

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

VYSOKOINDUKČNÁ PULZNÁ ELEKTROMAGNETICKÁ STIMULÁCIA
Diplomová práca
(Bakalárska)

Autor: Ivana Kevická, fyzioterapie
Vedúci práce: Mgr. Josef Urban
Olomouc 2014

Meno a priezvisko autora: Ivana Kevická

Názov diplomovej práce: Vysokoindukčná pulzná elektromagnetická stimulácia

Pracovisko: Katedra fyzioterapie

Vedúci diplomovej práce: Mgr. Josef Urban

Rok obhajoby práce: 2014

Abstrakt:

Literárna rešerš skúmajúca celosvetovú odbornú literatúru zaoberajúcu sa vysokoindukčnou pulznou elektromagnetickou stimuláciou. Hlavným cieľom tejto práce je priblížiť verejnosti účinky a možnosti aplikácie tejto terapie. Ďalej uviesť indikácie, kontraindikácie a riziká aplikácie. Práca zahŕňa kazuistiku pacienta, trpiaceho ľavostrannou hemiparézou, ktorý podstúpil šesť aplikácií repetitívnej periférnej magnetickej stimulácie na oblasť plegického ramena.

Kľúčové slová: vysokoindukčná magnetická stimulácia, transkraniálna magnetická stimulácia, periférna magnetická stimulácia, fyzikálna terapia, rehabilitácia, indikácie, kontraindikácie, riziká

Súhlasím s požičiavaním diplomovej práce v rámci knižničných služieb.

Name and surname: Ivana Kevická

Title of the bachelor thesis: High-inductive pulsed electromagnetic stimulation

Department: Physiotherapy department

Supervisor: Mgr. Josef Urban

The year of presentation: 2014

Abstract:

Literary research of the worldwide scientific literature dealing with high powered pulsed electromagnetic stimulation. The main aim of this work is to present to the public effects and possibilities of application of this therapy. Also indications, contraindications and risks of an application. The thesis includes a case report of a patient suffering from a left-sided hemiparesis, who has undergone six applications of the repetitive peripheral magnetic stimulation of the area of the paralysed arm.

Keywords: high-powered magnetic stimulation, transcranial magnetic stimulation, peripheral magnetic stimulation, physical therapy, rehabilitation, indications, contraindications, risks

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prehlasujem, že som diplomovú (bakalársku) prácu spracovala sama pod vedením Mgr. Josefa Urbana, uviedla všetky literárne a odborné zdroje a dodržovala zásady vedeckej etiky.

V Olomouci dňa 22.4.2014

.....

Ďakujem, Mgr. Josefovi Urbanovi, primárovi MUDr. Františkovi Bromovi, a kolektívu zamestnancov Hamzovy Léčebny za pomoc a cenné rady pri spracovaní tejto práce.

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK.....	9
1 ÚVOD.....	10
2 ELEKTROMAGNETIZMUS.....	11
2.1 Magnetické pole.....	11
2.1.1 Druhy magnetických polí.....	11
2.1.2 Intenzita magnetického poľa.....	12
2.1.3 Magnetická indukcia.....	12
3 VYSOKOINDUKČNÁ MAGNETICKÁ STIMULÁCIA.....	13
3.1 Magnetoterapia.....	13
3.2 História vysokoindukčnej magnetickej stimulácie.....	14
3.3 Účinky vysokoindukčnej magnetickej stimulácie na tkanivá.....	15
3.4 Transkraniálna magnetická stimulácia.....	17
3.4.1 Aplikácia transkraniálnej magnetickej stimulácie.....	17
3.4.2 Porovnanie TMS a transkraniálnej elektrickej stimulácie.....	18
3.4.3 Jednotlivé impulzy TMS.....	18
3.4.3.1 Parametre využívané pri transkraniálnej magnetickej stimulácii.....	19
3.4.3.1.1 MEP – motoricky evokované potenciály.....	19
3.4.3.1.2 CMCT – centrálny motorický kondukčný čas.....	19
3.4.3.1.3 RMT – kľudový motorický prah.....	19
3.4.3.1.4 AMT – aktívny motorický prah.....	20
3.4.3.1.5 SAI – Aferentná inhibícia s krátkou latenciou.....	20
3.4.3.1.6 SICI a cSP.....	20
3.4.4 Repetitívna TMS.....	20
3.4.4.1 Rozdelenie účinkov repetitívnej TMS.....	22
3.4.4.1.1 Patternová rTMS.....	22
3.4.4.1.2 Kvadripulzová rTMS.....	22
3.4.5 Kombinovaná stimulácia.....	22
3.4.6 Typy aplikačných cievok	23
3.4.6.1 Ďalšie príslušenstvo.....	24
3.4.7 Riziká metód merania motorického prahu TMS.....	24
3.4.8 Indikácie TMS.....	25

3.4.8.1 TMS v liečbe afázie.....	26
3.4.8.2 Využitie TMS pri liečbe Alzheimerovej choroby.....	27
3.4.8.3 Liečba Amyotrofickej laterálnej sklerózy.....	29
3.4.8.4Ovplyvnenie bolesti	31
3.4.8.5 Liečba Parkinsonovej choroby.....	32
3.4.8.6 Liečba deficitov po cievnej mozgovej príhode.....	33
3.4.9 Kontraindikácie.....	33
3.4.10 Nežiadúce účinky.....	34
3.5 Periférna magnetická stimulácia.....	35
3.5.1Aplikácia periférnej magnetickej stimulácie.....	35
3.6 Indikácie PMS.....	36
3.6.1 Využitie v rehabilitácii.....	37
3.6.2Liečba inkontinencie.....	38
3.6.3 Kontraindikácie PMS.....	38
3.6.4 Nežiadúce účinky PMS.....	39
4 KAZUISTIKA.....	40
4.1 Anamnéza.....	40
4.2 Vyšetrenie.....	42
4.2.1 Neurologické vyšetrenie:.....	42
4.2.2 Kineziologický rozbor:.....	44
4.3 Navrhovaný rehabilitačný plán.....	45
4.3.1 Krátkodobý rehabilitačný plán.....	45
4.3.2 Dlhodobý rehabilitačný plán.....	45
5 DISKUSIA.....	46
6 ZÁVER.....	48
7 SÚHRN.....	49
8 SUMMARY.....	50
9 REFERENČNÝ ZOZNAM.....	51
10 ZOZNAM PRÍLOH.....	55
Príloha č. 1: Slovníček pojmov.....	56
Príloha č. 2: Dotazník pre kandidátov rTMS.....	57
Príloha č. 3: Druhy cievok	58

Príloha č. 4: Homunkulus.....	59
Príloha č. 5: Periférna magnetická stimulácia.....	60

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

AMT:	aktívny motorický prah
CMCT:	centralny motorický kondukčný čas
cSP:	kortikálna tichá perióda
EEG:	elektroencefalografia
EMG:	elektromyografia
ES:	elektrická stimulácia
fMRI:	funkčná magnetická rezonancia
LDK:	ľavá dolná končatina
LHK:	ľavá horná končatina
nTMS:	navigovaná transkraniálna magnetická stimulácia
MEG:	magnetoencefalografia
MEP:	motoricky evokované potenciály
MP:	magnetické pole
PAS:	spojená párová stimulácia
PET:	pozitronová emisná tomografia
PMS:	periférna magnetická stimulácia
RMT:	klúdový motorický prah
ROI:	oblasť zájmu
rTMS:	repetitívna transkraniálna magnetická stimulácia
SAI:	krátkodobá aferentná inhibícia
SAS:	spojená spinálna stimulácia
SICI:	krátkodobá intrakortikálna inhibícia
SP:	tichá perióda
TES:	transkraniálna elektrická stimulácia
TBS:	theta burst stimulácia
TMS:	transkraniálna magnetická stimulácia

1 ÚVOD

Vysokoindukčná pulzná elektromagnetická stimulácia je relatívne novým druhom fyzikálnej terapie, ktorej využitie s počtom výskumov zaoberajúcich sa jej účinkami každým rokom narastá.

Cieľom tejto práce je priblížiť účinky a možnosti využitia vysokoindukčnej magnetickej stimulácie v medicíne a rehabilitácii. Poskytuje prehľad indikácií, kontraindikácií a rizík spojených s aplikáciou stimulácie. Rozdelenie aplikačných techník s popisom jednotlivých parametrov.

2 ELEKTROMAGNETIZMUS

2.1 Magnetické pole

„Magnetické pole vzniká při toku elektrického proudu vodičem a působí na jiné vodiče v okolí. Toto magnetické pole je vytvářeno každou nabitou částicí, která je v pohybu.“ (Chvojka, 2000, 16)

2.1.1 Druhy magnetických polí

a. Statické magnetické pole

Zdrojem magnetického pole jsou přirozeně stabilní magnety. Velikost takého magnetického pole se s časem nemění a příkladem je magnetické pole v okolí vodičů a cívok, kterými prochází jednosměrný elektrický proud.

Napr.: permanentní magnety, ferity.

b. Střídavé magnetické pole

Hodnoty veličin magnetického pole se v průběhu času mění od nuly do kladného nebo záporného maxima. Platí, že tato změna hodnot je sinusoidní. Příkladem je magnetické pole okolo vodičů a cívok napájených střídavým elektrickým proudem.

c. Pulzní magnetické pole

Je pole nacházející se okolo vodičů a cívok, které jsou napájeny pulzním elektrickým proudem. Velikost hodnot veličin MP se mění skokem z nuly do kladného nebo záporného maxima. Vznikají pulzy, které se od sebe liší polaritou, amplitudou, délkou pauzy mezi pulzy a frekvencí.

2.1.2 Intenzita magnetického poľa

Intenzita magnetického poľa H je priamo úmerná pretekajúcemu prúdu a nepriamo úmerná vzdialenosti od vodiča. Rovnicou tento vzťah vyjadríme:

$$H = I/2\pi \cdot r \text{ [A/m]}$$

kde I je intenzita elektrického prúdu v ampéroch a r je vzdialenosť od vodiča v metroch, z čoho vyplýva, že jednotkou magnetického poľa je ampér na meter (A/m). Intenzita magnetického poľa o veľkosti (1 A/m) je definovaná ako oblasť vo vzdialenosti $r = 1/2\pi$ (m) od vodiča, ktorým preteká elektrický prúd o veľkosti 1A. (Chvojka, 2000)

2.1.3 Magnetická indukcia

Definícia magnetickej indukcie je popísaná ako intenzita magnetického poľa B o veľkosti 1 T je definovaná silou magnetického poľa veľkosti jedného Newtona, pôsobiacou na vodič dĺžky 1 m, ktorým prechádza elektrický prúd 1 A. Jednotkou magnetickej indukcie je 1 Tesla, v staršej literatúre nájdeme 1 Gauss ($1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$, $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$). Magnetka na chladničku má magnetickú indukciu medzi 30-90 mT. (Chvojka, 2000)

3 VYSOKOINDUKČNÁ MAGNETICKÁ STIMULÁCIA

3.1 Magnetoterapia

„Magnetická stimulace je dráždění struktur nejen centrálního nervového systému, ale hlavně periférních neuronů“ (Chvojka, 2000, 28)

Expozíciu magnetického poľa môžeme rozdeliť na akútnu, ktorej súčasťou je aplikácia magnetoterapie či už diagnostickej alebo terapeutickj povahy. Chronickej expozícii sú vystavení ľudia pracujúci alebo žijúci v bezprostrednej blízkosti zdroja magnetického poľa. Príkladom sú pracovníci obsluhujúci pulznú magnetoterapiu alebo magnetickú rezonanciu. (Chvojka, 2000)

Podľa výkonu delíme magnetoterapiu na nízko- a vysokoindukčnú magnetickú stimuláciu. Nízkoindukčná magnetoterapia využíva hodnôt elektromagnetickej indukcie do 10 mT. (Chvojka, 2000) Narozdiel od nej využíva vysokoindukčná magnetoterapia pre pôsobenie na ľudský organizmus elektromagnetickú indukciu s veľkosťou od 0.5 do 5T.

Vysokoindukčnú magnetickú stimuláciu môžeme rozdeliť podľa stimulovanej lokality na stimuláciu transkraniálnu, periférnu alebo kombinovanú magnetickú stimuláciu. Pri transkraniálnej magnetickej stimulácii dochádza k neinvazívnej stimulácii mozgu, ktorá spôsobuje neuromoduláciu v oblasti aplikácie. Transkraniálna stimulácia sa ďalej rozdeľuje na terapiu jednotlivými impulzmi, repetitívnu TMS, navigovanú TMS, ktorá sa využíva vo výskume a nebudeme sa ňou v tejto práci zaoberať a duálnu TMS, ktorá prebieha využitím viacerých stimulačných cievok. Periférna magnetická stimulácia sa využíva pre stimuláciu periférnych nervov a tým aktiváciu kostrového svalstva. Kombinovaná magnetická stimulácia bude popísaná a rozdelená neskôr.

