

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Veronika Kučerová

Vliv představy pohybu na svalovou aktivitu dolních končetin

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Marek Tomsa

Olomouc 2021

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Vliv představy pohybu na svalovou aktivitu dolních končetin

Název práce v AJ: Influence of motor imagery on muscle activity of lower limbs

Datum zadání: 31.1.2020

Datum odevzdání: 21.5.2021

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Autor práce: Bc. Veronika Kučerová

Vedoucí práce: Mgr. Marek Tomsa

Oponent práce: Mgr. Martina Jiráčková

Abstrakt v ČJ:

Úvod: Představa pohybu je dynamický kognitivní proces, který má potenciál zlepšit pohybové funkce v rámci rehabilitace i tréninku.

Cíl: Cílem práce bylo zhodnotit vliv představy pohybu na svalovou aktivitu distálních svalů DKK v situaci před a po realizaci daného pohybu. Dílčím cílem bylo ozřejmit změnu subjektivního hodnocení náročnosti představy v souvislosti se změnou svalové aktivity.

Metodika: Experimentálního měření se zúčastnilo 10 zdravých jedinců v průměrném věku 22,8 let ($\pm 3,8$), průměrné výšky 169,4 cm ($\pm 8,2$) a průměrné hmotnosti 67,3 kg ($\pm 13,2$).

Všichni probandi prokázali dobrou motorickou představivost podle MIQ-R. Svalová aktivita m. gastrocnemius medialis obou DKK byla snímána pomocí povrchové elektromyografie za použití telemetrických sensorů Trigno IMU/EMG (Delsys®, Boston, USA). Byla měřena svalová aktivita v klidu, při představě výstupu na schod před a po realizaci výstupu

a při realizaci výstupu na schod. Měření bylo opakováno pro obě DKK, kdy byla rozlišena dominantní a nedominantní DK. Po každé představě pohybu následovalo subjektivní hodnocení náročnosti představy probandem na škále 1-7 (1 – velmi obtížné, 7 – velmi snadné).

Výsledky: Nebyla pozorována signifikantní změna svalové aktivity distálních svalů DKK během představy pohybu před v porovnání s představou po realizaci daného pohybu. Signifikantní změna byla patrná ve změně hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu, kdy představa pohybu po jeho bezprostřední realizaci byla hodnocena jako subjektivně snazší. Nebyl prokázán statisticky významný vztah mezi změnou subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu a změnou svalové aktivity distálních svalů DKK.

Závěr: Svalová aktivita distálních svalů DKK při představě pohybu není ovlivněna předchozí realizací daného pohybu. Představa pohybu je vnímána jako subjektivně snazší v případě, že jí bezprostředně předchází realizace daného pohybu. Subjektivně vnímaná náročnost představy nesouvisí se svalovou aktivitou během představy.

Abstrakt v AJ:

Introduction: Motor imagery is a dynamic cognitive process, that has the potential to improve motor function in terms of rehabilitation or training.

Aim: The aim of this work was to evaluate the impact of motor imagery on muscle activity of distal leg muscles. Another aim was to describe the change of motor imagery vividness in connection with muscle activity.

Methods: 10 healthy young subjects participated in the experiment: the average age of 22,8 years ($\pm 3,8$), height 169,4 cm ($\pm 8,2$) and weight 67,3 kg ($\pm 13,2$). All of the participants exhibited good motor imagery vividness according to MIQ-R. Muscle activity of m. gastrocnemius on both legs was measured by surface electromyography with telemetric sensors Trigno IMU/EMG (Delsys®, Boston, USA). Muscle activity was examined for resting condition, for motor imagery situation and for physical activity for both, dominant and nondominant leg. Each motor imagery task was followed by subjective evaluation of motor imagery vividness of the participants on scale 1-7 (1 – very difficult, 7 – very easy).

Results: We did not observe any significant change in muscle activity during motor imagery before and after physical performance of the imagined task. We proved the change of subjective vividness of motor imagery, in which case the imagery task was easier after

movement realization. We failed to prove a connection between subjective vividness of motor imagery and muscle activity of distal leg muscles.

Conclusion: Muscle activity of distal leg muscles during motor imagery is not influenced by earlier physical performance of the imagined task. In case that the task is performed immediately before the imagery task, motor imagery is subjectively perceived to be easier. Subjective vividness has no connection with muscle activity during motor imagery.

Klíčová slova v ČJ: představa pohybu, svalová aktivita, elektromyografie

Klíčová slova v AJ: motor imagery, muscle activity, electromyography

Počet stran: počet stran 94/počet příloh 3

Dedikce

Tato práce vznikla za podpory grantu IGA_FZV_2020_007 „Vliv představy komplexního pohybu na svalovou aktivitu dolních končetin u zdravých jedinců“.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 23. května 2021

podpis

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala především vedoucímu mé práce Mgr. Markovi Tomsovi ze velmi ochotnou a příjemnou spolupráci. Také moc děkuji Mgr. Dagmar Tečové za pomoc se statistickým zpracováním dat.

Obsah

Úvod.....	11
1 Pohyb.....	13
1.1 Řízení pohybu.....	13
1.1.1 Teorie řízení pohybu	13
1.1.2 Proces řízení pohybu	16
1.1.3 Struktury zapojené do řízení pohybu	16
1.2 Motorické učení	17
1.3 Systém zrcadlových neuronů.....	17
2 Představa pohybu	19
2.1 Strategie představy pohybu	19
2.1.1 Kinestetická a vizuální strategie.....	19
2.1.2 Egocentrická a allocentrická strategie.....	21
2.1.3 Další možnosti strategie představy pohybu.....	21
2.2 Mozková aktivita během představy pohybu.....	21
2.2.1 Premotorická korová oblast.....	22
2.2.2 Primární motorická korová oblast	22
2.2.3 Suplementární motorická korová oblast.....	23
2.2.4 Parietální kortex	23

2.2.5	Bazální ganglia	24
2.2.6	Thalamus	24
2.2.7	Cerebellum	24
2.3	Kortikospinální excitabilita při představě pohybu.....	25
2.4	Aktivita autonomního nervového systému při představě pohybu	26
2.5	Svalová aktivita při představě pohybu.....	26
2.5.1	Hodnocení svalové aktivity	27
2.6	Hodnocení představy pohybu	28
2.6.1	Dotazníky	28
2.6.2	Mentální chronometrie	29
2.6.3	Mentální rotace.....	29
3	Využití představy pohybu v rehabilitaci	30
3.1	Praktická realizace	30
3.1.1	Trénink laterality	30
3.1.2	Zrcadlová terapie.....	31
3.1.3	Řízená vizualizace.....	31
3.1.4	Stupňovaná představa pohybu.....	32
3.1.5	Použití pomůcek.....	32
3.2	Představa pohybu v terapii konkrétních diagnóz.....	32

