jednotlivé diagnózy jsou uvedeny v grafu 1. Účinek jsme nesrovnávali s kontrolní skupinou léčenou placebem (prázdným přístrojem) nebo jiným typem fyzikální léčby. Před samotnou terapií jsme důkladně odebrali anamnézu se zřetelem na kontraindikace a pečlivě provedli vstupní klinické vyšetření. Vstupní kritéria byla stanovena takto: věk více jak 12 let, diagnostikována muskuloskeletální porucha akutního nebo chronického rázu, bezinfekčnost, dobrovolný souhlas. Během 3 měsíců bylo testováno celkem 57 pacientů (38 žen/19 mužů). Průměrný věk žen byl 53 let (+33/-36), průměrný věk mužů 49 let (+38/-35).

Výstupní kritérium bylo stanovena takto: Min. 4 absolvované terapie. Výstupní kritérium nesplnilo 7 pacientů (6 žen/1 muž). Byli ze studie vyřazeni. Pacienti průměrně absolvovali 1-2 terapie týdně. Neabsolvovali jinou fyzikální terapii. Testování probíhalo ve stejné místnosti s konstantní teplotou 22° +/- 1°.

Technika měření

Aplikátor (15x15 cm) byl přikládán 1-3 cm nad kožním povrchem bolestivé oblasti. K hodnocení škály bolesti byl využit VAS (Visual Analog Scale) v kombinaci s VNRS (Verbal Numerical Rating Scale) před a ihned po aplikaci terapie a s odstu-

pem 3 měsíců. po ukončení léčebné kúry. VAS i VNRS jsou součástí protokolu pacienta, který obsahuje údaje o věku, pohlaví, diagnóze a záznam jednotlivých terapií.

Tab. 1 Přehled použitých protokolů u jednotlivých diagnóz.

Diagnóza	Protokol č.
Gonartróza	1
Burzitida ramene	1
Distorze kolenního kloubu	3
Epikondylitida	3
Bolest bederní	2
Ostruha kosti patní	3
Metatarzalgie	3
Artritida traumatická	3
Osgood-Schlatterova nemoc	3
De Quervainova nemoc	3
Plantární aponeurositida	3
Bolestivé plochonoží	1
Tendovaginitida	3
Tendinitida	3
Rhizartróza	1
Artróza AC kloubu	1
Bolest přední části hlezna	1

Sběr dat

Bolest byla hodnocena na základě subjektivního sdělení pacientů před a po každé terapii a při každé další návštěvě. Hodnoty byly zaznamenávány do protokolu pacienta.

Analýza dat

Analýza byla prováděna na základě výpočtu průměrné a střední hodnoty jednotlivých souborů dat. Kromě výše zmíněných hodnot bolesti byl sledován také její průměrný pokles, průměrný počet provedených terapií a celkový pokles bolesti na celém vzorku pacientů. Dále pak hodnocení poklesu bolesti podle jednotlivých diagnóz.