3.2 História vysokoindukčnej magnetickej stimulácie

Prvou osobou, ktorá sa zaoberala myšlienkou stimulácie a mapovania mozgu bol Hughlings Jackson, ktorý sa domnieval, že v kortexe v oblasti centrálného sulcusu je obsiahnutá organizovaná reprezentácia pohybov tela. Navrhol, že iritácia by mohla viesť k pohybu zodpovedajúcej kontralaterálnej časti tela. Túto teóriu neskôr Fritsch a Hitzig potvrdili a v osemdesiatych rokoch 18. storočia David Ferrier dokázal, že elektrická stimulácia centrálnej oblasti mozgu u psov a opíc vyvolá pohyb kontralaterálnej strany ich tela. Prvá elektrická stimulácia ľudskej motorickej kôry bola prevedená o pár rokov neskôr Robertom Bartholowom. Táto kortikálna organizácia sa neskôr popularizovala a bola popísaná Wilderom Gravesom Penfieldom a jeho spolupracovníkmi ako homunkulus (Príloha č. 4).

Práca Penfielda a jeho kolegov zaviedla invazívne kortikálne mapovanie ako štandardný spôsob na skúmanie kortikálnej organizácie, no limitované rozlíšenie techník stimulácie viedlo k vývoju pokročilejších metód ako je intrakortikálna mikrostimulácia. (Najib et al. 2011)

V roku 1980 vedci Merton a Morton predviedli elektrickú stimuláciu motorických oblastí ľudskeho mozgu cez skalp pomocou transkraniálnej elektrickej stimulácie. Problémom však bola vysoká intenzita spôsobujúca značnú bolesť pri aplikácii. O päť rokov neskôr Barker s kolektívom dokázali, že stimulácia mozgu a nervov je možná aj pomocou externej magnetickej stimulácie tzv. transkraniálnej magnetickej stimulácie. Táto stimulácia spôsobuje minimálnu bolesť pri aplikácii a preto je lepšie znášaná pacientmi. Podľa využitých parametrov môže TMS pôsobiť aktivačne alebo inhibične. Môže byť využitá na funkčné mapovanie kortikálnych oblastí mozgu alebo vytvorenie dočasných funkčných lézií. Využíva sa na skúmanie fyziológie ľudskeho mozgu. (Hallet, 2000)

Kvôli jej potenciálnemu využitiu pre liečbu neurologických porúch sa jej štúdiom vedci zaoberajú už od roku 1985. Hlavnou oblasťou výskumu sú intervencie po cievnej mozgovej príhode, vrátane paralýzy a „neglect syndrómu“, ale aj iných neurologických porúch ako napríklad depresie či epilepsie. Táto technika neinvazívnej mozgovej stimulácie ďalej poskytuje cenný nástroj pre intervenčné neurofyziologické aplikácie, moduláciu mozgovej aktivity, a iné. (Naeser et al. 2012, Najib et al. 2011)

3.3 Účinky vysokoindukčnej magnetickej stimulácie na tkanivá

Vysokoindukčná magnetická stimulácia využíva pre dosiahnutie zmeny magnetického poľa zmenu elektrického prúdu v aplikačnej cievke. Ak je cievka umiestnená alebo držaná nad hlavou pacienta, magnetické pole prenikne cez lebku a indukuje elektrické pole v mozgu. Indukované elektrické pole spôsobuje zmenu prúdenia iónov v mozgu. Tok iónov spôsobený indukovaným elektrickým poľom mení elektrický náboj oboch strán bunkovej membrány, depolarizujúcich alebo hyperpolarizujúcich neurónov. Existencia pasívnych iónových kanálov spôsobuje, že membrána je pre tieto ióny permeabilná a zvýšená vodivosť membrány znižuje amplitúdu zmeny v membránovom potenciáli v dôsledku indukovaného elektrického poľa a znižuje časovú konštantu, ktorá charakterizuje únik indukovaného náboja.

(Rossi et al., 2009)

Stimulácia pravdepodobne prebieha pri nižšom prahu dráždivosti v oblastiach terminálnej časti axónu alebo v miestach ostrého ohybu, v relatívne jednotnom elektrickom poli indukovanom aplikačnou cievkou TMS. Na základe toho by stimulácia mala prebiehať na miestach s najvyššou intenzitou elektrického poľa a v miestach pozdĺž smeru axónu končiaceho synapsiou alebo ostrým ohybom. Axóny väčšieho prierezu a dĺžky by mali byť stimulovateľné nižšou intenzitou. (Rossi et al., 2009)

Pri stimulácii mozgu hrá rolu tvar impulzov ale aj smer indukovaných prúdov. Nižší stimulačný prah je pri aplikácii monofázických impulzov s posteroanteriornym smerom indukovaného prúdu. Pri aplikácii bifázických impulzov je stimulačný prah nižší ak je druhá fáza impulzu aplikovaná s prúdom indukovaným v posteroanteriornom smere. (Kammer et al., 2001, Rossi et al., 2009)

Účinky aplikácie repetitívnej transkraniálnej magnetickej stimulácie sú závislé na cirkadiánnom rytme, ako zistila skupina Cohen et al. v štúdiu vplyvu pôsobenia cirkadiánného rytmu na zvýšenie účinnosti stimulácie rTMS. U zdravých účastníkov rozdelených do dvoch skupín skúmali rozdiel medzi aplikáciou 2 stimulácií s dvanásť hodinovou pauzou medzi aplikáciami. Pre stimuláciu boli využité parametre, spôsobujúce kortikospinálnu facilitáciu (rTMS, $f=20$ Hz) Obom skupinám bola aplikovaná 2 stimulácie rTMS, medzi ktorými bola 12 hodinová pauza. Prvej skupine bola rTMS aplikovaná ráno a večer toho istého dňa, druhej skupine bola aplikovaná

prvá stimulácia večer a druhá bola aplikovaná nasledujúce ráno. Výsledky štúdie naznačujú závislosť účinnosti rTMS na cirkadiánnom rytme. Pričom vyššiu účinnosť popisujú pri sekundárnej stimulácii mozgu ráno, ktorej predchádzala stimulácia večer. (Cohen et al., 2010)

Kumulatívne účinky vznikajú opakovanou aplikáciou transkraniálnej magnetickej stimulácie. Podľa typu stimulácie môžu byť facilitačné alebo inhibičné. Sú obzvlášť dôležité u pacientov po CMP, pri ktorých pomáhajú stabilizovať neurálnu plasticitu v porušenej hemisfére. Môžu byť spôsobené facilitáciou postihnutej hemisféry alebo inhibíciou intaktnej hemisféry, ktorá pomocou abnormálnej transkalosálnej inhibície bráni fungovaniu postihnutej hemisféry. (Takeichi&Izumi, 2013)

Pri stimulácii mozgu sa využívajú typické oblasti, prvou z nich je primárna motorická korová oblasť MI.

Nachádza sa v gyrus precentralis a zodpovedá somatotopickej organizácii popisovanej ako motorický homunkulus. (Ambler, 2006, 18) Stimulácia tejto oblasti sa využíva pre analgéziu, dráždenie kortikospinálnej dráhy, určenie CMCT, terapeutické ovplyvnenie postihnutia hornej končatiny a dolnej končatiny po cievnej mozgovej príhode. (Freitas et al., 2011, Treister et al., 2013,)

Premotorická a suplementárna motorická oblasť MII sa rozkladajú na mediálnej strane hemisféry frontálne od gyrus precentralis a podielajú sa na programovaní pohybov. (Ambler, 2006, 18)

3.4 Transkraniálna magnetická stimulácia

Táto kapitola je venovaná rozdeleniu aplikácii, popisu indikácii a ich jednotlivým príkladom. Zaoberá sa popisom parametrov, ich využitím v terapii a vo výskume. Poslednou časťou je vymedzenie kontraindikácii a rizík terapie pomocou TMS.

Transkraniálna magnetická stimulácia môže byť aplikovaná rôznymi spôsobmi, podľa toho aký účinok chce terapeut využiť. Prvou možnosťou je aplikácia jednotlivých impulzov TMS, ktorá býva používaná pri mapovaní kortikálnych motorických odpovedí, k štúdiu rýchlosti vedenia centrálného motoneurónu alebo bežných vzťahov medzi mozgom a jeho správaním.

Ďalším typom je aplikácia párových impulzov od seba oddelených variabilným intervalom, tento typ aplikácie sa nazýva párová alebo duálna TMS. Tieto pulzy môžu byť aplikované na jednu oblasť mozgu pomocou jednej aplikačnej cievky alebo na dve rôzne lokality, pri použití dvoch cievok. Táto technika nám poskytuje nástroj pre štúdium kortiko-kortikálnych interakcií, meranie intrakortikálnej facilitácie a inhibície. Špeciálnou aplikáciou je spojenie periférnej nervovej stimulácie a TMS, vtedy sa táto aplikácia nazýva spojená párová stimulácia (PAS). Pre výskumné účely sa využíva prepojenie transkraniálnej magnetickej stimulácie s EEG, EMG alebo funkčnou magneticou rezonanciou. (Rossi et al., 2009)

Transkraniálna magnetická stimulácia sa dá využiť aj ako nástroj pre meranie kortikálnej plasticity. Využíva sa napríklad repetitívna TMS alebo PAS, pričom každá z nich meria iné aspekty kortikálnej plasticity. Repetitívna TMS nám poskytuje moduláciu kortikálnej dráždivosti, trvajúcu aj po ukončení aplikácie, ktorá udáva index kortikálnej plasticity. (Rossi et al., 2009)

3.4.1 Aplikácia transkraniálnej magnetickej stimulácie

Pre stimuláciu pomocou TMS je nutné, aby bol pacient v kľude v pohodlnom sklopnom kresle s opierkou hlavy a krku. Špecialista stojí za ním a drží stimulačnú cievku nad hlavou v oblasti ucha pacienta. Prvé čo musí operatér urobiť je nájsť oblasť M1, čoho dosiahne pomocou pozorovania motorických evokovaných potenciálov

na EMG, pomocou ktorého sa následne určí intenzita stimulácie v rozmedzí 80-90%RMT (kľudového motorického potenciálu). Tento parameter je popísaný nižšie v kapitole o repetitívnej magnetickej stimulácii. Po zistení RMT a nastavení intenzity stimulácie, je repetitívna TMS aplikovaná v sériách impulzov, so špecifickou frekvenciou a inter-sériovým intervalom. Zvyčajne býva aplikovaných 500 až 2500 impulzov, vo frekvenciách 5-20 Hz. Dôležitými parametrami je typ a orientácia použitej cievky. Medzi najčastejšie stimulované oblasti patrí oblasť primárnej a sekundárnej motorickej kôry, dorzolaterálnej prefrontálnej kôry, primárnej a sekundárnej somatosenzorickej kôry a suplementárnych a premotorických oblastí. (Treister et al., 2013)

3.4.2 Porovnanie TMS a transkraniálnej elektrickej stimulácie

Pri TMS prebieha stimulácia nervových buniek transsynapticky pomocou indukovaného elektrického poľa, ktoré spôsobuje zmenu toku iónov v mozgu a tým ovplyvňuje centrálny neurón. Takáto stimulácia je bezbolestná, nevyžaduje spoluprácu pacienta a je pohodlná. (Rossi et al., 2009)

Pri transkraniálnej elektrickej stimulácii dochádza k prenosu elektrického náboja cez elektródy pripnuté na lebku. Ten musí prekonať vysoký odpor lebky a preto je pre stimuláciu neurónov v mozgu nutná vysoká denzita prúdu. Vedie k bolestivej stimulácii skalpu a zahrievaniu lebky. Facilitačných účinkov dosahuje transkraniálna elektrická stimulácia pomocou anodálnej aplikácie. Inhibičnému pôsobeniu naopak zodpovedá aplikácia pomocou katódy. (Takeuchi&Izumi, 2013) Neuróny sú narozdiel od TMS stimulované priamo elektrickým prúdom. Z toho dôvodu je výhodnejšie používanie TMS, ktorej magnetické pole nestimuluje skalp, a tým nespôsobuje bolesť. (Rossi et al., 2009)

3.4.3 Jednotlivé impulzy TMS

Aplikácia jednotlivých impulzov transkraniálnej magnetickej stimulácie sa využíva hlavne pre určenie jednotlivých parametrov stimulácie.

3.4.3.1 Parametre využívané pri transkraniálnej magnetickej stimulácii

Pri aplikácii TMS sú pre hodnotenie intenzity stimulácie využívané motoricky evokované potenciály, pomocou ktorých je možné zisťovať ďalšie parametre ako sú aktívny a kľudový motorický prah, centrálny motorický kondukčný čas, SAI, SICI a cSP.