3.2.1	Cévní mozková příhoda	32
3.2.2	Parkinsonova choroba	33
3.2.3	Amputace	34
3.2.4	Ortopedické a traumatologické diagnózy.....	35
3.3	Využití představy pohybu u sportovců.....	35
4	Cíle a hypotézy.....	37
4.1	Cíle práce.....	37
4.2	Hypotézy.....	37
5	Metodika.....	39
5.1	Subjekty.....	39
5.2	Experimentální měření	39
5.3	Příprava měření EMG aktivity svalů	39
5.4	Průběh měření.....	40
5.5	Zpracování naměřených dat.....	41
5.5.1	Zpracování naměřených dat z povrchové EMG.....	41
5.5.2	Statistické zpracování naměřených dat	42
6	Výsledky.....	43
6.1	Vyjádření k hypotézám v souvislosti se statistickým vyhodnocením	45
7	Diskuze.....	49

7.1	Diskuze k výsledkům práce	50
7.1.1	Diskuze k hypotézám H1 ₀ a H1 _A ; H2 ₀ a H2 _A ; H3 ₀ a H3 _A ; H4 ₀ a H4 _A	50
7.1.2	Hypotézy H5 ₀ a H5 _A	53
7.1.3	Hypotézy H6 ₀ , H6 _A	55
7.2	Použití EMG ve vztahu k představě pohybu	56
7.3	Faktory ovlivňující představu pohybu	57
7.3.1	Vliv pozice při představě pohybu	57
7.3.2	Vliv strategie představy pohybu	58
7.3.3	Vliv věku a pohlaví na schopnost představy pohybu	59
7.3.4	Vliv patologických stavů na schopnost představy pohybu	60
7.4	Aplikace do praxe	60
7.5	Limity studie	61
	Závěr	63
	Referenční seznam	65
	Seznam zkratk	82
	Seznam obrázků	84
	Seznam tabulek	85
	Seznam příloh	86
	Přílohy	87

Úvod

Představa pohybu je unikátním dějem, který stojí na pomezí kognitivní a pohybové funkce. I přes velmi nízké nároky na realizaci základní představy pohybu má tato metoda vysoký potenciál zlepšit pohybové a kognitivní funkce, pozitivně ovlivnit bolestivé stavy a ve výsledku zvýšit kvalitu života.

Vzhledem k tomu, že ze své podstaty nevyžaduje provedení pohybu v představě aktivní a ani pasivní pohyb, je ideální volbou v případě, že je pohyb znemožněn trvale např. ztrátou končetiny, dočasně vlivem imobilizace nebo, jsou-li v důsledku poruchy řízení alterovány motorické funkce. Kromě rehabilitační péče má představa pohybu své místo také v tréninku zdravých jedinců a sportovců, kdy jejím vlivem dochází ke zlepšení výkonu. Zařazení představy pohybu do tréninkových plánů pomáhá také lépe zvládat případný stres při závodech a sportovních utkáních, což má také vliv na výsledný sportovní výkon.

Princip představy pohybu lze v terapii s ohledem na cíl aplikovat v různých modalitách. V práci budou popsány efekty rozdílných strategií představy pohybu a související komplexnější přístupy, jakým je např. zrcadlová terapie. Dále budou diskutovány také dílčí vlivy představy pohybu na jednotlivé části nervového a pohybového systému.

Cílem této práce je popsat vliv představy pohybu na svalovou aktivitu a také změnu svalové aktivity během představy pohybu v závislosti na tom, zda má jedinec s daným pohybem bezprostřední zkušenost. Kromě svalové aktivity je práce zaměřena také na subjektivní vnímání náročnosti představy pohybu s důrazem na to, jak se vnímaná náročnost změní po bezprostředním prožití daného pohybu. V rámci práce bude také zkoumána případná souvislost mezi změnou subjektivně vnímané náročnosti a změnou svalové aktivity.

Pro splnění cílů práce byly k vyhledávání odborných článků použity databáze PubMed, EBSCO, ProQuest a Google Scholar. Vyhledávány byly články publikované od 1.1.1990 do 1.5.2021. K vyhledávání v databázích byla použita klíčová

slova: představa pohybu, svalová aktivita, elektromyografie; respektive jejich anglické ekvivalenty: motor imagery, muscle activity, electromyography. Celkem bylo použito 106 odborných článků a studií v anglickém jazyce, 5 zahraničních a 3 české monografie. Jako vstupní literatura pro základní orientaci v problematice sloužily následující publikace:

AMBLER, Z. 2006. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén. ISBN 8072624334

ENOKA, R., M. 2015. *Neuromechanics of human movement*. Fifth edition. Champaign, IL: Human Kinetics, [cit. 2020-12-12] ISBN 978-1450458801

KOLÁŘOVÁ, B., STACHO, J., JIRÁČKOVÁ, M., KONEČNÝ, P. a NAVRÁTILOVÁ, L. 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 2., přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. [cit. 2021-02-23] ISBN 9788024454030

SHUMWAY-COOK, A. a WOOLLACOTT, M., H. 2012. *Motor control: translating research into clinical practice*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. [cit. 2021-02-17] ISBN 978-1608310180

VÉLE, F. 2006. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton. ISBN 80-7254-837-9

1 Pohyb

Pohyb hmotného objektu je výsledkem působení síly. Pro pohyb člověka je na rozdíl od pohybu neživého objektu typické, že se zdroj působící síly nachází ve vnitřním prostředí – v lidském těle. Dalším důležitým rozdílem je fakt, že lidský pohyb je cestou k dosažení určitého cíle. Aktivní pohyb je účelově řízen nervovou soustavou, která integruje podněty z vnitřního i vnějšího prostředí a s ohledem na psychické funkce uzpůsobuje pohyb tak, aby bylo vyhověno jeho účelu (Véle, 2006, s. 17).

O podstatu pohybu se zajímala řada významných osobností z různých oborů. První úvahy na toto téma se objevují již 300 let před našim letopočtem u Aristotela. Později se pohybem zabýval v 17. století Borelli, ve století 19. - 20. potom Marey, Sherrington a Bernstein. U těchto autorů se objevuje myšlenka, že na úrovni nervového systému a svalů existují jakési aktivační vzorce, jejichž funkce podléhá fyzikálním zákonům. Fyzikální zákony v podstatě udávají pravidla, na jejichž základě je pohyb generován (Enoka, 2015, s. 1).

1.1 Řízení pohybu

1.1.1 Teorie řízení pohybu

O řízení pohybu pojednává skupina teorií známých pod pojmem Teorie motorické kontroly. Podle autorek Shumway-Cook a Woollacott (2012, s. 8-16) do této skupiny patří teorie reflexní, teorie hierarchická, teorie motorických programů, teorie dynamických systémů a teorie prostředí. Zmíněné teorie se od sebe liší ve svém pohledu na problematiku řízení pohybu a každá z nich je určitým způsobem limitována. Jako nejideálnější se jeví kombinace komponent všech těchto teorií (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 16).

1.1.1.1 Reflexní teorie

Reflexní teorie pochází z počátku 20. století a jejím autorem je Charles Sherrington. Podle této teorie je komplexní pohyb výsledkem kombinace reflexních

pohybů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 8). Mezi tyto reflexní pohyby řadí autor flexi, nociceptivní flexi a zkříženou extenzi, které považuje za základ lokomoce. Podnětem vyvolávajícím tyto reflexní pohyby je exteroceptivní stimulace (Clarac, 2008, s. 16). Reflexní teorie má řadu nedostatků: 1. v případě volního pohybu nelze reflex považovat za základní prvek, neboť reflexní chování je aktivováno zevním činitelem; 2. jedinec je schopen pohybu i při absenci sensorických vjemů; 3. při rychlých komplexních pohybech, jež jsou sekvencí několika jednoduchých pohybů (a běžně se v rámci pohybového projevu vyskytují) prakticky není možné v potřebné rychlosti jednotlivé dílčí pohyby reflexně vyvolat; 4. teorie popírá, že konkrétní zevní stimul může vést k různým motorickým projevům (které vznikají v závislosti na cíli pohybu) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 9).