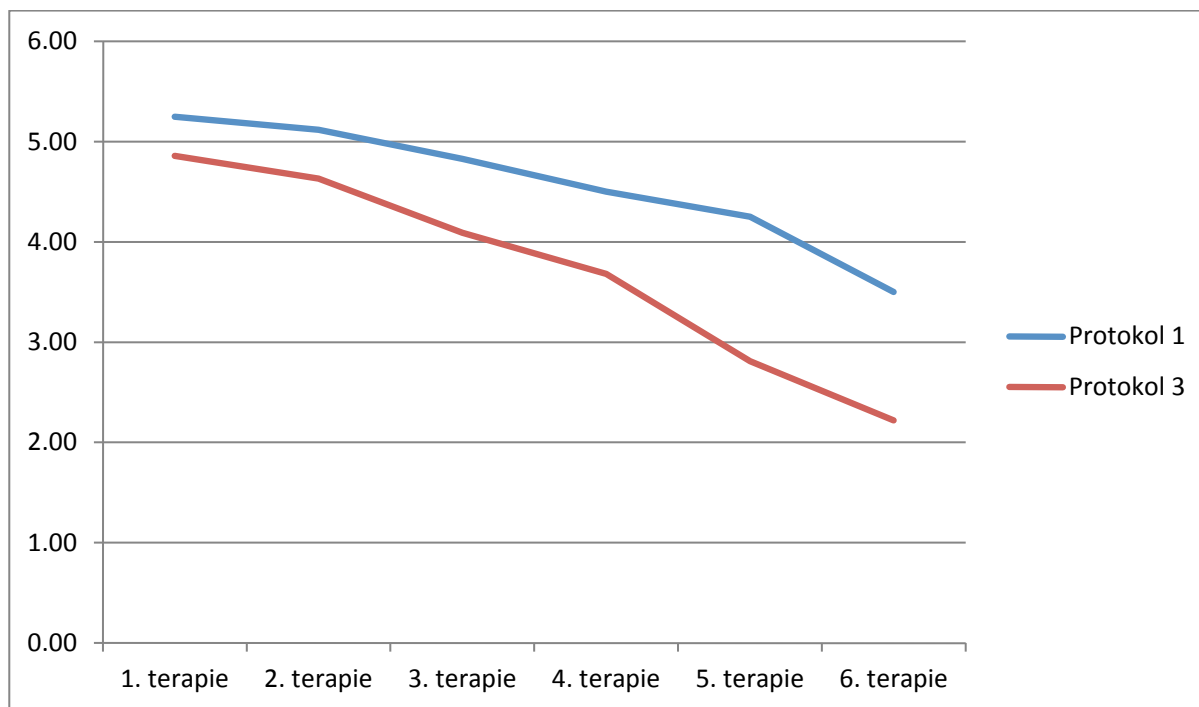
VÝSLEDKY

Celkem bylo provedeno 335 terapií na 57 pacientech. Po vyloučení 7 pacientů, kteří absolvovali méně jak 4 návštěvy, byl počet terapií zredukován na 317. Medián počtu terapií byl 6 (tab. 2).

Variační rozpětí mezi maximální hodnotou bolesti před první a minimální hodnotou po poslední terapii byl 7. Celkový průměr bolesti za všechny

Tab. 2 Počet \bar{x} provedených terapií u jednoho pacienta.

celkový počet terapií	317
průměrný počet terapií	6.34
medián počtu terapií	6



Graf 1 Znárodnění celkového průměrného poklesu bolesti v prvních 6 terapiích u protokolu č. 1 a 3. Protokol č. 2 nebyl aplikován na dostatečném statistickém vzorku ve srovnání s předchozími protokoly.

Tab. 3 Počet pacientů u jednotlivých diagnóz a procentuální pokles bolesti.

Diagnóza	Počet pacientů	Pokles bolesti na VNRS (%)
Gonartróza	12	35,15
Burzitida ramene	11	29,91
Distorze kolenního kloubu	6	40,16
Epikondylitida	3	34,66
Bolest bederní	3	25
Ostruha kosti patní	2	32,50
Metatarzalgie	2	32,5
Artritida traumatická	2	62
Osgood-Schlatterova nemoc	1	50
De Quervainova nemoc	1	60
Plantární aponeurositida	1	67
Bolestivé plochonoží	1	40
Tendovaginitida	1	50
Tendinitida	1	50
Rhizartróza	1	40
Artróza AC kloubu	1	25
Bolest přední části hlezna	1	40

terapie byl 3,95 (tab. 3). Největší zastoupení mezi diagnózami měla gonartróza (24%) a burzitida ramene (22%) (tab.3, graf 2).