3.4.3.1.1 MEP – motoricky evokované potenciály

Pomocou TMS je možné vyvolať motorické evokované potenciály (MEP), ktoré sa využívajú pre overenie alebo preukázanie postihnutia kortikospinálneho traktu, neurologického ochorenia ako je napr. skleróza multiplex, amyotrofická laterálna skleróza, porucha centrálného motoneurónu alebo spondylogénna myelopatia. Ďalej sa využíva vo výskume motorického kortexu a pomáha pri štúdiu patofyziológie neurologických chorôb ako sú napríklad Alzheimerova a Parkinsonova choroba, alebo pri výskume kortikálnej reorganizácie po traumatickom poškodení mozgu. (Ambler, Bednařík&Růžička, 2008) Tento parameter však nepoukazuje len na stav kortikospinálneho traktu, ale aj vedenia periférnych nervov.(Freitas et al., 2011)

3.4.3.1.2 CMCT – centrálny motorický kondukčný čas

Pri súčasnej stimulácii motorického kortexu a miechy je možné zmerať centrálny motorický kondukčný čas (CMCT – central motor conduction time), ktorý je latenciou kortikálnych MEP oproti spinálnym MEP. To znamená, že sa jedná o čas potrebný pre aktiváciu korových interneurónov až po aktiváciu miešnych motoneurónov. Predĺženie tohto času svedčí o demyelinizácii centrálnych nervových vlákien a nízka amplitúda MEP s menším oneskorením alebo bez odpovede vypovedá o strate axónov alebo neurónov. (Freitas et al., 2011)

3.4.3.1.3 RMT – kľudový motorický prah

Kľudový motorický prah je najnižšia intenzita TMS potrebná pre vyvolanie motoricky evokovaného potenciálu v cieľovom svale, jednotlivými impulzmi TMS aplikovanými na motorický kortex. Je definovaný ako intenzita schopná vyvolať MEP s amplitúdou viac než 50 μ V v 50% úspešných pokusov vo voľne ležiacom cieľovom

svale. Využíva sa pre hodnotenie membránovej dráždivosti kortikospinálnych neurónov a interneurónov.

3.4.3.1.4 AMT – aktívny motorický prah

Aktívny motorický prah odráža rozdiel od RMT dráždivosť kortikospinálnej dráhy so zameraním sa na spinálnu dráždivosť, facilitovanú pomocou voľnej kontrakcie svalu. Je definovaný ako intenzita schopná vyvolať MEP s amplitúdou viac než 200 μ V v 50% za sebou idúcich pokusov počas izometrickej kontrakcie cieľového svalu, využívajúceho 20% maximálnej voľnej kontrakcie. (Rossi et al., 2009)

3.4.3.1.5 SAI – Aferentná inhibícia s krátkou latenciou

Parameter SAI je potlačením amplitúdy MEP aferentného elektricky vyvolaného stimulu aplikovaného na nervus medianus v oblasti zápästia približne 20ms pred aplikáciou TMS na kontralaterálnu mozgovú hemisféru do oblasti pre ruku. U zdravých jedincov je toto potlačenie amplitúdy znížené alebo neprítomné pomocou, muskarínového antagonistu, skopolamínu. Odráža integritu centrálnych cholinergných neurálnych okruhov, ktoré môžu byť poškodené.(Freitas et al., 2011)

3.4.3.1.6 SICI a cSP

Intrakortikálna inhibícia s krátkou latenciou a kortikálna tichá perióda sú parametrom vypovedajúcim o dráždivosti inhibičných gabanergných kortikálnych okruhov.

3.4.4 Repetitívna TMS

Repetitívna TMS, pôvodným názvom rapid TMS alebo rapid-rate TMS, je technika aplikácie impulzov v sérii. Týmto názvom by mala byť označená iba aplikácia pravidelne sa opakujúcich sa jednotlivých TMS impulzov. Podľa frekvencie impulzov rozlišujeme pomalú a rýchlu rTMS. Pomalá nízkofrekvenčná rTMS je definovaná ako stimulácia, ktorej frekvencia impulzov je menšia alebo rovná 1 Hz a jej aplikácia je kontinuálna. Rozdiel od toho pri vysokofrekvenčnej rTMS musí byť frekvencia vyššia

ako 1 Hz a má byť aplikovaná formou krátkych periód rTMS prerušovaných pauzou. (Rossi et al., 2009)

Pri využití viacerých impulzov aplikovaných v sérii rozoznávame dva typy rTMS, konvečnú rTMS a patternovú rTMS.

Patternová rTMS je repetitívna aplikácia krátkych sálv rTMS využívajúca vysokú frekvenciu vnútri salvy, prerušovaná krátkymi pauzami bez stimulácie medzi salvami. Najpoužívanejšou formou patternovej rTMS je „theta burst stimulation“ (TBS), v ktorej sú krátke salvy s vnútornou frekvenciou 50 Hz opakované vo frekvencii 5 Hz ako plynulá (cTBS) alebo prerušovaná séria (iTBS) (Rossi et al., 2009, Huang et al., 2005)

Rossi et al. (2009) rovnako navrhuje užívanie skríningu pacientov pred aplikáciou rTMS pomocou štandardného skríninového dotazníka, ktorý sa skladá z trinástich otázok, ktoré poukazujú na riziká alebo prínos pre daného pacienta. Dotazník v plnom anglickom znení je v práci ako Príloha č. 2.

3.4.4.1 Rozdelenie účinkov repetitívnej TMS

Vo všeobecnosti môžeme účinky rTMS môžeme rozdeliť na facilitačné a inhibičné, no presný neurofyziologický princíp týchto účinkov nebol doteraz objasnený.

Facilitačné účinky	Inhibičné účinky
Vysokofrekvenčná rTMS	Nízkofrekvenčná rTMS
Intermitentná TBS	Intermitentná TBS
QPS s dlhším intervalom medzi sériami	QPS s kratším intervalom medzi sériami
PAS s interstimulovým intervalom nad 25ms	PAS s interstimulovým intervalom pod 25ms

Tabuľka 3. Účinky repetitívnej TMS

3.4.4.1.1 Patternová rTMS

Pri aplikácii patternovej rTMS sa využíva hlavne aplikácia TBS. Táto aplikácia sa rozdeľuje na kontinuálnu a intermitentnú TBS, pričom zaužívané parametre pre kontinuálnu TBS sú 3 pulzy vo frekvencii 50Hz v salve a opakovacej frekvencii 5Hz počas dvadsiatich alebo štyridsiatich sekúnd, čo znamená aplikáciu 300 alebo 600 impulzov. Pri aplikácii intermitentnej TBS sa používa dvadsať dvojsekundových periód kontinuálnej TBS prerušovaných 8 sekundovou pauzou. (Huang et al., 2005)

3.4.4.1.2 Kvadripulzová rTMS

Novinkou v oblasti patternovej rTMS je kvadripulzová stimulácia (QPS), ktorej účinky spôsobujú dlhodobé zmeny kortikálnej dráždivosti. Jedná sa o aplikáciu štyroch monofázických impulzov v sérii, oddelených interstimulovým intervalom s dĺžkou 1.5 až 1250 ms. Podľa dĺžky interstimulového intervalu má QPS facilitačný alebo inhibičný účinok. Facilitačný účinok má v prípade, že interstimulový interval je dlhší a inhibičný účinok vzniká pri použití krátkeho interstimulového intervalu.

(Hamada et al., 2008)

3.4.5 Kombinovaná stimulácia

Kombináciou elektrickej nervovej stimulácie a repetitívnej TMS vzniká spojená-

párová stimulácia alebo spojená-spinálna stimulácia, rozdeľujú sa podľa lokalizácie periférnej elektrickej stimulácie. V porovnaní s aplikáciou jednotlivých impulzov TMS je táto technika dráždivejšia. Pretože PAS spôsobuje dočasné zvýšenie účinkov rTMS na kortikálnej úrovni. (Rossi et al. 2009,)

Aplikácia je spojením repetitívnej nízkofrekvenčnej periférnej elektrickej nervovej stimulácie nervus medianus a načasovanej TMS. Aplikácie PAS sa líšia v interstimulovom intervale medzi TMS a ES. Pri intervale 25ms, (viac než čas potrebný pre dosiahnutie mozgového kortexu aferentnými vzruchmi) dochádza k zvýšenej amplitúde motoricky evokovaného potenciálu, ktorá pretrváva viac než hodinu. Naopak pri aplikácii s interstimulovým intervalom 10ms dochádza k zníženiu amplitúdy týchto potenciálov. (Freitas et al., 2011)

3.4.6 Typy aplikačných cievok

Pre stimuláciu pomocou transkraniálnej a periférnej magnetickej stimulácie sa využívajú stimulačné cievky, ktoré sa líšia hĺbkou prieniku, výkonom a ďalšími parametrami. Rozdeľujú sa na cievky bez chladenia, ktorých nevýhodou je zahrievanie sa a tým poskytujú kratšiu dobu aplikácie. A cievky s chladením, ktorých výhodou je práve dlhšia doba aplikácie. Pre výskumné účely sú vyrábané cievky s prívlastkom placebo, ktoré majú rovnaký tvar, vydávajú rovnaký zvuk a spôsobujú ľahkú senzorickú stimuláciu, to znamená, že testovaný subjekt cíti a počuje ťukanie rovnako ako pri pravej stimulácii. Každá firma sa snaží vyvinúť nové druhy cievok pre špecifické alebo čo najširšie využitie. Druhy cievok sú zobrazené v Prílohe 3 na konci dokumentu.

Dvojitá cievka, anglickým názvom **double coil, butterfly wings** alebo **figure of 8**, je najčastejšie používaná cievka, vyrábaná v rôznych veľkostiach (40, 70mm). Je tvorená dvoma spojenými krídlami, ktoré zvierajú uhol s veľkosťou 180°. Tento tvar poskytuje v priestore pod spojením krídel relatívne bodovú stimuláciu a využíva sa pri stimulácii povrchových kortikálnych regiónov, spinálnych koreňov a periférneho nervstva.

H-coil alebo **Head coil** je cievka určená len k výskumnej činnosti a využíva sa k hlbkej transkraniálnej stimulácii.

Circular Coil je kruhová cievka býva často využívaná pri výskumoch zameraných na hlbšie mozgové štruktúry. Má síce hlbší prienik, ale s väčším rozptylom stimulácie.

Double cone coil je dvojité cievka, ktorej krídla zvierajú 95/120° uhol. Je určená pre výskum pre stimuláciu hlbších mozgových štruktúr.

Parabolic coil je kruhová cievka ktorá je v tvare paraboly, čo zvyšuje jej účinok a presnosť.

Špeciálne cievky sú určené napríklad pre využitie s funkčnou magnetickou rezonanciou, či na periférnu magnetickú stimuláciu.

3.4.6.1 Ďalšie príslušenstvo

K aplikácii transkraniálnej magnetickej stimulácie je možné využiť neurálnu navigáciu. Je to stereotaktický 3D systém určený pre navigáciu TMS.

Neurálna navigácia využíva dáta zo štrukturálnej a funkčnej MR pre navigáciu umiestnenia cievky. 3D kurzory sú umiestnené do anatomických orientačných bodov na hlave. (Neggers et al., 2004) V skratke sa jedná o nastavenie magnetickej rezonancie vzhľadom k anatomickým štruktúram.

Táto neurálna navigácia zobrazuje v reálnom čase hlavu, mozgové štruktúry a aktívne oblasti mozgu, tým je možné presné umiestnenie stimulačnej cievky. (Neggers et al. 2004)

3.4.7 Riziká metód merania motorického prahu TMS

Pri vizuálnom hodnotení motorického prahu (MT) dochádza k predávkovaniu z viacerých dôvodov. Prvým dôvodom je nedostatočná presnosť tejto metódy, z ktorej vyplývajú ďalšie vymenované príklady zlyhania tejto metódy. Nesprávna identifikácia zášklbu svalu (namiesto hodnotenia konkrétneho svalu sa hodnotí akýkoľvek pohyb v danom segmente), nedostatočná citlivosť, v zmysle nevšimnutia si prvého zášklbu svalu, a tak ďalej. Vzhľadom na to, že bezpečnostné normy pre transkraniálnu magnetickú stimuláciu boli určené pomocou merania motorického prahu pomocou

EMG tak skutočnosť, že nie je prekvapujúce technika vizuálneho sledovania motorického prejavu stimulácie je menej presná. (Westin et al., 2013)

V štúdií skúmajúcej bezpečnosť vizuálneho stanovenia MT zistili, že hodnoty MT získané vizuálne sú v priemere o 11.3 % (s rozptylom hodnôt 0–27%) vyššie ako pri využití EMG. Príkladom je aplikácia rTMS $f=10\text{ Hz}$, 110 % MT, $t=5\text{ s}$. V praxi to znamená, že ak je táto bezpečná dávka aplikovaná po určení hodnoty MT vizuálne, aplikujeme pacientovi rTMS v intenzite 124 % MT. Bezpečná dĺžka tejto aplikácie je 3.2 s, a nie 5 sekúnd. (Westin et al., 2013)

3.4.8 Indikácie TMS

Podľa Rossi et al. (2009) je repetitívna TMS nádejnou neinvazívnou liečbou rôznych typov neuropsychiatrických stavov. S počtom klinických štúdií, ktoré skúmajú využitie tejto novej metódy vzrastá aj počet chorôb, ktoré je možné pomocou tejto liečby ovplyvniť.