1.1.1.2 Hierarchická teorie

Podle hierarchické teorie se na řízení pohybu podílí více úrovní nervového systému tak, že vyšší úroveň je neprosto nadřazená úrovni nižší, a tyto úrovně se ve své funkci nijak nepřekrývají. Později byla tato teorie obohacena o poznatky vycházející ze Sherringtonovy teorie reflexní. Reflexní/hierarchická teorie motorické kontroly říká, že řízení pohybu vychází z reflexů, jež jsou zahrnuty do hierarchicky organizovaných struktur centrálního nervového systému (CNS). Nedostatkem této teorie je především fakt, že reflexně vyvolaný pohyb nelze vždy vůlí potlačit – tedy nižší úroveň řízení může dominovat nad vyšší úrovní (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 9-10).

1.1.1.3 Teorie motorických programů

Teorie motorických programů na rozdíl od starších teorií nepovažuje aktivitu CNS za převážně reaktivní a je zaměřena na fyziologii pohybu jako aktivity. Podle této teorie jsou motorické programy jako plány pohybu centrálně uloženy a jejich aktivita může být vyvolána buď zevním stimulem nebo právě centrálně, tedy nezávisle na zevním prostředí. V rámci této teorie se také objevuje pojem centrální generátory pohybu (CPG, central pattern generators). Jedná se o specifické neuronální okruhy řídící určité stereotypní rytmické pohyby, jež jsou realizovány bez nutnosti sensorické zpětné vazby (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 11-12). U lidí se CPG nacházejí především v lumbální oblasti

míchy a jsou uspořádány zvláště pro každou z dolních končetin. Jejich vliv se pravděpodobně nejvíce uplatňuje pro pohyb v proximálních kloubech, zatímco pohyb v distálních kloubech je během lokomoce více závislý na propiocepci (Dzeladini et al., 2014 in Minassian et al., 2017, s. 660). Kapacita CPG generovat rytmický lokomoční pohyb je souhrnem kombinací synchronní nebo naopak reciproční aktivace odpovědných svalů a svalových skupin (Minassian et al., 2017, s. 660). Nedostatkem teorie motorických programů je, že nezohledňuje účast pohybové periferie, a tedy ani její vliv na výsledný pohyb (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 11-12).

1.1.1.4 Teorie dynamických systémů

Nejkomplexnější pohled na řízení pohybu představuje Bernsteinova teorie dynamických systémů, která vychází z teorie motorických programů. Navíc ale zohledňuje biomechaniku pohybového systému a také vnější síly, které na jedince během pohybu působí. Z této teorie také vyplývá skutečnost, že výsledkem určitého centrálního příkazu není vždy jeden daný pohyb. Výsledný pohyb je souhrnem kooperace všech systémů – vnějších sil a všech vnitřních podmínek. Ze stejného důvodu může být také jednoho daného pohybu dosaženo různými centrálními příkazy (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 12-13). Bernstein popisuje také určité úrovně řízení pohybu, ovšem nejedná se o přísně hierarchické uspořádání jako v případě hierarchické teorie. Těmito úrovněmi jsou 1. úroveň tonu (nastavení pohybového aparátu do stavu schopného adekvátně reagovat na příkaz či stimul k pohybu); 2. úroveň synergie (redukce stupňů volnosti jednotlivých systémů tak, aby došlo přesně k žádoucímu pohybu); 3. úroveň prostoru (souvisí s vjemy z okolního prostředí); 4. úroveň aktivity (zodpovědná za uspořádání sekvence pohybů v rámci cíle) (Profeta a Turvey, 2018, s. 112-113).

1.1.1.5 Teorie prostředí

Teorie prostředí vznikla v 60. letech na podkladě psychologického poznatku, že motorický systém interaguje s okolím efektivněji, vykonává-li jedinec pohyb za určitým cílem. Tento přístup k řízení pohybu se jako první soustřeďuje na otázku, jakým způsobem je motorický projev ovlivněn prostředím, v němž se odehrává. Přínosem teorie

prostředí je především širší porozumění funkci nervového systému, která je významně ovlivněna percepcí z okolí (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 16).

1.1.2 Proces řízení pohybu

Podnětem k vykonání volního pohybu je emoce, kdy pohyb tělesných segmentů je prostředkem k dosažení cíle a uspokojení potřeby. Aktivita CNS má v tomto procesu dvojí charakter – stimulující charakter, jenž souvisí s touhou dosáhnout cíle, je modulován brzdícím, racionálním charakterem (Véle, 2006, s. 73).

Skutečnému provedení pohybu předchází tvorba motorického plánu – plánování pohybu. Aktivita neuronů především ve frontálním a parietálním laloku je detekována dříve, než dojde k aktivaci pohybové periferie. Během této doby „zpoždění periferie za CNS“ dochází k integraci vjemů z vnějšího prostředí a výběru vhodného motorického programu s ohledem na tyto vjemy a cíl pohybu (Svoboda a Li, 2018, s. 33).

K realizaci pohybu dále dochází prostřednictvím nižších úrovní CNS (spinální mícha), kdy příkaz k pohybu je z mozkové kůry veden kortikospinální dráhou k motoneuronu v předním míšním rohu (případně přes interneuron). Následuje přepojení na periferní nerv, který vede impuls k motorické ploténce, kde již dochází k realizaci svalové kontrakce, a tedy k pohybu (Ambler, 2006, s. 17-21).

1.1.3 Struktury zapojené do řízení pohybu

Svoboda a Li (2018, s. 35) sumarizují výsledky studií zkoumajících aktivní struktury mozku během procesu plánování pohybu. Jedná se o korové oblasti: primární motorickou korovou oblast, premotorickou korovou oblast, suplementární motorickou korovou oblast, frontální okohybné pole, parietální lalok; a mimokorové oblasti: striatum, colliculus superior, část talamu a mozeček.

1.2 Motorické učení

Motorické učení je proces vedoucí ke dlouhodobému zlepšení výkonu, jehož je dosaženo opakováním a cvikem. Výsledkem je efektivní provedení pohybu, které navíc působí „snadným“ dojmem. Programy pro specifické pohyby jsou uloženy v CNS a jsou známy pod pojmem engramy (Wenderoth, 2018, s. 155; Tonegawa, 2015, s. 101).

Motorické učení lze rozdělit na dva typy: získávání nových dovedností a adaptaci (Schmuelof et al., 2012 in Kitago a Krakauer, 2013, s. 93; Krakauer a Mazzoni, 2011).