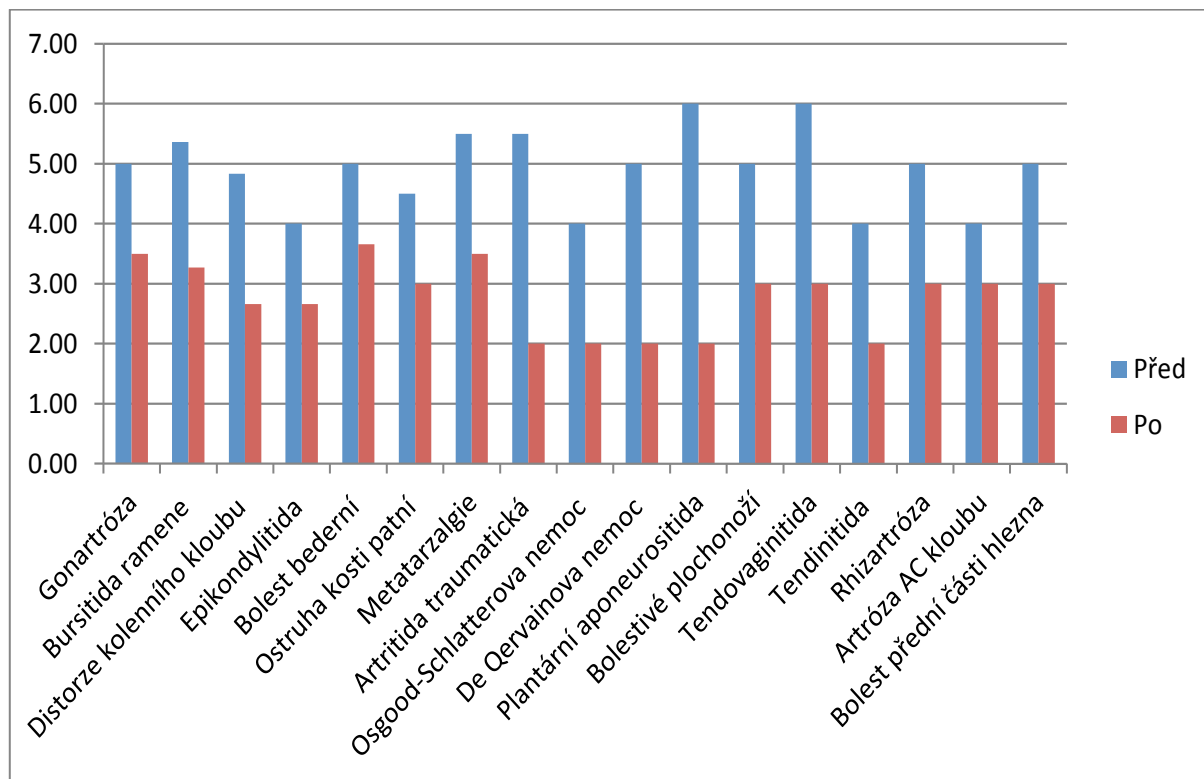
Celkový průměr bolesti před první terapií byl 4,96 (medián 5), celkový průměr bolesti po poslední terapií byl 3,10 (medián 3), což je pokles o 37,5 % (tab. 4, tab. 5). Čtyři pacienti neměli pokles bolesti. Nikdo z pacientů nebyl zhoršen.

Tab. 4 Průměr bolesti ze všech 317 provedených terapií.

celkový průměr bolesti	3,95
celkový medián bolesti	4
max. hodnota bolesti	8
min. hodnota bolesti	1
variační rozpětí	7

Tab. 5 Srovnání hodnot VNRS před první a po poslední terapii u celého statistického vzorku.

průměr hodnoty bolesti před první terapií	4,96
medián hodnoty bolesti před první terapií	5
průměr hodnoty bolesti po poslední terapii	3,1
medián hodnoty bolesti po poslední terapii	3

**Graf 2** Znáznornění celkové průměrné hodnoty bolesti před první a po poslední terapii. Na ose x jsou jednotlivé diagnózy, na ose y škála VNRS.

Gonartróza II.-III. typu RTG klasifikace dle Lawrence-Kellgrena představovala vstupní diagnózu u 12 jedinců. U 2 pacientů s těžkým poškozením mediálního kompartmentu se žádný efekt nedostavil. U zbylých 10 došlo k poklesu bolestí o 35 % (20-50 %). Pozorovali jsme snížení otoku, funkční zlepšení kloubu jsme nehodnotili.

Jedenáct pacientů podstoupilo aplikaci z indikace chronické bolesti ramenního kloubu ve smyslu subakromiální burzitidy. Průměrný počet sezení byl 6 (3-10), pokles bolesti pak o 30 % (20-75 %). Nejlepších výsledků bylo dosaženo při absolvování 10 sezení s poklesem bolesti o 75 %, a to ve 2 případech. U všech pacientů došlo nejméně k 20% zlepšení.