Využitie rTMS bolo potvrdené štúdiami pre psychiatrické poruchy, ako sú depresia, akútna mánia, bipolárna porucha, panická porucha, halucinácie, obsedantno-kompulzívna porucha, schizofrénia, katatónia, post-traumatická stresová porucha alebo drogová závislosť. (Rossi et al., 2009)

Samozrejme nejde len o psychiatrické indikácie, ale aj o neurologické choroby ako napríklad Parkinsonovu chorobu, dystóniu, tiky, koktanie, tinnitus, spasticitu alebo epilepsiu. V neurorehabilitácii je možné využitie pre rehabilitáciu afázie, funkcie ruky po CMP a bolestivé syndrómy ako sú neuropatické bolesti, viscerálne bolesti alebo migrény. (Rossi et al., 2009,)

Európskou liekovou agentúrou bola schválená liečba pomocou repetitívnej TMS, pre depresiú nereagujúcu na medikamentóznú liečbu (2008), bipolárnu afektívnu poruchu (2009), schizofrénii (2010) a postraumatickú stresovú poruchu (2011). (Rossi et al. 2009)

3.4.8.1 TMS v liečbe afázie

Afázie sú získané poruchy percepcie alebo produkcie jazykovej zložky reči. Vznikajú pri poškodení kôry dominantnej hemisféry. Často sa vyskytujú v spojení s ďalšími poruchami vyjadrovania a percepcie. Medzi najčastejšie pridružené poruchy patrí agrafia, alexia, postihnutie nonverbálnej komunikácie a pri periférnom postihnutí môže byť afázia spojená s poruchami zraku, sluchu, fonácie (dysfónia) alebo artikulácie (dysartria). Hlavné rečové oblasti sa nachádzajú u väčšiny populácie v ľavej hemisfére v oblasti Sylviovej rýhy. (Ambler, Bednařík&Růžička, 2008)

Percepčné oblasti sú úzko späté a tvoria centrálnu rečovú zónu. Do tejto zóny patria Heschlove závitý (area 41, 42), ktoré sa nachádzajú na hornej ploche temporálneho laloku v Sylviovej rýhe, Wernickeho oblasť na planum temporale (v zadnej časti area 22). Oblasť zodpovedajúca za čítanie leží v gyrus angularis parietálneho lobulu (area 39) pred zrakovými centrami okcipitálneho laloku. Ďalšími oblasťami patriacimi do rečových zón sú gyrus supramarginalis a spodná časť temporálneho regiónu, ktorý nadväzuje na zrakovú asociačnú kôru. Produkcia reči je riadená z Brocovej oblasti (area 44, 45), ktorá sa nachádza v dolnom frontálnom závite vedľa precentrálnej oblasti, zodpovedajúcej za motorickú zložku reči (sú z nej inervované pery, jazyk, hltan a hrtan). Tieto oblasti sú navzájom prepojené. Pri písaní sa navyše zapája Exnerova area v zadnej oblasti stredného frontálneho závitu, ktorá je tiež spojená s časťou precentrálneho gyru. (Ambler, Bednařík&Růžička, 2008)

Štúdia výskumného centra pre afáziu v Bostone, USA z roku 2012 skúmala výsledky doterajších štúdií, zaoberajúcich sa využitím rTMS pri liečbe afázie. Všetky tieto štúdie naznačujú, že využitie nízkofrekvenčnej rTMS s frekvenciou 1Hz v sérii aspoň desiatich terapií, vedie k výraznému zlepšeniu. Tieto pokroky pretrvávali do dvoch mesiacov, v niektorých prípadoch aj 2 roky po terapii. (Naeser et al. 2012)

V tejto štúdii bolo odôvodnené využitie rTMS na oblasti pravej hemisféry zodpovedajúcej za reč, ktoré by mohli pri nadmernej aktivite spôsobovať alebo byť spojené s transkalosálnou disinhibiíciou. Tá vedie k čiastočnej alebo neúplnej obnove rečových funkcií. To by mohlo viesť k maladaptívnej plasticite a nesprávnej adaptačnej stratégii pre obnovu tejto funkcie. Zapojenie pravej hemisféry môže byť pre dlhodobú

obnovu funkcie podľa viacerých štúdií menej účinné ako obnovenie funkčnosti ľavej hemisféry. (Naeser et al. 2012)

V prvej fáze lokalizovali pomocou 1 Hz rTMS s trvaním 10 minút, kortikálnu oblasť s najvyššou dráždivosťou (ROI), ktorá bola vybraná podľa najvýraznejšieho zlepšenia pomenovávania hneď po aplikácii oproti počiatočným hodnotám. Toto zlepšenie bolo však len dočasné. V druhej fáze štúdie bola aplikovaná 1 Hz rTMS s trvaním 20 minút každý deň počas desiatich dní (2 týždne). Stimulácia bola prevádzaná v ROI identifikovaným počas prvej fázy štúdie. Stimulácia bola prevedená prístrojom Super-Rapid High Frequency Magnetic Stimulator spoločnosti Magstim z Veľkej Británie. (Naeser et al. 2012)

Pre hodnotenie účinkov rTMS bola využitá funkčná MR, ktorá bola prevedená za začiatku terapie pred použitím rTMS, 2, 6, 16 a 46 mesiacov po terapii pomocou rTMS, pričom najväčšie zlepšenie bolo zistené 46 mesiacov post-rTMS.

(Naeser et al. 2012)

3.4.8.2 Využitie TMS pri liečbe Alzheimerovej choroby

Alzheimerova choroba je najčastejším druhom demencie vo svete. Začiatok tohoto ochorenia je nenápadný a pomalý, väčšinou sa začína rozvíjať u pacientov v šiestej dekáde. Medzi prvé príznaky patrí porucha krátkodobej pamäti, zhoršenie porozumenia, porucha abstraktného myslenia, orientácie v priestore či problémy s rečou a písaním. Postupne sa pacient stáva apatickým, pasívnym a dochádza aj k zmene osobnosti. Ďalšími príznakmi sú zmeny sociálneho správania, afázia, apraxia, agnózia či ľahký parkinsonský syndróm. V terminálnych štádiách ochorenia už pacient nie je schopný nerozmýšľať, nedokáže hovoriť ani pohybovať sa. Predpokladanou patogenézou je porucha cholinergného systému, neurotransmitterov a degenerácia cholinergnej inervácie mozgovej kôry. (Ambler, 2006)

Táto teória bola potvrdená viacerými štúdiami, skúmajúcimi parameter SAI. Ten bol u pacientov oproti kontrolnej skupine výrazne znížený, to značí pre cholinergnú

dysfunkciu, ktorá je prítomná už v skorých štádiách ochorenia. Pre identifikáciu by bol parameter SAI vhodným markerom dysfunkcie. Jeho pomocou by mohlo byť možné rozlíšiť Alzheimerovu chorobu od noncholinergných foriem demencie, ktorých SAI je porovnateľná s hodnotami zdravých jedincov. Pomocou parametru centrálného motorického kondukčného času bolo vylúčené poškodenie kortikospinálneho traktu, ako príčina choroby, pretože hodnoty sa od bežnej populácie podstatne nelíšili. Ale je prítomná zvýšená dráždivosť kortikospinálnych projekcií, čomu svedčí znížený kľudový motorický prah. (Freitas et al., 2011)

Konvenčnou liečbou je podávanie inhibítorov cholinesterázy (Např. rivastigmín, galantamín, donezepil), ktoré zvýšením hladiny acetylcholínu zlepšujú cholinergnú transmisíu. Pri závažnejšom postihnutí sa podávajú antagonisti NMDA receptorov (memantin), modulujúce glutamátový prenos v mozgu. Doposiaľ nebola objavená liečba, ktorá by postup tejto choroby spomalila na viac než 12 mesiacov. (Ambler, 2006, Freitas et al., 2011)

Vplyvom liečiv využívaných na terapiu Alzheimerovej choroby sa zaoberalo 8 štúdií, ktorých výsledky boli uvedené v prehľadovej štúdií od Freitas, Mondragón-Lorca a Pascual-Leone (2011). Pri hodnotení pôsobenia inhibítorov acetylcholinesterázy na motorickú kortikálnu dráždivosť bolo zistené, že pri jednorázovom podaní galantamínu a vyššej dávke donezepilu (10mg) dochádza k zvýšeniu SICI. K zvýšeniu SICI však nedošlo pri podaní rivastigmínu a ani pri podaní liekov kontrolnej skupine. (Freitas et al., 2011)

Transkraniálnu TMS je možné u pacientov trpiacich Alzheimerovou chorobou využiť aj ako pomôcku pre určenie efektivity liečby rivastigmínom. Pomocou parametra SAI je podľa tejto skupiny vedcov možné určiť či bude mať liečba rivastigmínom na pacienta s Alzheimerovou chorobou efekt alebo sa naopak ich prognóza bude zhoršovať. U pacientov s počiatočnou abnormálnou SAI, u ktorých po prvej dávke rivastigmínu nastal náhly nárast v SAI, mali po jednom roku užívania lepšie výsledky než pacienti, ktorých SAI bolo nezmenené alebo abnormálne, ale ich prvotná reakcia na rivastigmín nevedla k zvýšeniu SAI. U týchto pacientov naopak došlo k progresii ochorenia. To naznačuje, že vyhodnocovanie SAI by mohlo byť výhodným spôsobom určovania vhodných kandidátov pre liečbu rivastigmínom alebo inými liečivami. (Freitas et al., 2011)

Ďalším zaujímavým zistením bolo, že u pacientov je možná porucha medzi acetylcholínovým a dopamínovým systémom, čomu nasvedčuje rozdiel vplyvu levodopy na parameter SAI u pacientov a kontrolnej skupiny. K tomu vedci došli pomocou testovania vplyvu antiparkinsoník a bolo zistením, že pri podaní jednorázovej dávky levodopy došlo k normalizácii abnormálneho SAI u pacientov s Alzheimerovou chorobou, pričom toto zlepšenie korelovalo s kognitívnou poruchou vyhodnotenou pomocou MMSE (Mini-Mental State Examination). Avšak u kontrolnej skupiny normalizácii SAI nedošlo. (Freitas et al., 2011)

Skupina vedcov Freitas et al. v roku 2013 vytvorilo prehľad poznatkov o využití TMS pre diagnostiku a terapiu Alzheimerovej choroby. V práci boli skúmané výsledky 29 štúdií, päť z nich sa zaoberalo výskumom pôsobenia TMS na zlepšenie kognitívnych funkcií. V štúdiách účinkov aplikácie vysokofrekvenčnej online rTMS na dorzolaterálny prefrontálny kortex ukázala, že u pacientov s miernou až ťažkou Alzheimerovou chorobou (MMSE < 17/30) sa zlepšuje schopnosť pomenovávaní činností a predmetov po aplikácii na ľavej alebo pravej hemisfére. Avšak u pacientov s ľahkou formou Alzheimerovej choroby (MMSE ≥ 17/30) sa zlepšili iba v pomenovávaní činnosti, to mohlo byť spôsobené aj efektom terapeutického stropu. (Freitas et al., 2011) Dochádza k nej u pacientov, u ktorých už liečba danej funkcie nie je nevyhnutná príkladom je dril kvadricepsu u pacientov normálne chodiacich.

3.4.8.3 Liečba Amyotrofickéj laterálnej sklerózy

„Amyotrofická laterálna skleróza je spôsobená progresívnym zánikom motoneuronů předních rohů míšních, motorického kortexu, jader motorických hlavových nervů v bulbární oblasti (mozkový kmen) a degenerací kortikospinální dráhy.“ (Ambler, 2006, 240)

Jedná sa o multifokálne ochorenie prejavujúce sa súborom charakteristických príznakov medzi ktoré patria svalové atrofie, fascikulácie (príznaky periférnej obrny); hyperreflexia myotatických reflexov a prítomnosť spastických javov, ktoré sú príznakmi centrálnej obrny. Rozvoj choroby zvyčajne začína v piatej dekáde veku akútne. Objavuje sa slabosť a neobratnosť ruky alebo problémy s chôdzou, dochádza až k atrofii

svalstva. Ďalšími príznakmi môžu byť svalové spazmy. Pripája sa postihnutie ďalších svalových skupín končatín a trupu, nastáva aj rozvoj bulbárneho syndrómu, ktorého charakteristickými príznakmi sú dysartria, dysfágia, atrofia a fascikulácia jazyka.. Rozvoj je progresívny bez remisíí. Dôležitou poznámkou je skutočnosť, že pacienti nestrácajú ani citlivosť, nenastávajú poruchy sfinkterov a hlavne to, že pacientova psychika nie je porušená. (Ambler, 2006)

Toto ochorenie má niekoľko variánt podľa lokalizácie postihnutia. Pri progresívnej bulbárnej paralýze, a progresívnej muskulárnej atrofii prevažuje postihnutie periférneho motoneurónu. Naproti tomu pri primárnej laterálnej skleróze sú postihnuté iba centrálné motoneuróny, no táto forma je veľmi zriedkavá. (Ambler, 2006)

V štúdií Floyd et al. (2009) poukázali na možnosť využitia jednotlivých impulzov TMS ako diagnostického nástroja. Počas jeden a pol roka sledovali u 60 pacientov trpiacich rôznymi formami ALS tri parametre získané pomocou aplikácie jednotlivých impulzov TMS. Overili, či je pomocou týchto parametrov možné hodnotiť poškodenie kortikospinálnej dráhy a hodnotenie rozvoja choroby.