Během adaptace reaguje motorický systém na změny podmínek vnějšího prostředí. Výsledkem je získání nové úrovně výkonu v novém nastavení. Příkladem je situace, kdy si člověk nasadí hranolové brýle a pokusí se sáhnout na určitý objekt. V tomto případě dochází k vychýlení mezi skutečnou a vizuálně vnímanou polohou objektu, což má za následek minulé cíle. Po zvládnutí adaptace na tuto novou podmínku (uvědomění, že cíl ani paže se ve skutečnosti nenacházejí tam, kde jsou viděny) dochází opět ke správnému splnění úkolu – člověk dosáhne cíle stejně jako před nasazením brýlí. Adaptaci lze tedy chápat jako vytvoření nového vztahu mezi již naučeným pohybem a cílem prostorově změněným (Kitago a Krakauer, 2013, s. 93).

Získávání nové dovednosti (např. jízda na kole, hraní tenisu) na rozdíl od adaptace vyžaduje tvorbu nových vzorců pro svalovou aktivaci. Během úspěšného naučení nové motorické dovednosti dochází ke zlepšování výkonu eliminací chyb bez snížení rychlosti pohybu (Kitago a Krakauer, 2013, s. 93).

1.3 Systém zrcadlových neuronů

Zrcadlové neurony jsou nervové buňky, jež se nacházejí v mozkové kůře, především v oblasti frontálního a parietálního laloku. K jejich aktivaci dochází v případě výkonu pohybu, ale stejným způsobem jsou zrcadlové neurony aktivní i při pozorování jiné osoby provádějící daný pohyb. Systém zrcadlových neuronů je zahrnut v procesu

porozumění činům ostatních lidí, a také je základem mechanismu učení pozorováním (Cattaneo a Rizzolatti, 2009, s. 557-558).

Zrcadlové neurony tvoří dva hlavní systémy: parieto-frontální zrcadlový systém (parietální lalok, premotorická korová oblast, kaudální část frontálního laloku) a limbický zrcadlový systém (insula a přední střední část frontálního laloku) (Cattaneo a Rizzolatti, 2009, s. 558). V závislosti na umístění se tyto systémy částečně liší ve své funkci: parieto-frontální systém souvisí s motorickou funkcí ruky – s úchopem a dosahovými aktivitami, zatímco limbický zrcadlový systém se účastní motorické kontroly obličeje, a tedy vyjadřování emocí pomocí mimiky (Ferrari et al., 2017, s. 300).

2 Představa pohybu

Představa pohybu je kognitivní proces, kdy si osoba pouze představuje, že vykonává určitý pohyb, aniž by ke skutečnému pohybu došlo (Jeannerod, 1995, s. 1419; Mulder, 2007, s. 1267; Guillot, 2012, s. 1). Jedná se o dynamický stav, během kterého je motorická aktivita pouze „vnitřně zobrazena“. Jinými slovy, představa pohybu vyžaduje vědomou aktivaci oblastí mozku, které jsou zahrnuty v procesu plánování pohybu i jeho následného provedení. Zároveň je nutná také vědomá inhibice svalové aktivity, aby ke skutečnému pohybu nedošlo (Lotze a Cohen, 2006 in Mulder, 2007, s. 1267).

2.1 Strategie představy pohybu

2.1.1 Kinestetická a vizuální strategie

Většina experimentů zabývajících se představou pohybu pracuje se strategií kinestetickou a vizuální (Guillot et al., 2012, s. 1; Mulder et al., 2007, s. 1268).

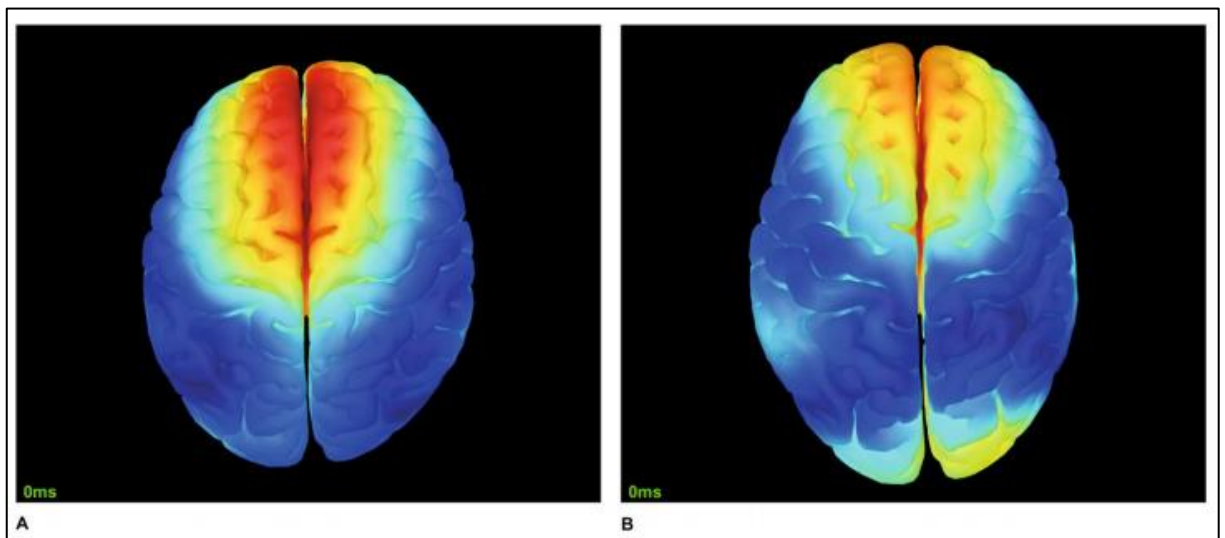
Vizuální strategie využívá představy obrazu pohybu z perspektivy první osoby (jako při pohledu do zrcadla) nebo třetí osoby (jedinec je divákem, který sleduje z vnějšího prostředí pohyb sebe sama nebo jiného člověka) – vizualizace (Guillot et al., 2012, s. 1). Strategie kinestetická vyžaduje prožití vlastního pohybu, uvědomění si využití síly a úsilí spojeného s daným pohybem (Callow a Waters, 2005 in Guillot et al., 2012, s. 1). Vlastní tělo je v rámci této strategie vnímáno jako generátor síly a tento vjem je z hlediska působení síly primární, pozornost tedy není upřena na efekt pohybu na prostředí, nýbrž na pohyb samotný (Jeannerod, 1994, s. 189).

Mozková aktivita během kinestetické strategie představy pohybu je podobná jako při realizaci skutečného pohybu. Mozek vyšle impuls pro svalovou kontrakci, který je v případě představy pohybu ve svém průběhu blokován inhibičními mechanismy, takže ke skutečnému pohybu nedojde. V rámci kinestetické strategie je tedy část procesu v podstatě totožná s provedením skutečného pohybu (Chholak et al., 2019, s. 1).

Kinestetická strategie je považována za užitečnější v rámci motorického učení (Mulder et al., 2007, s. 1268).

V případě vizuální strategie je výraznější aktivita v horní části parietálního laloku mozkové kůry, tedy v oblasti související se zrakem. Při strategii kinestetické jsou více aktivovány motorické oblasti. Z těchto poznatků vyplývá, že pro každou strategii je aktivita CNS rozdílná, a tedy každá z nich je při procesu motorického učení nebo při rehabilitačních postupech užitečná jiným způsobem. Strategii představy pohybu je tedy vhodné volit s ohledem na cíl terapie (Guillot et al., 2009, s. 2168-2169).