Poměrně výrazná úleva se dostavila u stavů po podvrtnutí kolena. Jedenkrát byla léčba doplněna o punkci hamartrosu. Pokles bolesti po průměrných 6 aplikacích činil 40 % (40-60 %). Byl patrný výrazný antiedematózní efekt již po 2 aplikacích. Imobilizace v ortéze při zachovalých statických stabilizátorech kloubu dosahovala pouze 2,5 týdne. Do spektra indikačních diagnóz jsme též zařadili entezopatii extenzorů v oblasti radiálního epikondylu humeru - tenisový loket (6 sezení vedlo k úlevě od bolesti o 50 %), artrózu karpometakarpového kloubu palce - rhizartrózu (po 6 sezeních úleva o 40 %), bolesti přední části hlezna po přetížení (6 sezení vedlo k úlevě o 40 %), metatarzalgie (pv průměru po 6 sezeních snížení bolesti o 32,5 %) a další.

Nejefektivnější terapie bylo dosaženo u akutních zánětlivých stavů měkkých tkání - tendovaginitidy extenzorů předloktí (úleva od bolesti o 50 % po 5 sezeních), tendinitidy m. tibialis ant. (50 % po 4 sezeních) a M. de Quervain (60 % po 6 sezeních), dále u aseptických nekróz - M. Osgood-Schlatter (50 % po 6 sezeních), plantární aponeurositidy (67 % po 10 sezeních) a u bolestivého plochonoží (40 % po 7 sezeních).

DISKUSE

Touto pilotní studií superindukční terapie jsme si potvrdili naši pracovní hypotézu. Analgetický efekt byl zaznamenán u většiny pacientů. V průběhu léčby, která trvala v průměru 2-3 týdny docházelo k lineárnímu poklesu bolesti u většiny pacientů (graf 2). Poděbradský (37) uvádí až několikátý denní úlevu od bolesti. Hodnotil bolest pomocí VAS v mm. Uvádí pokles rozeepsaný po jednotlivých diagnózách. Průměrný pokles činí 26,46 mm u mužů, 27,25 mm u žen. Lee (26) uvádí statistiku 1 a 4 týdny po terapii s přetrvávajícím pozitivním efektem. Pokles bolesti 1 týden po aplikaci byl 2,3 a po 4 týdnech 2,2. Uher (44) uvádí pokles bolesti v průměru o 2,33 po 5týdenní léčbě. Všechny výše uvedené výsledky jsou srovnatelné s našimi, kdy byl celkový pokles bolesti 3,5 %.

Poděbradský pracoval se 4 různými přednastavenými protokoly s frekvencemi od 3 do 40 Hz. Lee pracoval s protokolem, kdy se střídá 5 a 10 Hz. Uher pracoval se stejnými protokoly jako Poděbradský. Výše uvedené hodnoty frekvencí korespondují s endorfinovou teorií bolesti. V naší studii jsme používali hodnoty frekvence 1-10 Hz. Navíc jsme použili i frekvenci 143 Hz, která odpovídá teorii periferního kódu. Poděbradský řešil akutní a chronický stav změnou intenzity (prahově senzitivní, resp. nadprahově senzitivní). Lee nastavoval intenzitu dle pocitu pacienta od nízké v začátku až po nejvyšší, kterou pacient snesl. Uher akutnost či chronicitu obtíží nerozlišoval, intenzitu neuvádí. My jsme pro akutní potíže používali frekvenci 143 Hz s intenzitou nadprahově senzitivní až prahově motorickou. Pro chronické stavy frekvence od 1 do 10 Hz (viz. protokol 1 a 3). Z dostupných dat se zdá, že intenzita není pro efekt důležitá. Toto tvrzení je však potřeba dále zkoumat. Není také jasné, zda-li různé frekvence mají různé efekty. Na akutní bolest jsme vždy použili frekvenci vysokou a nikdy nízkou. I přesto, že i nízká frekvence má efekt na akutní bolest (36). Jak píše Poděbradský, dlouhotrvající zlepšení stavu nelze vysvětlit pouze analgetickým efektem. Jako důkaz uvádí dobu trvání úlevy od bolesti u jednotlivých teorií (vrátková: 35-50 minut, endorfinová: 45-60 minut, periferního kódu: až 2 hodiny). Činí tak na základě vlastní zkušenosti. V odborné literatuře toto není příliš řešeno. Poděbradský vysvětluje dlouhotrvající analgetický efekt v zahraniční odborné literatuře ne příliš známým disperzním účinkem. Teoreticky jsme toto schopni potvrdit vzhledem k tomu, že jsme u protokolu 3 využívali svalové záškuby, tedy určitou mechanickou zátěž tkáně. Dále vysvětluje dlouhodobý efekt ovlivněním sympatiku na spinální etáži. Tuto informaci nijak dále nevysvětluje. Z anatomického a fyziologického hlediska fungování autonomního systému to možné je. V této studii nejsme toto schopni potvrdit nebo vyvrátit. Dále zaznamenal účinek antiedematózní, myorelaxační a trofotropní.