Prvým parametrom bol CMCT, ktorého hodnoty boli získavané stimuláciou musculus tibialis anterior (mTA) a musculus abductor digiti minimi (mADM). Získané hodnoty boli rozdelené na normálne a abnormálne, aby ich bolo možné využiť pre diagnostiku. Ako abnormálne bolo vyhodnotených CMCT, ktorého hodnota bola väčšia o dvojnásobok smerodajnej odchýlky oproti priemeru v kontrolnej skupine. Abnormálne hodnoty CMCT boli zistené pri stimulácii mTA u 75 % pacientov. Parameter CMCT, získaný z mTA, koreloval so zvýšeným myotatickým reflexom achilovej šlachy a patelárnym reflexom, príznakom Babinski a stratou obratnosti. Keďže abnormality CMCT sa zodpovedajú klinickým príznakom ALS, mohol by byť tento parameter využitý ako biomarker poruchy centrálného motoneurónu. Nutné je však dodať, že hodnoty CMCT sa u jednotlivých foriem ALS líšili. (Floyd et al., 2009)

Vo výsledkoch štúdie bolo zistené, že každým mesiacom sa dĺžka CMCT u pacientov predĺžila v priemere o 0.9 %, čo značí pre demyelinizáciu dráh. Amplitúda TMS sa znižovala priemerne o 8 % za mesiac a prah TMS sa mesačne zvýšil o 1.8 %. Všetky

tieto výsledky potvrdzujú porušenie kortikospinálnych dráh a progresiu ochorenia. (Floyd et al., 2009)

Prínosom je zistenie, že pomocou merania dĺžky centrálného motorického kondukčného času (CMCT), hodnôt motorického prahu(MT) a veľkosti amplitúdy TMS je možné sledovať rozvoj ochorenia a diagnostikovať postihnuté časti nervového systému.

Problémom je, že pre rozdielny vek kontrolnej a testovanej skupiny, nie je možné tieto zistenia považovať za všeobecne platné. Autori štúdie túto skutočnosť sami uznali a poukázali na nutnosť štúdie, ktorá by porovnávala skupiny s rovnakým vekovým rozmedzím pre zistenie citlivosti amplitúdy TMS pri detekcii zmien centrálného motoneurónu.

3.4.8.4 Ovplynienie bolesti

Bolesť je podľa medzinárodnej spoločnosti pre štúdium bolesti definovaná ako nepríjemný zmyslový a emočný zážitok(alebo skúsenosť) spojená so skutočným alebo potenciálnym poškodením tkaniva alebo popisovaný výrazmi pre takéto poškodenie. Z časového hľadiska bolesť rozdeľujeme na akútnu a chronickú. Pod pojmom akútna bolesť rozumieme bolesť, ktorej endogénne modulačné systémy nie sú vyčerpané a sú schopné dočasne potlačiť bolesť a trvanie neprekročilo šesť týždňov. Chronická bolesť stráca pozitívny informačný význam, trvá aj po vyliečení jej príčiny, trvá viac ako 3 mesiace, endogénne modulačné systémy sú vyčerpané a nie sú schopné bolesť potlačovať, preto dochádza k jej chronicite. Má dopad na somatické, emocionálne, kognitívne aj behaviorálne oblasti. (Opavský, 2011)

Neuropatická bolesť je podľa Treister et al. (2013) definovaná ako chronická bolesť spôsobená chorobami či poraneniami periférnych alebo centrálnych dráh bolesti, spôsobujú abnormálne vzruchy, ktoré signalizujú bolesť aj keď bez príčiny. Dôsledkami tejto bolesti je chronicita, ktorá spôsobuje dlhodobú neschopnosť práce, vykonávania obľúbených činností a vedie k depresii a slabosti. Len v Spojených štátoch amerických stojí každoročne liečba tohto ochorenia okolo 600 miliárd dolárov. Problémom liečby neuropatickej bolesti je, že bežné lieky(nesteroidné antirevmatiká, opioidy) proti bolesti sú často neefektívne a navyše spôsobujú vedľajšie účinky..

Je bežná u polyneuropatii, herpes zoster, HIV či rakovine.

V prehľade štúdií skúmajúcich analgetický účinok terapie pomocou rTMS aplikovanej na motorický kortex pre úľavu od neuropatických bolestí, boli stimulované oblasti primárneho a sekundárneho motorického kortexu, dorzolaterálnejho prefronálneho kortexu, primárneho a sekundárneho somatosenzorického kortexu a suplementárnej a premotorickej oblasti. Pričom výsledkom bprí opakovanej aplikácii repetitívnej TMS bola úľava od bolestí. (Treister et al., 2013)

3.4.8.5 Liečba Parkinsonovej choroby

Štúdia skúmala pôsobenie rôznych dávok stimulácie u 49 pacientov trpiacich Parkinsonovou chorobou. Všetkým pacientom bola podávaná levodopa a benzerazide a počas štúdie boli v stabilnom stave. Pacienti boli rozdelení do 4 skupín podľa intenzity stimulácie. V skupinách boli použité intenzity ~0.34 T, ~57 T, ~80 T a stimulácia prebiehala raz alebo dvakrát za deň. V štúdií bol používaný prístroj Maglite s výkonom 2.3 T a cievkou MC 125 od spoločnosti Dantec. Pri aplikácii bol využitý 100 μ s impulz vo frekvencii 1 Hz, s celkovým počtom 30 impulzov za stimuláciu. Stimulácia pacientov prebiehala 7 dní, výnimkou bola aplikácia 0.34 T raz za deň, pri ktorej boli pacienti stimulovaní počas desiatich dní. Pozitívne výsledky boli dosiahnuté u skupín, stimulovaných dvakrát za deň aplikačnou intenzitou ~57 T (skupina III) a ~34 T (skupina II). Ostatné skupiny nepreukázali žiadne preukázateľné výsledky.

Hodnotenie prebiehalo pomocou Unified Parkinson Disability Rating Scale (UPDRS) a Ziehen- Ranschburg word pair test. Skupina III dosiahla v UPDRS pri vstupnom vyšetrení skóre 30.62 ± 15.23 , mesiac po terapii skóre 17.08 ± 7.04 ($P < 0.01$) a 3 mesiace po terapii 16.08 ± 7.06 ($P < 0.01$). U skupiny II bolo vstupné skóre 34.57 ± 15.1 , mesiac po terapii 22.14 ± 9.33 ($P < 0.05$) a v troch mesiacoch po terapii 22.43 ± 8.87 ($P < 0.05$). To by ukazovalo na výraznejšie zlepšenie u skupiny III, stimulovanej intenzitou ~0.57 T. U všetkých pacientov, trpiacich pred výskumom hypokinézou, hyperkinézami alebo dystóniou nastalo počas troch mesiacov po terapii zníženie ich intenzity a trvania. (Mally & Stone, 1999)

Vierohodnosť tejto štúdie je otázna, chýbajú v nej údaje o lokalizácii aplikačnej

cievky pri stimulácii, informácie o prahu motorickej excitácie, o kontrole stimulácie pomocou EMG pre hodnotenie rozšírenia excitácie alebo EEG pre sledovanie mozgovej aktivity pacienta. Chýba aj vstupné EEG alebo MR vyšetrenie. Je možné, že dôvodom nedostupnosti údajov je to, že štúdia je staršieho dáta.

3.4.8.6 Liečba deficitov po cievnej mozgovej príhode

Terapia následkov cievnej mozgovej príhody (CMP) pomocou transkraniálnej magnetickej stimulácie je založená na interhemisferálnom kompetitívnom modeli, ktorého princíp je založený na hypotéze, že motorické deficitu u CMP sú spôsobené zníženým výstupom informácií z poškodenej hemisféry a neprimeranou interhemisferálnou inhibíciou. Z čoho plynú dve rôzne možnosti ovplyvnenia týchto deficitov. Prvým je zvýšenie dráždivosti v postihnutej hemisfére a druhou inhibícia dráždivosti hemisféry zdravej. Aplikácia TMS je určená ako pre akútnu fázu ochorenia tak aj pre fázu chronickú. Treba si však uvedomiť, že sa nejedná o hlavnú liečbu, ale o liečbu doplnkovú, ktorá by mala byť spojená s rehabilitáciou. Pričom štúdie potvrdzujú, že efekt terapie je vyšší než pri využití TMS alebo rehabilitácie samostatne. (Takeuchi&Izumi, 2013, Harris-Love, 2012)

3.4.9 Kontraindikácie

Podľa Rossi et al. (2009) je jedinou absolútnou kontraindikáciou aplikácie TMS, výskyt metalického predmetu v blízkosti aplikačnej cievky. To znamená v oblasti hlavy alebo hornej časti trupu. Tieto kontraindikácie boli prijaté v roku 2009 na medzinárodnej konferencii pri Siene v Taliansku.

Ďalej uvádzajú relatívne kontraindikácie terapie, do ktorých patrí:

- Epileptický záchvat v anamnéze,
- Vaskulárna, traumatická, nádorová infekčná alebo metabolická lézia mozgu
- Užívanie liekov potenciálne znižujúcich prah záchvatu, bez súčasného užívania antikonvulzív
- Spánková deprivácia a alkoholizmus

- Implantované elektródy v mozgu (kortikálne alebo pre hĺbkovú stimuláciu)
- Tehotenstvo
- Závažné alebo nedávne ochorenie srdca

V Tabuľke 5 sú uvedené kontraindikácie podľa autora tejto práce. Sú prísnejšie a zohľadňujú skutočnosť, že je potrebné účinky tejto terapie ďalej skúmať, aby nedošlo k zbytočným komplikáciám pri terapii.

Absolútne kontraindikácie	Relatívne kontraindikácie
Kardiostimulátor alebo iný druh stimulátoru napr.: Hlboká mozgová stimulácia	Pacienti s rizikom rozvoja záchvatu (epileptický záchvat v histórii, epileptogénne lézie mozgu)
Kovové implantáty	Užívanie látok zvyšujúcich riziko záchvatu (niektoré antibiotiká, antivirotiká, antidepresíva, psychiatrické liečivá)
Tehotenstvo	Užívanie návykových látok a alkoholu
	Vek pod 18 rokov

Tabuľka 5. Rozdelenie kontraindikácií

3.4.10 Nežiadúce účinky

Hlavným nežiadúcim účinkom transkraniálnej magnetickej stimulácie je bolesť hlavy, ktorá sa v priemere vyskytne u jedného z desiatich pacientov. (Rossi et al. 2009)

Ak nie je použitá stimulačná cievka s chladením môže pri dlhšej aplikácii dôjsť k popáleninám. Pri nadprahovej aplikácii TMS na motorický kortex je možná (ko)aktivácia nervus trigeminus, facialis a vestibulocochlearis, čo môže viesť k nepohodliu pacienta.

V niektorých štúdiách boli popísané záchvaty, ktoré však boli spôsobené skôr tým, že u pacientov neboli rozoznané epileptické markery.

3.5 Periférna magnetická stimulácia

Periférna magnetická stimulácia je založená na elektromagnetickej indukcii, pomocou ktorej bezkontaktno indukuje v cieľovom tkanive elektrické pole. Toto elektrické pole má dostatočnú amplitúdu aj dĺžku impulzu, aby depolarizovalo nervové membrány a vyvolalo akčné potenciály podobným spôsobom, ako pri konvenčnej elektrickej stimulácii. Na základe tejto podobnosti by bolo možné uvažovať nad konvenčným využitím PMS namiesto elektrickej stimulácie. Problémom však môže byť supramaximálna stimulácia a limitovaná sila stimulu, spôsobená priestorovým rozložením magnetického poľa, ale aj rozdielnou vrstvou podkožného adipózneho tkaniva. Princíp periférnej magnetickej stimulácie sa od TMS nelíši, je však aplikovaná na periférne nervové vlákna. (Lampropoulou, Nowicky &Marston, 2012)

Vo viacerých štúdiách porovnávajúcich elektrickú a magnetickú stimuláciu periférnych nervov hornej a dolnej končatiny bola zistená veľká podobnosť výsledkov pri optimálnej aplikácii PMS. V oblasti hornej končatiny je aplikácia zatiaľ limitovaná na oblasť vlastných svalov ruky kvôli jediným vhodným aplikačným miestam pozdĺž brachiálneho, ulnárneho a radiálneho nervu. Flexory lakťa bývajú kvôli jednoduchšej aplikácii testované pomocou TMS a elektrickou stimuláciou.