Rozdílná aktivita mozkové kůry (dvou jedinců, kdy jeden praktikoval kinestetickou a druhý vizuální představu pohybu) je znázorněna na Obrázku 1: během vizuální strategie představy pohybu je výraznější aktivita v okcipitální oblasti, zatímco kinestetická strategie se vyznačuje výraznou aktivitou premotorické oblasti (Chholak et al., 2019, s. 6-7).



Obrázek 1 Korová aktivita při kinestetické (A) a vizuální (B) představě pohybu (Chholak et al., 2019, s. 7)

2.1.2 Egocentrická a allocentrická strategie

Tyto pojmy použili Beauchet et al. (2018, s. 3), kdy je vztahují ke vnímání okolí během představy pohybu. Na příkladu představy chůze lze egocentrickou strategii chápat tak, že se jedinec soustřeďuje na změny okolního prostředí – „ubíhání krajiny“. Allocentrickou strategii používá při představě chůze tehdy, představuje-li si obraz sebe sama během chůze (Beauchet et al., 2018, s. 3).

Původně tyto pojmy souvisejí pravděpodobně spíše s určitou strategií motorické kontroly během lokomoce ve známém prostředí, než s představou pohybu (Wang, Chen a Knierim, 2020, s. 12; Mou et al., 2006, s. 1275).

2.1.3 Další možnosti strategie představy pohybu

Lebon et al. (2018, s. 2) doplňují ke kinestetické a vizuální strategii navíc haptickou strategii představy pohybu, kdy se osoba soustřeďuje na představu taktilního vjemu (dotek a tlak na prsty během představy úchopu předmětu).

Todo a Bunno (2016, s. 2) v rámci experimentu označili použité strategie představy pohybu vizuální, svalovou a senzoricou. Svalová strategie v podstatě odpovídá strategii kinestetické, ovšem klade důraz na představu kontrakce specifického svalu v rámci představy pohybu. Strategie senzoricá odpovídá výše zmíněné strategii haptické.

2.2 Mozková aktivita během představy pohybu

Během představy pohybu dochází k aktivaci oblastí mozku, které se podílejí na řízení pohybu (Neuper et al., 2005, s. 668-677; Jeannerod, 2001, s. 103-109; Crammond, 1997, s. 54-57). Představy pohybu se účastní především fronto-parietální oblast mozkové kůry, některé subkortikální struktury a také oblast mozečku (Chang et al., 2010, s. 366-372; Héту et al., 2013, s. 941).

Jednotlivé oblasti mozku se na procesu představy pohybu účastní odlišným způsobem v závislosti na strategii a kvalitě představy. Strategie související se senzoryckým vnímáním změny okolního prostředí během pohybu (vizuální) se vyznačuje výraznější aktivitou senzoryckých oblastí mozkové kůry. V rámci kinestetické strategie, kdy si osoba představuje pohyb vlastního těla, dochází k vyšší aktivitě motorických oblastí (Zabicki et al., 2019, s. 281).

Z hlediska korové aktivity se uplatňuje somatotopické uspořádání korových oblastí pro pohyb jednotlivých částí těla stejně, jako je tomu při skutečném pohybu. Toto tvrzení se opírá o studii Ehrssona et al. (2003, in Mulder, de Vries a Zijlstra, 2005, s. 344), v níž byla sledována korová aktivita při představě pohybů jazyka, prstů rukou a prstů nohou.

2.2.1 Premotorická korová oblast

Premotorická korová oblast se podobně jako v případě výkonu pohybu účastní také pohybu v představě. Tato oblast hraje důležitou roli při plánování, přípravě a výkonu volního pohybu. Provedení pohybu je časově stejně náročné jako provedení stejného pohybu v představě, z čehož lze usuzovat, že také děje v CNS si budou v těchto dvou situacích odpovídat. Skutečný pohyb je tedy stejně jako pohyb v představě nutné naplánovat, proto je při něm pozorována aktivita v premotorické korové oblasti (Héту et al., 2013, s. 941-942).

Podle Kim et al. (2018, s. 15) je výměna informací mezi premotorickou a primární motorickou kůrou během představy pohybu dokonce intenzivnější, než je tomu v případě skutečného pohybu.

2.2.2 Primární motorická korová oblast

Primární motorická korová oblast se účastní plánování a programování pohybu (Jeannerod, 1995, s. 1424), což je proces společný pro skutečný pohyb i pro pohyb v představě (Sharma et al., 2008, s. 97).

Hétu et al. (2013, s. 943) shromažďují ve své metaanalýze výsledky studií jak potvrzující, tak nepotvrzující aktivitu primární motorické oblasti při provádění pohybu v představě. Autoři připisují tento rozpor různé citlivosti různých použitých přístrojů ke snímání nervové aktivity – primární motorický kortex je podle nich tedy při představě pohybu aktivní.

Za použití funkční magnetické rezonance (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) byla srovnána aktivita premotorické korové oblasti při skutečném pohybu a při pohybu v představě. Při představě pohybu převládala aktivita anteriorní části, která je i z hlediska funkční anatomie zahrnuta v kognitivních procesech (Makary et al., 2017, s. 737). Jiní autoři (Munzert, Lorey a Zentgraf, 2009 in Kim et al., 2018, s. 2) obecně označují aktivitu primární motorické oblasti během představy pohybu za nižší ve srovnání s její aktivitou v rámci skutečného pohybu.

2.2.3 Suplementární motorická korová oblast

V průběhu představy pohybu je suplementární motorická oblast aktivní a přijímá informace z posteriorní části parietálního kortexu a dorso-laterální části prefrontálního kortexu stejným způsobem jako v případě skutečného pohybu. Kooperace mezi suplementární motorickou oblastí a primární motorickou oblastí je v případě pohybu v představě výraznější než při výkonu skutečného pohybu (Kim et al., 2018, 15). Naopak spojení suplementární motorické oblasti s primární motorickou oblastí je v případě představy pohybu v porovnání se skutečným pohybem zeslabeno, což odpovídá skutečnosti, že v případě představy k pohybu nakonec nedojde (Kasess et al., 2008, s. 835).

2.2.4 Parietální kortex

Parietální kortex je centrem pro senzoryckou integraci. Vysílá spoje do premotorické a primární motorické oblasti, čímž se významně účastní řízení pohybu. Důležitost parietálního kortexu pro řízení volního pohybu je zřejmá u pacientů s lézí v této oblasti: u těchto pacientů je patrný motorický deficit zejména, mají-li napodobit viděný pohyb nebo provést pohyb na verbální povel. Zároveň však nutně nevykazují jiný čistě senzorycký či motorický nedostatek. Pohyb v představě má minimální nároky

na zpracovávání vizuálních podnětů, aktivita parietálního kortexu tedy v tomto případě pravděpodobně nesouvisí s vizuálním vedením představovaného pohybu. Úloha této korové oblasti nejspíše souvisí s vyššími kognitivními a motorickými funkcemi. Má-li si pacient např. představit pohyb v rámci dosahové aktivity, parietální kortex pracuje s cílem tohoto pohybu – uchopení předmětu (Héту et al., 2013, s. 942).