V zahraniční literatuře je několik prací, které se zabývaly podobnou problematikou. Khedr (21) aplikoval vysokoindukční magnetické pole transkraniálně (motorický homunkulus-oblast ruky) u pacientů s trigeminální bolestí a u pacientů po centrální mozkové příhodě, popisuje analgetický efekt až 2 týdny po terapii (20 Hz, rTMS, 5 dní po sobě, dobu trvání terapie neuvádí). I pro něj zůstává mechanismus dlouhotrvající úlevy od bolesti neznámý. Uvádí několik studií, které pozorují zvýšení průtoku krve mozkem v oblasti talamu, gyrus cinguli a orbitofrontální kůry a také v oblasti mozkového kmene (12). Je tedy jasné, že dochází i k ovlivně-

ní limbického systému. Otázkou zůstává, zda-li i periferně může superindukční terapie ovlivnit limbický systém. Naopak Nási (33) píše ve své studii o snížení koncentrace hemoglobinu, která souvisí se změnou krevního objemu. Při transkraniální aplikaci v obou hemisférách pozorovala na rozdíl od Khedra vazokonstrikci, stejně jako při aplikaci periferní v oblasti ramene. Knotkova (23) krátce zmiňuje využití rTMS při léčbě fantomových bolestí, ovšem pouze s krátkodobým efektem. Naopak Treister (43) uvádí ve svém přehledu mnoho studií, kde rTMS signifikantně ulevuje od neuropatických bolestí. Short (41) se ve své studii zaměřuje na léčbu fibromyalgie (transkraniální aplikace v oblasti prefrontální). Dosáhl 29% úlevy od bolesti a jako doprovodný efekt uvádí antidepresivní účinek. Jiné studie se věnují i jinému, do budoucna slibnému využití. TMS (periferní aplikaci) zmiňuje Lin (29). Ve své studii potvrzuje zlepšenou funkci vyprazdňování žaludku u pacientů s postižením páteře. Bustamante (5) pomocí periferní aplikace rTMS zvýšil svalovou sílu m. quadriceps femoris u pacientů s CHOPN. Periferní aplikaci použil také Carres (6) k výzkumu patofyziologie svalových křečí. Harris (14) využil periferní stimulace k diagnostice svalové funkce u pacientů hospitalizovaných na JIP. Kyroussis (25) pomocí periferní stimulace zkoumal unavitelnost břišních svalů při maximálním výdechu. Vysokoindukční magnetické pole působí primárně na svalovou a nervovou tkáň. Z toho vyplývá, že pokud ovlivňujeme motorickou nebo senzitivní složku, může docházet také k dalším efektům.

ZÁVĚR

V naší pilotní studii jsme prokázali analgetický efekt technologie Super Inductive System. Došlo ke snížení jak chronické, tak akutní bolesti u všech diagnóz. Snížení bolesti bylo zaznamenáno ihned po jednotlivých terapiích i v dlouhodobějším horizontu. Původ bolesti nebyl rozhodujícím ani limitujícím faktorem. Lépe se ovlivňují akutní a subakutní stavy. Podmínkou je respektování režimových opatření. Lepších výsledků bylo dosaženo u mladších jedinců. Počet sezení významně ovlivňuje efekt léčby. Nejlepší účinek se dostává u onemocnění měkkých tkání a stavů po přetížení, velmi slušný je pak u bolestí artrotických kloubů při dekompenzaci stavu a při mírných až středně těžkých stádiích. Efekt nastupuje mnohem dříve a přetrvává déle než u konvenčních fyzikálních metod. Tato terapie přináší nespornou výhodu v bezkontaktní aplikaci, bez nutnosti pacienta svlékat. Aplikace je jednoduchá a bezpečná. Během studie nebyly pozorovány žádné vedlejší účinky. Pro potvrzení výsledků a dalších efektů je nutné provést detailnější studie.