Cieľom štúdie Lampropoulou et al. v roku 2012. bolo detailné porovnanie interpolačnej techniky záškľbu pri použití elektrickej a magnetickej stimulácie (využívajúc jednotlivé impulzy) v kľudovej a maximálnej kontrakcii, ale aj pri rôznych stupňoch voľnej kontrakcie flexorov lakťa. V štúdiu bol použitý prístroj Magstim Rapid s cievkou tvaru číslice 8 (70 mm) s aplikáciou jednotlivých impulzov supramaximálnej intenzity, dĺžkou impulzu 250 μ s. Výsledky tejto štúdie potvrdzujú, že pri aplikácii elektrickej a magnetickej stimulácie sú účinky porovnateľné. Na základe tejto podobnosti navrhujú využitie magnetickej stimulácie v praxi. (Lampropoulou, Nowicky &Marston, 2012)

3.5.1 Aplikácia periférnej magnetickej stimulácie

Príkladom využitia PMS je aplikácia pomocou Mcube Biocon 1000 Pro. Prístroj využíva frekvenciu v rozpätí 5 až 50 Hz a využívanou dĺžkou aplikácie 20 minút. Pri stopercentnom výkone(50 Hz) s dĺžkou impulzu 390 μ s je hodnota využívanej

elektromagnetickej indukcie 1 T. Chladenie prístroja je zabezpečené ventilátorom, nachádzajúcim sa nad stimulačnou cievkou a odvetráva zahriaty vzduch. Poskytuje 4 prednastavené a 4 užívateľské programy, ktoré si môže terapeut prispôbiť. Programy sa líšia dĺžkou aplikácie jednotlivých frekvencií, a veľkosťou frekvencie. Intenzita terapie je dávkovaná pacientom podľa jeho subjektívnych pocitov. Pri správnej aplikácii by mal pacient pociťovať niečo medzi vibráciou a elektrogymnastikou, či kombinovanou terapiou v mieste „trigger pointu“. Pri stimulácii by mal pacient spočívať uvoľnene na ležadle a ak nie je inštruovaný inak, nemal by sa hýbať. V prípade nepríjemných pocitov je nutné znížiť intenzitu stimulácie alebo terapiu úplne ukončiť. Dôležité je podotknúť, že počas procedúry sa pocity menia, dochádza k adaptácii na podnet alebo myorelaxácii, a tým k zníženiu intenzity vnemu alebo odpovede svalstva na stimuláciu.

Pri využití prístroja Biocon 2000 W, ktorý je stimulačným kreslom pre liečbu insuficiencie panvového dna, dochádza k podobným pocitom. Prístroj sa skladá z ovládacieho prístroja a stimulačného kresla. Pri maximálnom výkone dochádza k stimulácii elektromagneticou indukciou o veľkosti cca 1 T, s periódou impulzu 362.5 μ s, a opakovacou frekvenciou 50 Hz. Platia rovnaké zásady ako pri stimulácii pomocou Bioconu 1000 Pro, ale v tomto prípade je žiadúce, aby pacient svoju polohu počas stimulácie menil pre stimuláciu všetkých svalov panvového dna. Pretože aplikačná cievka je umiestnená v strede kresla a je v strede dutá.

3.6 Indikácie PMS

Účinky PMS by sa mali zhodovať s nízkofrekvenčnou magnetoterapiou, no s vyššou intenzitou účinky. Je možné očakávať, že indikácie sa budú tiež zhodovať, no bolo by vhodné tieto účinky otestovať pred zavedením do bežnej praxe.

Medzi indikácie nízkofrekvenčnej magnetoterapie patria všetky klinicky preukázateľné kĺbne degeneratívne ochorenia, Periarthritis humeroscapularis (zmrznuté rameno), cervikokraniálny a cervikobrachiálny syndróm, epikondylitída, myopatie, poúrazové stavy, Dupuytrénova kontraktúra, syndróm karpálneho tunelu, spondylóza, spondylartróza, chondropatia chrbtice, koreňové syndrómy, parézy periférnych nervov, primárna chronická polyartritída, revматоídna artritída, Algodystrofický syndróm (v tomto prípade, je na mieste zvážiť či neprinesie terapia skôr zhoršenie, než úľavu),

deliberácia totálnej endoprotézy, morbus Perthes, Odontológia. (Chvojka, 2000)

Výrobcovia prístrojov periférnej magnetickej stimulácie zaraďujú medzi indikácie ochorenia chrbtice, periférnych nervov, kostrového svalstva,(REMEDI, (n. d.)), Pri stimulačných kreslách sú to stavy močovej a fekálnej inkontinencie, regenerácia po pôrode, rehabilitácia svalov panvového dna chronický zápal prostaty, stav po radikálnej prostektómii, erektilná dysfunkcia. (Iskra medical (n. d.)) Na základe zistení štúdie manželov Poděbradských z roku 2010 by bolo vhodné do indikácii pridať degeneratívne ochorenia pohybového systému, posttraumatické stavy, revматоídna artritída, entezopatie.

V rehabilitačnom ústave Hamzova léčebna, Luže Košumberk využívajú PMS u pacientov, ktorí trpia úpornými bolesťami nereagujúcimi na inú liečbu, pri insuficiencii panvového dna, koxartrózach či u stavov po zlomeninách. Pacienti sú s výsledkami terapie spokojní, ale účinky nemôžu byť pripísané iba PMS, pretože počas pobytu v liečebni prebieha komplexná rehabilitácia zahŕňajúca individuálnu a skupinovú kinezioterapiu, vodoliečbu, hydrokinezioterapiu, relaxačné procedúry a ďalšie.

Preplácanie procedúr periférnej magnetickej stimulácie poisťovňami u nás zatiaľ nefunguje, sú preplácané iba ako súčasť balíku procedúr rehabilitačných ústavov.

3.6.1 Využitie v rehabilitácii

Podľa štúdie manželov Poděbradských, ktorú previedli roku 2010 v kúpeľoch Dolní Lipová, dochádza k výraznému zmierneniu bolesti už pri prvej aplikácii PMS. V štúdiu bolo zaradených 89 pacientov, z toho 28 mužov (priemerný vek 51,5 roku), 61 žien (vekového priemeru 55,6 roku). Hodnotenie zmien bolesti pomocou vizuálnej analógovej škále bolesti ukázalo, že u mužov hodnota v priemere poklesla o 26,46 mm a u žien o 27,25 mm. To značí pre výrazný analgetický efekt terapie, ďalšími pozorovanými účinkami bolo zníženie otoku, zlepšenie rozsahu pohybu v postihnutom segmente. Tieto účinky u niektorých pacientov pretrvávali aj niekoľko týždňov. To však znamená, že tento účinok nie je vysvetliteľný žiadnou známou teóriou bolesti. A preto je nutné účinky PMS dôsledne preskúmať, na dostatočne veľkej vzorke, s kontrolnou skupinou rovnakého veku, ktorá by podstupovala konvečnú terapiu. Počas štúdie nepodstupovali inú liečbu, aby sa vyhlo ovplyvneniu získaných dát účinkami inej

terapie. (Poděbradská & Poděbradský, 2010)

3.6.2 Liečba inkontinencie

Inkontinencia je stav, pri ktorom je v rôznej miere porušená schopnosť udržania moču. Rozoznávame štyri druhy inkontinencie: hyperreflexiu detruzoru, paradoxnú ischúriu, stresovú inkontinenciu a funkčnú inkontinenciu. Pri hyperreflexii detruzoru dochádza k imperatívne mu močeniu aj pri nenaplnenom mechúri, vďaka čomu môže dochádzať k urologickým infekciám, zápc e alebo benígnej hyperplázii prostaty. Paradoxná ischúria je stav spôsobený kontraktílnou dysfunkciou mechúra, ktorý je hypotonický až atonický alebo obštrukciou. Následkom je neúplné vyprázdňovanie močového mechúra a odkvapkávanie moču. Stresová inkontinencia je spôsobená denerváciou vonkajšieho sfinkteru. Výskyt u žien je častejší hlavne v dôsledku oslabenia panvového dna po pôrodoch, prejavy sú výraznejšie po menopauze. U mužov môže nastať po operácii prostaty alebo neurologických chorobách. K funkčnej inkontinencii dochádza pri normálnej funkčnosti močového mechúra vplyvom vonkajšieho faktoru.

Konvenčnou liečbou neurogénej inkontinencie je podávanie anticholinergík, ktoré pôsobia inhibične na kontrakciu detruzoru, čím zvyšujú kapacitu močového mechúra. Ďalej môžu byť použité sympatomimetiká a tricyklické antidepresíva znižujúce frekvenciu močenia, a tým zvyšujúce kapacitu močového mechúra. Pri potrebe zníženia frekvencie mikcie počas noci je možné využiť analóg vazopresínu – desmopresín.

Pomocou periférnej magnetickej stimulácie je možné ovplyvňovať a trénovať svaly panvového dna, a tým zlepšiť stav. Na základe frekvencie stimulácie dochádza k tréningu svalov na rôznych etážach a tým k celkovému tréningu panvového dna.

3.6.3 Kontraindikácie PMS

Kontraindikácie PMS a nízkoindukčnej magnetoterapie sa nelíšia a je možné ich rozdeliť na absolútne a relatívne.

Medzi absolútne kontraindikácie magnetoterapie patrí:

- Tehotenstvo obzvlášť v prvom trimestri, kedy je možný teratogénny vplyv na vyvíjajúci sa plod najvyšší.

- Infekčné choroby (najmä aktívna tuberkulóza)
- Kovové implantáty
- Krvácavé stavy a menštruácia (vazodilatácia môže tento stav zhoršiť)
- Stimulátor (kardiostimulátor, hlboká mozgová stimulácia, inzulínová pumpa a iné)
- Hypertyreóza, hyperfunkcia nadobličiek
- Myastenia gravis (pri aplikácii môže dôjsť k prechodnému zhoršeniu stavu)
- Tumory a stavy po operácii nádoru

Relatívnymi kontraindikáciami sú :

- Záchvatovité neurologické ochorenia (epilepsia, epileptogénne lézie mozgu, atď.)
- Mykotické ochorenia

3.6.4 Nežiadúce účinky PMS

Jediným pozorovaným nežiadúcim účinkom bolo zvýšenie krvácania počas nasledujúcej menštruácie.

4 KAZUISTIKA

Kauzálna štúdia pacienta, po šiestej aplikácii repetitívnej periférnej magnetickej stimulácie pomocou prístroja BioCon 1000W švajčiarskej firmy Mcube Technology.

4.1 Anamnéza

Pohlavie: muž **Vek:** 63 rokov **Výška:** 187 cm **Hmotnosť:** 76 kg

Diagnóza:

- **T90.5:** následky vnútrolebného postihnutia
- **I69.3:** následky mozgového infarktu
- **M54.5:** Bolesti dolnej časti chrbtice

Farmakologická anamnéza:

Tegretol, Pentomer Retard, Sirdalud, Anopyrin, (Ibuprofen – iba v prípade bolesti)

Abusus:

fajčiar: 1-2 cigarety denne

Sociálna anamnéza:

ženatý, má 2 deti, žije s manželkou v rodinnom dome

Pracovná anamnéza:

od roku 1998 invalidný dôchodok 3. stupňa, vyučený opravár poľnohospodárskych strojov a vodič

Pomôcky: Pacient využíva jednu vychádzkovú palicu

Osobná anamnéza:

- 5.9.1997: Pacientovi spadla na hlavu drevená doska, ktorá spôsobila bilaterálne frontobazálne poranenie - fraktúru bázy lebky, frontálnych kostí, mandibuly, maxily; kontúziu mozgu s postraumatickou trombózou arteria carotis interna dx. s reziduálnou ľavostrannou hemiparézou, ľavostrannou centrálnou obrnou lícneho nervu, motorická afázia.
- 9/1997: operácia vo fakultnej nemocnici (FN) Brno Bohunice
- pacient podstúpil rehabilitáciu afázie – po šiestich mesiacoch v norme
- 1998: pobyt v liečebnom ústave Kladruby

- 2/1998: anastomóza extra-intrakraniálne a. carotis interna et externa dx., vykonaná tiež vo FN Brno Bohunice
- Pacient je sledovaný v neurologickej ambulancii v Havlíčkově Brodě
- Od roku 1997 navštevuje každoročne pobyt v rehabilitačnom ústave, za prvé tri roky striedavo navštívil:
 - Kladruby (1998)
 - Karviná: Lázně Darkov
 - Liečebné procedúry:
 - individuálne cvičenie
 - Terapia chôdze pomocou exoskeletu
 - Elektroterapia: elektrostimulácia LDK a LHK, 4komorová galvanizácia
 - Ergoterapia: nácvik denných aktivít, úchopov a samoobsluhy
 - parafínové zábaly, jódobromové inhalácie, suchý uhličitý kúpeľ, uhličitý kúpeľ,
 - Rehabilitační klinika Malvazinky
 - Fakultní nemocnice Královské Vinohrady
 - Terapia pomocou Vojtovej metódy
 - Luže-Košumberk (2000-2014)

Terajšie ochorenie:

- Opakovaná návšteva Rehabilitačného ústavu Luže Košumberk, pre reziduálnu ľavostrannú hemiparézu LDK, bolesti chrbtice, plégii ľavej hornej končatiny a s ňou spojené bolesti ľavého ramenného kĺbu.
- Pacient je viac menej samostatný (okrem činností, na ktoré je potrebné zapojenie oboch horných končatín), pre chôdzu využíva jednej vychádzkovej palice, (3x týždenne chodí na cca. 6km prechádzky),
- Spáva aj na postihnutom boku a spôsobuje mu to bolesti. Problémy so spasticitou znižuje cvičenie, aplikácia tepla a rPMS; zhoršuje ich chlad, zmeny počasia a stres.
- Momentálne pacient podstupuje rehabilitačné procedúry v ústave Luže,

v ktorom je už druhý týždeň. Jeho bolesti sa po aplikácii rPMS a vodoliečbe znižujú.