V rámci představy pohybu byla opakovaně prokázána aktivita v posteriorní části parietálního laloku (Pilgramm et al., 2016, s. 91; Klaes et al., 2015, s. 15473; Hanakawa, Dimyan a Hallett, 2008, s. 2778)

2.2.5 Bazální ganglia

V bazálních gangliích se odehrává výběr vhodného motorického programu pro plánovaný pohyb. U pacientů trpících postižením bazálních ganglií (Parkinsonova choroba) se objevuje při volném pohybu mimo jiné bradykineze, analogicky těmto lidem trvá také déle provést pohyb v představě, z čehož vyplývá, že se tato struktura účastní představy pohybu (Heremans et al., 2011, s. 175). Aktivita bazálních ganglií během představy pohybu byla potvrzena také za použití fMRI (Chang et al., 2010, s. 366-372; Szameitat, Shen a Sterr, 2007, s. 706).

2.2.6 Thalamus

Thalamus je během představy pohybu trvale aktivní (Hardwick et al., 2018, s. 16) a vysílá informace do bazálních ganglií (Héту et al., 2013, s. 942).

2.2.7 Cerebellum

Při výkonu skutečného pohybu může cerebellum působit na motorický kortex jak facilitačně, tak inhibičně. Podle studie Cengize a Borana (2016, s. 159) převládá při pohybu v představě aktivita inhibiční, kdy aktivita Purkyňových buněk prostřednictvím ncl. dentatus působí tlumivě na motorický kortex.

Míra aktivity cerebella se pravděpodobně odvíjí od zkušenosti s představovaným pohybem. Chang et al. (2010, s. 366-370) takto interpretují výsledky studie, kde byla

zaznamenána aktivita cerebella při představě střelby z luku. U jedinců, kteří měli s tímto pohybem zkušenosti byla cerebellární aktivita nižší.

2.3 Kortikospinální excitabilita při představě pohybu

Kortikospinální excitabilita je měřena pomocí motorických evokovaných potenciálů (MEPs), které jsou reakcí na transkraniální magnetickou stimulaci (TMS) primární motorické oblasti mozkové kůry. Motorická kůra je stimulována v místě somatotopicky odpovědném za pohyb konkrétního segmentu, ze svalů vykonávajících tento pohyb jsou snímány MEPs (Yokota et al., 2018, s. 1). Amplitudy MEPs dosahují vyšších hodnot při skutečném pohybu v porovnání s pohybem v představě (Li, 2007, s. 523).

Ke zvýšení kortikospinální excitability oproti klidové hodnotě dochází jak při skutečném pohybu (Opplert, 2020, s. 1-14; Watanabe et al., 2018, s. 18), tak při pohybu v představě (Watanabe et al., 2018, s. 18; Yokota et al., 2018, s. 1-5; Fourkas et al., 2008, s. 2382). Z výsledku studie autorů Yokota et al. (2018, s. 1-5) vyplývá, že ke zvýšení kortikospinální excitability dochází kromě klasické kinestetické představy pohybu také při negativní představě pohybu. Negativní představa pohybu byla realizována jako „představa nepohybu“ specifikované části těla (konkrétně se jednalo o prst dominantní ruky a kotník). Ke zvýšení kortikospinální excitability došlo bez významného rozdílu v obou případech představy, odvíjí se tedy pravděpodobně spíše od koncentrace na určitý segment než od koncentrace na jeho pohyb.

Zvýšení kortikospinální excitability je výraznější s větší náročností pohybu, ať je prováděn reálně či v představě (Watanabe et al., 2018, s. 8).

Kortikospinální excitabilita se při pohybu v představě výrazněji zvyšuje u jedinců, kteří mají s tímto konceptem zkušenosti (Mokienko et al., 2013, s. 5). Zajímavý je výsledek studie autorů Fourkas et al. (2008, s. 2382-2390), jež byla zaměřena na kortikospinální excitabilitu profesionálních hráčů tenisu. Při představě pohybu

ve smyslu forehandu byla kortikospinální excitabilita výrazně vyšší než při představě pohybů souvisejících s jinými sporty (stolní tenis, golf).

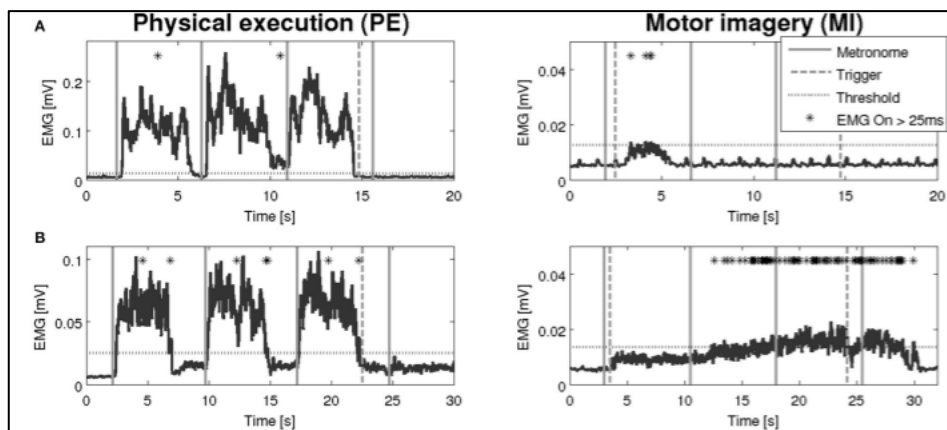
2.4 Aktivita autonomního nervového systému při představě pohybu

Přestože autonomní nervový systém (ANS) nemůže být přímo ovlivněn vůlí, byly při představě pohybu (pohyb chodidel) pozorovány určité změny srdeční činnosti (zvýšení tepu o 32-50 % oproti klidové hodnotě), zvýšení dechové frekvence a také nárůst parciálního tlaku CO₂ (Wuyam et al., 1995 in Lotze a Halsband, 2006, s. 387; Decety et al., 1991, 1993). Výrazná reakce ANS na představu pohybu vzniká pravděpodobně na základě procesu mozku, který je součástí motorického programu (Lotze a Halsband, 2006, s. 387).

2.5 Svalová aktivita při představě pohybu

Guillot et al. (2007, s. 20-25) prokázali svalovou aktivitu během představy pohybu za použití elektromyografie (EMG). Aktivita jednotlivých svalů odpovídala jejich aktivitě při skutečném provedení pohybu: při flexi v loketním kloubu byla zaznamenána pochopitelně aktivita agonistů, ale také antagonistů, synergicky pracujících svalů a svalů, jež mají pro daný pohyb stabilizační funkci. Navíc byla pozorována vyšší svalová aktivita při představě zvedání těžšího objektu, kdy závaží o hmotnosti 9 kg a 4 kg probandi nejdříve reálně zvedli, a následně prováděli stejný pohyb v představě.

Kobelt, Wirth a Schuster-Amft (2018, s. 1-13) pomocí EMG zaznamenali svalovou aktivitu svalů horní končetiny u zdravých jedinců při pohybu a při následné představě stejného pohybu (kinestetická strategie). Jednalo se o komplexní pohyb – v sedu u stolu uchopení sklenice jednou rukou a její přiložení k ústům (jako při pití). Byla měřena svalová aktivita u následujících svalů: m. deltoideus (pars clavicularis), m. biceps brachii, m. extensor digitorum a m. extensor carpi radialis. Obrázek 2 (s. 27) znázorňuje výsledky měření svalové aktivity m. deltoideus a m. flexor carpi radialis.