LITERATURA

- 1. ABBRUZZESE, G. et al.:** Abnormalities of sensorimotor integration in focal dystonia: A transcranial magnetic stimulation study. *Brain*, 124, 2001, 3, s. 537-545.
- 2. BASTIAN, A. J. et al.:** Different effects of unilateral versus bilateral subthalamic nucleus stimulation on walking and reaching in parkinson's disease. *Movement Disorders*, 18, 2003, 9, s. 1000-1007.
- 3. BAWA, P. et al.:** Responses of ankle extensor and flexor motoneurons to transcranial magnetic stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 88, 2002, 1, s. 124-132.
- 4. BERARDELLI, A., RONA, S., INGHILLERI, M., MANFREDI, M.:** Cortical inhibition in Parkinson's disease A study with paired magnetic stimulation. *Brain, Journal of Neurology*, 119, 1996, 1, s. 71-77.
- 5. BUSTAMANTE, V., LOPEZ DE SANTA MARIA, E., GOROSTIZA, A., JIMENEZ, U., GALDIZ, J. B.:** Muscle training with repetitive magnetic stimulation of the quadriceps in severe COPD patients. *Respiratory Medicine*, 104, 2010, s. 237-245.
- 6. CARESS, J. B., BASTINGS, E. P., HAMMOND, G. L., WALKER, F. O.:** A novel method of inducing muscle cramps using repetitive magnetic stimulation. *Muscle and Nerve*, 23, 2000, s. 126-128.
- 7. CLAU, D. et al.:** Central motor conduction in degenerative ataxic disorders: a magnetic stimulation study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 21, 1988, 6, s. 790-795.
- 8. CRACCO, R. Q. et al.:** Cerebral function revealed by transcranial magnetic stimulation. *Journal of Neurosciences Methods*, 86, 1999, 2, s. 209-219.
- 9. DASKALAKIS, Z. J. B. K., CRISTENSEN, R., CHEN, P., FITZGERALD, B., ZIPURSKY, R. B., KAPUR, S.:** Evidence for impaired cortical inhibition in schizophrenia using transcranial magnetic stimulation. *Archives of General Psychiatry*, 59, 2002, 4, s. 347-354.
- 10. ELLAWAY, P. H. et al.:** Variability in the amplitude of skeletal muscle responses to magnetic stimulation of the motor cortex in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 109, 1998, 2, s. 104-113.
- 11. ENTICOTT, P. G. H., KENNEDY, A., ZANGEN, A., FITZGERALD, P. B.:** Deep repetitive transcranial magnetic stimulation associated with improved social functioning in a young woman with an autism spectrum disorder. *Journal of ECT*, 27, 2010, 1, s. 41-43.
- 12. GARCIA-LARREA, L., PEYRON, R., MERTENS, P.:** Electrical stimulation of the motor cortex for pain control: a combined PET scan and electrophysiological study. *Pain*, 83, 1999, 2, s. 259-273.
- 13. GEORGE, M. S. et al.:** Daily left prefrontal transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder. *Archives of General Psychiatry*, 67, 2010, 5, s. 507-516.
- 14. HARRIS, M. L. Y. M. LUO, A. C. WATSON, G. F. RAFFERTY, M., POLKEY, I., GREEN, M., MOXHAM, J.:** Adductor pollicis twitch tension assessed by magnetic stimulation of the ulnar nerve. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 162, 2000, 1, s. 240-245.
- 15. HUMMEL, F. C., COHEN I.:** Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke?. *The Lancet Neurology*, 5, 2006, 8, s. 708-712.
- 16. CHIEFFO, R. et al.:** Excitatory deep transcranial magnetic stimulation with H-coil over the right homologous Broca's region improves naming in chronic post-stroke aphasia. *Neurorehabilitation and Nerve Repair*, 28, 2014, 3, s. 291-298.
- 17. INGRAM, D. A., THOMPSON, J., SWASH, M.:** Central motor conduction in multiple sclerosis: evaluation of abnormalities revealed by transcutaneous magnetic stimulation of the brain. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 21, 1988, 4, s. 487-494.
- 18. ISSERLESS, M. et al.:** Cognitive-emotional reactivation during deep transcranial magnetic stimulation over the prefrontal

tal cortex of depressive patients affects antidepressant outcome. *Journal of Affective Disorders*, 128, 2011, 3, s. 235-242.