- Týždenný rozpis
 - individuálna 3x a skupinová kinezioterapia 5x
 - skupinová hydrokinezioterapia s perličkovým kúpeľom 2x
 - rPMS na oblasť ľavého ramenného kĺbu 2x
 - Mechanoterapia 6x
 - celkový perličkový kúpeľom so zábalom 1x
 - Terénna pohybová terapia 6x
- Ďalej cvičí aj jógové cvičenia, pri ktorých nie je nevyhnutné využitie LHK. Vďaka tomu je jeho rozvoj bránice, dychová vlna a hlboký stabilizačný systém v dobrom stave.

4.2 Vyšetrenie

4.2.1 Neurologické vyšetrenie:

Pacient je orientovaný časom, osobou aj priestorom. Na prvý pohľad je viditeľná atrofia musculus orbicularis oris.

Bolesť:

Pacient popisuje bolesť v oblasti ramenného pletenca ľavej končatiny, bolesť dolnej časti chrbtice.

Hodnotenie bolesti podľa grafickej škály Teplomer bolesti:

- 14.4.2014: 7/10
- 24.4.2014: 8-9/10, po rPMS 3-4/10
- Pri cvičení pacient popisuje aj bolesť, pri ktorej plače (9.5/10), ale terapiu hodnotí kladne.

Vyšetrenie hlavových nervov:

- N. opticus: amaurosis ľavého oka, visus a perimeter pravého oka je v norme
- N. oculomotorius, abducens, trochlearis: ľavá očná štrbina prepadnutá kvôli

atrofii m. orbicularis oculi sin., strabismus divergens ľavého oka

- N. trigeminus: Chvostek - nevýbavný
- N. facialis: úplná atrofia m. orbicularis oculi sinistri

Výšetrenie brušných a myotatických reflexov:

Horné končatiny:

- bicipitový (C5) – obojstranne výbavný; vľavo hyperreflexia a rozšírenie reflexnej zóny
- styloradiálny(C6) – výbavný ľavostranne
- pronačný (C6) - výbavný ľavostranne
- tricipitový (C7) - výbavný obojstranne
- flexorov prstov (C8) – nevýbavný obojstranne

Brucho:

- Epigastrický (Th7-8) – obojstranne výbavný
- Mezogastrický (Th9-10) – obojstranne výbavný
- Hypogastrický (Th11-12) – ľavostranne nevýbavný

Dolné končatiny:

- Patelárny (L2-L4) – obojstranne výbavný; vľavo hyperreflexia a rozšírenie reflexnej zóny
- Achillovej šlachy (L5-S2) – ľavostranne výbavný
- Medioplantárny (L5-S2) – ľavostranne výbavný

Výšetrenie spastických a paretických javov:

- Spastické javy:
 - pozitívne príznaky: Babinski, Rossolimo, Troemner, Hoffmann
- Paretické javy:
 - ľahká obrna EDK – kolísanie pri skúške Mingazzini

Výšetrenie čítia:

- Povrchové čítie: EHK a EDK: hypestézia, ale na bolesť a zmeny teplôt sú citlivejšie
- Diskriminačné čítie: (0/10) vľavo; (3/10) vpravo
- Teplo/Chlad: pacient od úrazu, neznáša chlad – zvyšuje spasticitu končatín

Wyšetrenie stoja a chôdze:

- Romberg:
 - I – s titubáciami, širšou bázou a externou rotáciou ľavej nohy
 - II, III – pacient nezvládne
- Wernicke-Mannova chôdza s typickou cirkumdukciou a eleváciou ľavej DK,

4.2.2 Kineziologický rozbor:

- **Hlava a krk:** Predsunuté držanie hlavy, normotonus horných častí trapézov
- **Horné končatiny:**
 - pravá končatina v norme (dominantná končatina)
 - ľavá končatina
 - aktívny pohyb len v ramennom kĺbe: elevácia so synkinézou lopatky a addukcia, chýba fixácia lopatky
 - typické Wernicke-Mannovo flekčné držanie LHK: addukčné držanie, lakeť vo flekčnom držaní a ruka v pronácii a flekčnom postavení zápästia,
 - spastický hypertonus;
 - výrazné svalové oslabenie a rozsah pohybu
 - pasívne je možné dosiahnuť: 85° abdukcie v ramennom pletenci so súhybom lopatky, plnú extenziu lakt'a, dorzálnu flexiu zápästia
- **Trup:** skoliotické držanie chrbtice s vybočením k pravej strane, výrazný paravetebrálny val v torakolumbálnej oblasti vľavo, anteverzný a šikmý sklon panvy vľavo vyššie
- **Dolné končatiny:**
 - pravá dolná končatina v norme
 - ľavá dolná končatina
 - hypotrofická, výrazné svalové oslabenie plantárnej a dorzálny flexie
 - skúška Mingazzini s jemným poklesom
 - rozsah pohybu LDK je v porovnaní s druhou dolnou končatinou takmer v norme; s obmedzením pohybu na konci pohybu do flexie v

kolene a bedrovom kĺbe

- dorzálna a plantárna flexia, možná len pasívne v rozsahu do 30°
- **Samoobsluha:**
 - Pacient zvláda väčšinu denných činností pravou rukou.

4.3 Navrhovaný rehabilitačný plán

4.3.1 Krátkodobý rehabilitačný plán

- Mäkké a mobilizačné techniky na oblasť bederného úseku chrbtice, hrudníka a lopatiek
- Cvičenie k uchovaniu rozsahu pohybov horných a dolných končatín
- Zvyšovanie rozsahu pohybu LHK (metodika PNF, cvičenie s palicou)
- Stabilizácia lopatky (využitie posteriórnej depresie metodiky PNF, Brunkow)
- Reedukácia chôdze bez/s použitím vychádzkovej palice vrátane edukácie správneho zapojenia HSS pri chôdzi.
- Prevencia pádov (senzomotorické cvičenie)
- Hydrokinezioterapia (s podmienkou hypertermnej procedúry) pre zmiernenie prejavov spasticity

4.3.2 Dlhodobý rehabilitačný plán

Cieľom je dosiahnutie čo najvyššieho stupňa samostatnosti. Tá je dôležitá pre opätovné získanie sebavedomia a istoty pacienta a pri výkone denných činností a koníčkov. Toto je zároveň esenciálne pre sociálnu interakciu.

- Kým na pacienta pôsobia pozitívne kúpeľné rehabilitačné pobyty je potrebné v nich pokračovať.
- Vhodné je upraviť domáce prostredie a doplniť vhodnými pomôckami uľahčujúcimi denné činnosti.
- V prípade nutnosti ambulantná starostlivosť pre liečbu aktuálnych ťažkostí.

5 DISKUSIA

Štúdiom vysokoindukčnej magnetickej stimulácie sa vedci zaoberajú už od roku 1985. Za týchto 29 rokov výskum a rozvoj tejto metódy napredoval míľovými krokmi, ale aj napriek tomu, ešte je čo vylepšovať. Pre konvenčné využitie tejto metódy je nevyhnutný ďalší výskum.

Ten by mal byť podrobnejší a objasňujúci princíp účinku tlmenia bolesti pomocou stimulácie primárnej motorickej kôry. Ďalej skúmajúce biotropné parametre jednotlivých aplikácií, ich krátkodobé a dlhodobé účinky na človeka. Vhodným spôsobom by bola dvojito zaslepená randomizovaná štúdia, kde vzorka pre každú skupinu by bola aspoň 100 subjektov, s porovnateľným vekovým priemerom skupín a s jednotnou diagnózou v skupine. Táto myšlienka je utopická a v našich podmienkach ju veľmi pravdepodobne nie je možné uskutočniť, ale cieľom je aspoň sa priblížiť k tejto myšlienke pokúsiť priblížiť.

Je pravdou, že už je využívaná na liečbu recidívujúcej depresie, bipolárnej afektívnej poruchy, schizofrénie a ďalších psychiatrických chorôb, no chýba výskum presného vplyvu parametrov na jednotlivé choroby.

Pre budúcnosť fyzioterapie je vývoj tejto metódy veľmi dôležitý, pretože pomocou transkraniálnej magnetickej stimulácie je možné dočasne zvýšiť plasticitu mozgu, či ovplyvniť interhemisferálnu inhibíciu, ktorá spôsobuje u pacientov po CMP zvýšenie útlmu postihnutej hemisféry, ktorej činnosť je už znížená kvoli vzniknutému postihnutiu.

Aplikáciou TMS môžeme túto nežiadajúcu inhibíciu znížiť pomocou inhibície intaktnej hemisféry alebo facilitáciou postihnutej hemisféry. Preto by bolo vhodné prepojiť rehabilitačné pracoviská s pracoviskami, ktoré aplikujú TMS, aby mohol byť tento facilitačný účinok využitý pre terapiu, čím sa podľa štúdií zaoberajúcich sa touto tematikou, progresia pacienta zvyšuje.

Periférna magnetická stimulácia pracuje na rovnakom princípe, ale jej aplikácia je oveľa jednoduchšia a bezpečnejšia. Výhodou je, že terapiu PMS, môže aplikovať a fyzioterapeut. Ide o časovo nenáročnú terapiu, ktorá je príjemná pre pacienta, je bezkontaktná čo je jej ďalším pozitívom. Rovnako ako pri transkraniálnej magnetickej

stimulácii, je nutné preskúmať jej princíp účinku, pretože aplikovať procedúru bez znalosti jej účinkov nie je práve „lege artis“. A preto je dôležité sledovať každý účinok terapie, popísaný pacientom, či už je pozitívnej a či negatívnej povahy. Aby sa predišlo jej nesprávnemu používaniu z nevedomosti a nepoškodilo sa zdravie pacienta.

6 ZÁVER

Vysokoindukčná magnetická stimulácia je sľubnou neinvazívnou metódou, ktorej aplikácia sa bude rozširovať. Transkraniálna magnetická stimulácia (TMS) poskytuje cenný diagnosticko-terapeutický nástroj, s ktorým by diagnostika porúch nervového systému mohla byť presnejšia spolu so stimuláciou porušených nervových dráh. Aplikáciu tejto metódy však môže prevádzkovať iba skúsený špecialista (neuroológ, psychiater, etc.), no jej výpovedná hodnota je pri správnom prevedení vysoká.

Narozdiel od TMS je aplikácia periférnej magnetickej stimulácie jednoduchšia a je podobná spôsobu aplikácie fyzikálnej terapie (distančnej elektroterapie).

Štúdie skúmajúce možnosti terapie vysokoindukčnou magnetickou stimuláciou neboli prevedené v dostatočnom rozsahu, aby ich výsledky mali všeobecnú platnosť. Aj napriek tomu sú v tejto práci spracované, lebo by mohli viesť k záujmu o ďalší výskum problematiky u nás.

7 SÚHRN

Táto práca sa venuje relatívne novej metóde z oblasti fyzikálnej terapie, metóde vysokoindukčnej magnetickej stimulácie. Vedci sa štúdiom tejto metódy zaoberajú od roku 1985 a doteraz nie je úplne jasný princíp účinku a dózovanie tejto terapie.

V kapitole o elektromagnetizme je všeobecne popísaný fyzikálny princíp pôsobenia elektromagnetickej indukcie na ľudský organizmus a fyzikálne jednotky súvisiace s magnetickým poľom, nevyhnutné pre pochopenie princípu pôsobenia magnetického poľa.