Obrázek 2 Srovnání svalové aktivity při pohybu (PE) a jeho následné představě (MI) A - m. deltoideus; B - m. flexor carpi radialis (Kobelt, Wirth a Schuster-Amft, 2018, s. 10, upraveno)

2.5.1 Hodnocení svalové aktivity

Pro realizaci svalové kontrakce musí dojít ke změně akčního potenciálu svalového vlákna, který se z motorické ploténky v průběhu kontrakce vláknem šíří. Podnětem ke vzniku akčního potenciálu je signál přivedený na motorickou ploténku motorickým nervem, který působí depolarizaci sarkolemy. Akční potenciál svalového vlákna je možné zaznamenat technikou EMG, která tedy podává informace o aktivaci svalu nervovým systémem (Kolářová et al., 2019, s. 79; Enoka, 2015, s. 204).

Relativně nenáročnou a také neinvazivní metodou zaznamenání svalové aktivity je povrchová elektromyografie (poly-electromyography, polyEMG). Bioelektrické signály jsou snímány povrchovými elektrodami přilepenými na kůži v oblasti svalu, jehož aktivita je měřena. Nejčastěji jsou aplikovány dvě elektrody (bipolární snímání) paralelně na průběh svalových vláken těsně vedle sebe, přibližně na střed svalového břicha. Každá z elektrod snímá elektrický potenciál aktivního svalu s různou fází, výsledkem je tedy potenciálový rozdíl. Výhoda bipolárního snímání je právě v tom, že eliminuje nežádoucí signály z okolí, neboť tyto dorazí k elektrodám se stejnou fází (Kolářová et al., 2019, s. 79).

2.6 Hodnocení představy pohybu

Schopnost představy pohybu lze hodnotit více způsoby, z nichž každý je zaměřen na jinou kvalitu. Pomocí samohodnotících dotazníků získáváme subjektivní informace o náročnosti představy pohybu, mentální chronometrie vypovídá o časové souvislosti mezi pohybem a jeho představou a hodnocení pomocí mentální rotace vypovídá o přesnosti představy pohybu (Malouin et al., 2008, s. 311).

2.6.1 Dotazníky

K hodnocení schopnosti představy pohybu byla vyvinuta řada dotazníků. Původní Movement Imagery Questionnaire (MIQ) od autorů Hall, Pongrac a Buckolz pochází z roku 1985. V rámci MIQ má testovaná osoba za úkol provést zadaný pohyb, a poté provést stejný pohyb v představě. Tuto představu provádí pro každý pohyb dvakrát tak, že použije jednu strategii kinestetickou a podruhé strategii vizuální. Pohybů je celkem devět, představ pohybu je tedy osmnáct. U každé z osmnácti představ testovaná osoba hodnotí její náročnost na škále od 1 do 7, přičemž 1 znamená, že představa pohybu byla velmi snadná, 7, že byla velmi obtížná. Roku 1997 provedli Hall a Martin v původním MIQ úpravy a představili Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R): byly odstraněny komponenty, jež byly testovanými pro svou složitost často vynechávány (z původních osmnácti na osm – čtyři kinestetické a čtyři vizuální představy) a došlo také ke změně hodnotící škály tak, že skóre je tím vyšší, čím je představa snazší (1 – velmi obtížná, 7 – velmi snadná). (Monsma et al., 2009, s. 1).

Testování pomocí MIQ-R má tedy osm komponent, kdy každá sestává ze čtyř fází: 1. testovaná osoba podle pokynů zaujme výchozí pozici; 2. je přesně popsán požadovaný pohyb, který osoba následně provede; 3. osoba opět zaujme výchozí pozici a je vyzvána, aby si právě provedený pohyb představila (je specifikováno, zda má použít kinestetickou či vizuální strategii představy pohybu); 4. osoba je vyzvána, aby na škále 1-7 ohodnotila náročnost představy (Guillot et al., 2007, s. 20).

Mezi další dotazníky pro hodnocení schopnosti představy pohybu patří Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) a jeho varianty KVIQ-20 a KVIQ-10. Další možností je Movement Imagery Questionnaire-Revised, Second

Edition (MIQ-RS), který byl vyvinut pro osoby s motorickým deficitem. Oba tyto dotazníky, KVIQ a MIQ-RS jsou určeny pacientům po prodělané cévní mozkové příhodě (CMP). Pohyby jsou prováděny vsedě, takže na rozdíl od MIQ-R (který je určen zdravým jedincům) je plnění pohybových úkolů snazší a pro pacienty bezpečné (Butler et al., 2012, s. 2).

2.6.2 Mentální chronometrie

Kromě dotazníků lze k hodnocení schopnosti představy pohybu použít metodu mentální chronometrie, která je založena na měření času potřebného k provedení pohybu v představě a ke skutečnému provedení stejného pohybu (Williams et al., 2015, s. 704). Jedním z kritérií kvalitní představy pohybu je schopnost jedince uskutečnit představu časově odpovídající skutečnosti (Liepert et al., 2020, s. 2). Výhodou mentální chronometrie je ve srovnání s dotazníky vyšší míra objektivity (Williams et al., 2015, s. 704).

Liepert et al. (2016, s. 910-911) k hodnocení schopnosti představy pohybu pomocí mentální chronometrie použili Box and Block Test (Mathiowtz et al., 1985 in Liepert et al., 2016, s. 910). Tento test je zaměřen na obratnost při pohybu horní končetinou. Pohyby byly testovanými nejprve vykonány v představě a následně reálně v zájmu eliminace vlivu motorického učení. Byla srovnána doba potřebná k vykonání pohybu v představě a ke skutečnému vykonání pohybu.

2.6.3 Mentální rotace

Mentální rotace je definována jako schopnost přesné a rychlé představy rotačního pohybu určitého dvourozměrného nebo trojrozměrného objektu (Shepard a Metzler, 1971 in Rahe, Ruthsatz a Quaiser-Pohl, 2020, s. 1).

Nishimura et al. (2020, s. 1000) realizovali test mentální rotace způsobem, kdy testovaná osoba obdržela najednou vždy dva obrázky trojrozměrného geometrického objektu. Úkolem bylo v časovém intervalu správně určit, zda se jedná o 1. rozdílné objekty, 2. totožné objekty rotované nebo 3. totožné objekty zrcadlově převrácené.

3 Využití představy pohybu v rehabilitaci

Nejsou známy žádné kontraindikace zařazení představy pohybu do rehabilitačního plánu. Jelikož tato metoda nevyžaduje fyzický pohyb, je ideální volbou pro pacienty, kteří právě pohybu nejsou z různých důvodů schopni (akutní stavy, pooperační stavy, neurologický deficit, imobilizace v rámci rehabilitace). Edukovaný pacient je schopen provádět trénink samostatně a bezpečně v rámci autoterapie (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2).

3.1 Praktická realizace

Existuje řada konkrétních aplikací pohybu v představě do terapie. Takovou terapii lze realizovat prostřednictvím tréninku laterality, zrcadlové terapie, nebo řízené vizualizace představy pohybu (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 4).