19. **ISSERLESS, M. A., SHALEV, Y., ROTH, Y., PERI, T., KUTZ, I., ZLOTNICK, E., ZANGEN, A.:** Effectiveness of deep transcranial magnetic stimulation combined with a brief exposure procedure in post-traumatic stress disorder – A pilot study. *Brain Stimulation*, 6, 2012, 3, s. 377-383.
20. **KAYSER, S. B., H. BEWERNICK, CH., GRUBERT, B. L., HADRYSIWICZ, N., AXMACHER, SCHLAEPFER T. E.:** Antidepressant effects, of magnetic seizure therapy and electroconvulsive therapy, in treatment-resistant depression. *Journal of Psychiatric Research*, 45, 2011, 5, s. 569-576.
21. **KHEDR, E. M. et al.:** Longlasting antalgic effects of daily sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation in central and peripheral neuropathic pain. *Journal on Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 76, 2005, 6, s. 833-838.
22. **KIM, Y. H. et al.:** Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke. *Stroke*, 37, 2006, 6, s. 1471-1476.
23. **KNOTKOVA, H. R. A., CRUCIANI, V., TRONNIER, M., RASCHE, D.:** Current and future options for the management of phantom-limb pain. *Journal of Pain Research*, 2012, 5, s. 39-49.
24. **KRANZ, G. et al.:** Transcranial magnetic brain stimulation modulates blepharospasm: A randomized controlled study. *Neurology*, 75, 2010, 16, s. 1465-1471.
25. **KYROUSSIS, D., MILLS, G. H., POLKEY, M. I., HAMNEGARD, C. H.:** Abdominal muscle fatigue after maximal ventilation in humans. *J. Appl. Physiol.*, 81, 1996, s. 1477-1483.
26. **LEE, P. B. Y., C., KIM, Y. J., LIM, C. J., LEE, S. S., CHOI, S., PARK, H., LEE, J. G., LEE, S. C.:** Efficacy of pulsed electromagnetic therapy for chronic lower back pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *The Journal of International Medical Research*, 2006, 34, s. 160-167.
27. **LEVKOVITZ, Y. et al.:** Deep transcranial magnetic stimulation over the prefrontal cortex: Evaluation of antidepressant and cognitive effects in depressive patients. *Brain Stimulation*, 2, 2009, 4, s. 188-200.
28. **LEVKOVITZ, Y. L., RABANY, E., HAREL, V., ZANGEN, A.:** Deep transcranial magnetic stimulation add-on for treatment of negative symptoms and cognitive deficits of schizophrenia: a feasibility study. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14, 2011, 7, s. 1-6.
29. **LIN, V. W. I., HSIAO, N., ZHU, E., PERKASH, I.:** Functional magnetic stimulation for conditioning of expiratory muscles in patients with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 2001, 2, s. 162-166.
30. **MORRIS, A. R. et al.:** Extracorporeal magnetic stimulation is of limited clinical benefit to women with idiopathic detrusor overactivity: A randomized sham controlled trial. *European Urology*, 52, 2007, 3, s. 876-883.
31. **MUNCHAU, A. et al.:** Functional connectivity of human pre-motor and motor cortex explored with repetitive transcranial magnetic stimulation. *The Journal of Neuroscience*, 22, 2002, 2.
32. **NAESER, M. A. et al.:** Transcranial magnetic stimulation and aphasia rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93, 2012, 1, s. 26-34.
33. **NÄSI, T. et al.:** Magnetic-stimulation-related physiological artifacts in hemodynamic near-infrared spectroscopy signals. *Public Library of Science*, 6, 2011, 8, s. 1-8.
34. **NAUCZYCIEL, C., NAUDET, F., DOUABIN S., ESQUEVIN, A., VÉRIN, M., DONDAINE, T., ROBERT, G., DRAPIER, D., MILLET, B.:** Repetitive transcranial magnetic stimulation over the orbitofrontal cortex for obsessive-compulsive disorder: a double-blind, crossover study. *Translational Psychiatry*, 2014, 4.