Hlavnú časť práce tvorí prínos poznatkov o vysokoindukčnej magnetickej stimulácii. Rozdeľuje sa transkraniálnu a periférnu magneticкую stimuláciu. Táto kapitola sa zaoberá rozdelením, možnosťami aplikácie, facilitačným a inhibičným účinkom jednotlivých aplikácií. Uvedený prehľad prístrojov dostupných na trhu spolu s ich parametrami. Obsahuje popis využitia metódy a popis jednotlivých parametrov (napr. MEP, CMCT, cSP, ...) využívaných pri výskume, diagnostike a terapii.

Ďalej sú uvedené aj príklady aplikácií, ktoré boli použité v štúdiách a prehľad indikácií, kontraindikácií a rizík pri jednotlivých aplikáciách. Posledné strany sú venované problematike tejto metódy vo fyzioterapii s prehľadom pracovísk, ktoré túto terapiu už v českej a slovenskej republike poskytujú.

8 SUMMARY

This work is devoted to the relatively new method in the field of physical therapy, the method of high powered magnetic stimulation. Scientists have been studying this method since 1985, but the principle of effects and dosing of this therapy have not been clear yet.

In the chapter of electromagnetism is generally described the physical principle of effects of electromagnetic induction on a human body and the physical units associated with the magnetic field, necessary for the understanding of the principles of the magnetic field.

The main part of the thesis is the contribution of knowledge of high powered magnetic stimulation. It is divided into peripheral and transcranial magnetic stimulation. This chapter deals with the sharing, options of application, facilitative and inhibitory effects of each application. It provides an overview of the equipment available at the market with their parameters. It contains a description of using of methods and a description of the parameters (eg. MEP, CMCT, cSP, ...) used in the research, diagnosis and therapy.

The following are also examples of applications that have been used in studies and an overview of the indications, contraindications and risks in each application. The last pages are devoted to the problem of this method in physiotherapy with an overview of departments where this therapy is already provided in The Czech and Slovak Republic.

9 REFERENČNÝ ZOZNAM

Ambler, Z. (2006). *Základy neurologie*. Praha: Galén Karolinum

Ambler, Z., Bednařík, J., Růžička, E., a kolektiv. (2008) *Klinická Neurologie část obecná*. Praha: Triton

Ambler, Z., Bednařík, J., Růžička, E., a kolektiv. (2008) *Klinická Neurologie část speciální*. Praha: Triton

Cohen, D. A., Freitas, C., Tormos, J. M., Oberman, L., Eldaief, M., & Pascual-Leone, A. (2010). Enhancing plasticity through repeated rTMS sessions: the benefits of a night of sleep. *Clin Neurophysiol.*, 121(12), 2159-2164. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2993057/pdf/nihms244817.pdf>

Freitas, C., Mondragón-Llorca, H., Pascual-Leone, A. (2011). Noninvasive brain stimulation in Alzheimer's disease: systematic review and perspectives for the future. *Exp Gerontol.*, 46(8), 611-627. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3589803/pdf/nihms290516.pdf>

Hamada, M., Terao, Y., Hanajima, R., Shirota, Y., Nakatani-Enomoto, S., Furubayashi, T., Matsumoto, H., Ugawa, Y. (2008). Bidirectional long-term motor cortical plasticity and metaplasticity induced by quadripulse transcranial magnetic stimulation. *J Physiol.*, 586(16), 3927-3947. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://jp.physoc.org/content/586/16/3927.full>

Harris Love, M. (2012). Transcranial Magnetic stimulation for the prediction and enhancement of rehabilitation treatment effects. *J Neurol Physiol.* 36, (2), 87-93.

Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://europepmc.org/articles/PMC3356568>

Chvojka, J. (2000). *Magnetoterapie v teorii a praxi*. Praha: Professional publishing

Kammer, T., Beck, S., Thielscher, A., Laubis-Herrmann, U., Topka, H. (2001). Motor thresholds in humans: a transcranial magnetic stimulation study comparing different pulse waveforms, current directions and stimulator types[Abstrakt]. *Clin Neurophysiol.*, 112(2), 250-258. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=11165526>

MagPro Coils. (n. d.)Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web:

<http://www.magventure.com/en-gb/products/coils.aspx>

Mally, J., Stone, T., W. (1999). Therapeutic and „Dose-Dependent“ Effect of Repetitive Microelectroshock Induced by Transcranial Magnetic Stimulation in Parkinson's Disease. *Journal of Neuroscience Research.* 57, 935-940.

Najib, U., Bashir, S., Edwards, D., Rotenberg, A., & Pascual-Leone, A. (2011). Transcranial Brain Stimulation: Clinical Applications and Future Directions. *Neurosurg Clin N Am.*, 22(2), 233-259. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3547606/pdf/nihms263566.pdf>

Neggers, S. F., Langerak, T. R., Schutter, D. J., Mandl, R. C., Ramsey, N. F., Lemmens, P. J., Postma, A. (2004). A stereotactic method for image-guided transcranial magnetic stimulation validated with fMRI and motor-evoked potentials[Abstrakt]. *Neuroimage*, 21(4), 1805-1817. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web:
<http://europepmc.org/abstract/MED/15050601>

Opavský, J. (2011). *Bolest v ambulanci praxi : od diagnózy k léčbě častých bolestivých stavů*. Praha : Maxdorf

Poděbradský, J., Poděbradská, R. (2010). Klinická studie vysokoindukčního elektromagnetického stimulátoru Salus Talent. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 3, 95-100.

Ramachandran, V. S., & Altschuler, E. L. (2009) The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain Journal of Neurology*, 132, (7), 1693-1710. Retrieved 1.2.2014 from World Wide Web: <http://brain.oxfordjournals.org/content/132/7/1693.full#cite-by>

Rossi, S., Hallett, M., Rossini, P. M., Pascual-Leone, A., & The Safety of TMS Consensus Group (2009). Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clin Neurophysiol.*, 120(12), 2008-2039. Retrieved 30.10.2013 from World Wide Web: <http://europepmc.org/articles/PMC3260536?pdf=render>

Salus Talent Pro (n. d.). Retrieved 1.4.2014 from World Wide Web: <http://remed.kr/products/pain-control/salus-talent-pro/>

Takeuchi, N., Izumi, S-H. (2013) Rehabilitation with Poststroke Motor Recovery: A review with a Focus on Neural plasticity. *Stroke Research and Treatment*, 2013
Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/128641>

Valero-Cabré, A., Pascual-Leone, A., Coubard, O., A. (2011). La stimulation magnétique transcrânienne (SMT) dans la recherche fondamentale et clinique en neuroscience. *Rev Neurol (Paris)*., 167(4), 291-316. Retrieved 1. 2. 2014 from World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3093091/pdf/nihms283958.pdf>

Treister, R., Lang, M., Klein, M. M., Oaklander, A. (2013). Non-invasive Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) of the Motor Cortex for Neuropathic Pain – At the tipping Point? *RamBam Maimonides Med J.* 4(4) e0023 Retrieved 1.2.2014 from World Wide Web: [http://www.rmmj.org.il/\(S\(nb0vlid0gsthgxx5cufu3in1\)\)/Pages/SearchResult.aspx](http://www.rmmj.org.il/(S(nb0vlid0gsthgxx5cufu3in1))/Pages/SearchResult.aspx)

10 ZOZNAM PRÍLOH

1. Príloha 1: Slovníček pojmov
2. Príloha 2: A screening standard questionnaire for rTMS candidates
3. Príloha 3: Cievky (obrazová príloha)
4. Príloha 4: Homunkulus(obrazová príloha)
5. Príloha 5: Periférna magnetická stimulácia: Prístroje

Príloha č. 1

Slovníček pojmov

- Active motor threshold – Aktívny motorický prah
- Electric Stimulation – Elektrická stimulácia
- Functional Magnetic Resonance Imaging – Funkčná magnetická rezonancia
- Resting motor threshold – Kľudový motorický prah
- Paired Associative Stimulation – Spojená párová stimulácia
- Peripheral Magnetic Stimulation – Periférna magnetická stimulácia
- Spinal Associative Stimulation – Spojená spinálna stimulácia
- Transcranial electric stimulation - Transkraniálna elektrická stimulácia
- Theta Burst Stimulation – Theta burst stimulácia
- Transcranial Magnetic Stimulation – Transkraniálna magnetická stimulácia
- Navigated TMS – Navigovaná TMS
- Patterned TMS – Patternová TMS
- Region of Interest – Oblasť záujmu (stimulačná oblasť)
- Repetitive TMS – Repetitívna TMS
- Short-latency afferent inhibition – Krátkodobá aferentná inhibícia
- Short-latency intercortical inhibition – Krátkodobá intrakortikálna inhibícia
- Silent period – Tichá perióda

Príloha č. 2: Dotazník pre kandidátov rTMS

A screening standard questionnaire for rTMS candidates

1. Do you have epilepsy or have you ever had a convulsion or a seizure?
2. Have you ever had a fainting spell or syncope? If yes, please describe in which occasion(s)
3. Have you ever had severe (i. e., followed by loss of consciousness) head trauma?
4. Do you have any hearing problems or ringing in your ears?
5. Are you pregnant or is there any chance that you might be?
6. Do you have metal in the brain/skull (except titanium)? (e.g., splinters, fragments, clips, etc.)
7. Do you have cochlear implants?
8. Do you have an implanted neurostimulator? (e.g., DBS, epidural/subdural, VNS)
9. Do you have a cardiac pacemaker or intracardiac lines or metal in your body?
10. Do you have a medication infusion device?
11. Are you taking any medications? (Please list)
12. Did you ever undergo TMS in the past?
13. Did you ever undergo MRI in the past?

(Rossi et al., 2009)

Príloha č. 3: Druhy cievok



Obrázok 1. Kruhovú cievku C-100
(MagPro Coils, (n. d.))



Obrázok 4. Dvojitú cievku C-B60
(MagPro Coils, (n. d.))



Obrázok 2. Kruhovú cievku s chladením
Cool-125 (MagPro Coils, (n. d.))



Obrázok 5. Dvojitú kónickú cievku D-B80
(MagPro Coils, (n. d.))

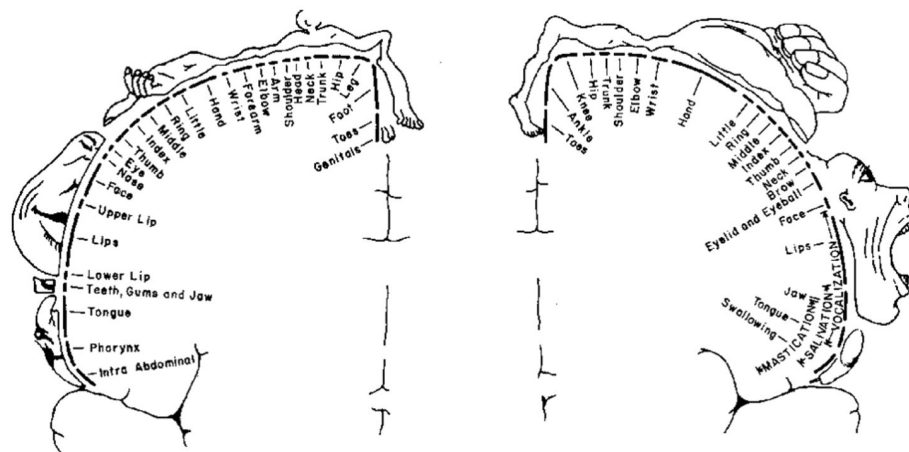


Obrázok 3. Parabolickú cievku MMC-90
(MagPro Coils, (n. d.))



Obrázok 6. Špeciálnu cievku R-T120
(MagPro Coils, (n. d.))

Príloha č. 4



Obrázok 7. Penfieldov senzoričný (vľavo) a motorický (vpravo) homunkulus (Ramachandran & Altschuler, (2009))

Príloha č. 5: Periférna magnetická stimulácia

Dvojkanálový prístroj kórejskej značky REMED

Výkon: 3 T.

Tvar stimulačného impulzu: symetrický bifázický

Dĺžka impulzu: 450 μ s

Maximálna frekvencia stimulácie: 100 Hz/100% výkone

Indikácie od výrobcu:

- ochorenia chrbtice
- postihnutie periférnych nervov
- muskuloskeletárne choroby
- pre rehabilitáciu svalov alebo nervov po fraktúre



Obrázok . Salus Talent Pro

(Salus Talent Pro, (n. d.)

Prístroj firmy MagVenture

Výkon: nie je uvedený.

Tvar stimulačného impulzu: bifázický

Maximálna frekvencia stimulácie: 100 Hz

Indikácie výrobcu:

- stimulácia centrálnych a periférnych nervov
- stimulácia svalstva



Obrázok . Mag Pro 100 (Mag Pro, (n. d.)