35. **NIELSEN, J. F., SINKJAER, T., JAKOBSEN, J.:** Treatment of spasticity with repetitive magnetic stimulation; a double-blind placebo-controlled study. *Multiple Sclerosis*, 2, 1996, 5, s. 227-232.
36. **PASCUAL-LEONE, A. et al.:** Transcranial magnetic stimulation and neuroplasticity. *Neuropsychologia*, 37, 1999, 2, s. 207-217.
37. **PODĚBRADSKÝ, J., PODĚBRADSKÁ, R.:** Clinical study of high-induction electromagnetic stimulator SALUS talent. *Rehabilitation and Physical Medicine*. [online], 17, 2010, 3, s. 95-100.
38. **PŘIKRYL, R.:** Postavení repetitivní transkraniální magnetické stimulace v léčbě obsedantně-kompulzivní poruchy. *Česká a slovenská psychiatrie*, 109, 2013, 11, s. 11-19.
39. **REIS, J. et al.:** Consensus: "Can tDCS and TMS enhance motor learning and memory formation?". *Brain Stimulation*, 1, 2008, 4, s. 363-369.
40. **ROSENBERG, O., ROTH, Y., KOTLER, M., ZANGEN, A., DANNON, P.:** Deep transcranial magnetic stimulation for the treatment of auditory hallucinations: a preliminary open-label study. *Annals of General Psychiatry*, 10, 2011, 3, s. 1-6.
41. **SHORT, E. B., J., J. BORCKARDT, B. S., ANDERSON, H., FROHMAN, W., BEAM, S., REEVES, T., GEORGE, M. S.:** 10 Sessions of adjunctive left prefrontal rTMS significantly reduces fibromyalgia pain: A randomized, controlled, pilot study. *Pain*, 152, 2011, 11, s. 2477-2484.
42. **TREBBASTONI, A. et al.:** Repetitive deep transcranial magnetic stimulation improves verbal fluency and written language in a patient with primary progressive aphasia-logopenic variant (LPPA). *Brain Stimulation*, 6, 2013, 4, s. 545-553.
43. **TREISTER, R., M., LANG, M. M., KLEIN, A., OAKLANDER, L.:** Non-invasive transcranial magnetic stimulation (TMS) of the motor cortex for neuropathic pain—At the tipping point?. *Rambam Maimonides Medical Journal*, 4, 2013, 4, s. 1-11.
44. **UHER, E., SCHNEIDER, R., WEWALKA, M., SCHUHFRIED, O.:** Pilot study of musculoskeletal diseases with low effective high-energy electromagnetic stimulation. *Physical Medicine, Rehabilitation Medicině*, 2012, 1, s. 22-30.
45. **VOORHAM, P. J. et al.:** Effects of magnetic stimulation in the treatment of pelvic floor dysfunction. *BJU International*, 97, 2006, 5, s. 1035-1038.
46. **WHITE, P. F. et al.:** Anesthetic considerations for magnetic seizure therapy: A novel therapy for severe depression. *Anesthesia & Analgesia*, 103, 2006, 1, s. 76-80.
47. **YOKOYAMA, T. et al.:** Extracorporeal magnetic innervation treatment for urinary incontinence. *International Journal of Urology*, 11, 2004, 8, s. 602-606.
48. **ZIEMANN, U., PAULUS, W., ROTHENBERG, A.:** Decreased motor inhibition in Tourette's disorder: Evidence from transcranial magnetic stimulation. *American Journal of Psychiatry*, 154, 1997, 9, s. 1277-1284.

Adresa ke korespondenci:

MUDr. Eduard Štastný, ml.
Ortopedie Štastný, s.r.o.
Španielova 1280/28
163 00 Praha 6-Řepy
e-mail: stastnyed@seznam.cz