3.1.1 Trénink laterality

Trénink laterality je založen na principu mentální izochronie, který popisuje Mulder (2007, s. 1298), a který říká, že provedení skutečného pohybu a provedení stejného pohybu v představě si časově odpovídají.

Realizace tréninku laterality probíhá tak, že jsou pacientovi po jedné promítány fotografie rukou v různých pozicích. Pacient má za úkol co nejrychleji určit, zda se jedná o pravou nebo levou ruku (Amesz et al., 2016, s. 2). Náročnější variantou je promítnutí rotujícího obrazu ruky v určité pozici se stejným úkolem – v nejkratším možném čase správně určit, o kterou ruku se jedná (Mulder, 2007, s. 1268).

V případě rychle rotujícího obrazu je třeba ke splnění úkolu také delší čas. Zajímavější ovšem je, že vliv má i pozice promítané ruky. Je-li tato pozice neobvyklá nebo náročně proveditelná, potřebuje pacient k určení delší čas. Z toho vyplývá, že představa pohybu respektuje fyziologii biomechaniky. Dále lze na základě této skutečnosti říct, že pro správnou interpretaci pohybu jiného subjektu je důležité, aby byl interpretující jedinec schopen stejný pohyb sám provést (Parsons, 2001 in Mulder, 2007, s. 1268).

3.1.2 Zrcadlová terapie

Zrcadlová terapie (MT, Mirror therapy) byla původně využívána při rehabilitaci pacientů po amputacích. Zrcadlo je umístěno před pacienta do jeho sagitální roviny tak, že zakrývá postiženou (amputovanou) končetinu a zároveň odráží obraz zdravé končetiny. Obraz zdravé končetiny z pacientova pohledu simuluje končetinu postiženou, a vzniká tak iluze obou zdravých končetin. Při využívání MT dochází k reorganizaci neurálních okruhů v mozku, které jsou vlivem nových somatosenzorických vjemů nežádoucím způsobem změněny. Díky tomu, že pacient „nahrazuje postiženou končetinu obrazem zdravé“ je změněn somatosenzorický vstup z postižené oblasti, což působí facilitačně na přestavbu neurálních okruhů do jejich původní, fyziologické podoby (Wittkopf a Johnson, 2017, s. 1002).

Pozitivní efekt MT na motoriku, senzitivitu, bolest a úpravu vnímání vlastního těla v prostoru je využitelný také u stavů po CMP. Jednou z výhod této terapie je její využitelnost i při úplné plegii, neboť pohyb postižené končetiny není třeba (Gandhi et al., 2020, s.75).

Prakticky je využíváno pohybu v kombinaci s vizuální zpětnou vazbou – pacient provádí pohyb zdravou končetinou, sleduje odraz v zrcadle, a tak vnímá pohyb obou končetin. Kromě toho lze také přímo ovlivnit sensorický vstup: v tomto případě není použit odraz zdravé končetiny, ale její umělé náhrady. Terapeut zároveň dráždí (např. kartáčkem) postiženou končetinu za zrcadlem a stejným způsobem i umělou náhradu, zatím co pacient pozoruje odraz v zrcadle (Wittkopf a Johnson, 2017, s. 1002).

3.1.3 Řízená vizualizace

Pacient mála v rámci terapie za úkol sedět na židli se zavřenýma očima a co nejpřesněji si představit, že vykonává pohyb, který je popisován terapeutem, aniž by se pacient skutečně hýbal (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 4). V tomto případě je použita kinestetická strategie představy pohybu, kdy pacient prožívá představu pohybu vlastního těla (Mulder, 2007, s. 1268).

3.1.4 Stupňovaná představa pohybu

Stupňovaná představa pohybu (Graded motor imagery, GMI) je kombinací výše popsaného. Sestává ze tří fází, které jsou aplikovány postupně tak, že roste náročnost a komplexnost úkolů. Tímto způsobem se stupňuje i aktivita nervového systému. První fází je implicitní představa pohybu, která zahrnuje trénink lateralitu. Ve druhé fázi se využívá explicitní představy pohybu – tedy pacient si aktivně představuje svůj vlastní pohyb (řízená vizualizace). Třetí fáze je založena na zrcadlové terapii, kdy pacient nejprve pozoruje obraz zdravé končetiny a následně přechází k provádění aktivního pohybu postiženou končetinou (Polli et al., 2016, s. 15).

3.1.5 Použití pomůcek

Lepších výsledků je při představě pohybu dosaženo za použití pomůcek (jedná-li se o pohyb, ve kterém figuruje objekt). Pokud bychom například využívali představu mačkání pěnového míčku, je výhodné pacientovi při tréninku skutečně vložit míček do ruky. Za použití fMRI bylo zjištěno, že aktivita v dorzální oblasti prefrontálního kortexu a inferiorní oblasti lobus parietalis je za použití pomůcky vyšší ve srovnání s představou pohybu bez pomůcky. Zejména pro pacienty s nižší schopností představy pohybu je použití skutečných objektů cestou k efektivnější terapii (Mizuguchi et al. 2013, s. 5).

3.2 Představa pohybu v terapii konkrétních diagnóz

3.2.1 Cévní mozková příhoda

Cévní mozková příhoda (CMP) je celosvětově jedna z nejčastějších příčin úmrtí. Kromě toho je ale úplně nejčastější příčinou vzniku dlouhodobé disability. I v případě poskytnutí následné rehabilitační péče se 50–60 % pacientů potýká s přetrvávajícím motorickým deficitem, což především u starších pacientů často vede ke ztrátě samostatnosti (Tong et al., 2017, s. 364).

S aspektem samostatnosti úzce souvisí schopnost chůze. Rehabilitaci chůze s využitím představy pohybu u pacientů po CMP je věnována řada studií. Oostra et al. (2015, s 204-209) potvrdili, že klasický rehabilitační program je vhodné doplnit tréninkem představy pohybu (zde chůze). Po dobu šesti týdnů byl trénink zaměřen na dílčí kvality chůze – rychlost, délka kroku, symetrie kroků. V terapii byla využívána jak strategie kinestetická, tak vizuální, slovní vedení terapeuta a rytmické zvuky. Z výsledků studie vyplývá, že zařazení představy pohybu do rehabilitace chůze vede k významnému zvýšení rychlosti chůze.

Dalším závažným limitem samostatnosti je pro pacienty po CMP zhoršení funkce horní končetiny, které až u 75 % z nich působí snížení kvality života (Wolf et al., 2006 in Kim a Lee, 2015, s. 2289). Podobně jako v případě chůze se trénink představy pohybu ukázal jako vhodná metoda při spojení s klasickou rehabilitací. Tuto strategii ve své studii použili Kim a Lee (2015, s. 2289-2291), kdy trénink představy pohybu sestával z osmnácti úkonů v rámci běžných denních činností (aktivity daily living, ADL). Pacienti úkol v představě prováděli nejprve zdravou horní končetinou, aby získali správný obraz, poté stejným způsobem zapojili druhostrannou končetinu. Mezi prováděné aktivity patřilo např. pití ze sklenice, vytahování šňůry ze zásuvky, stříhání nůžkami, česání nebo vytahování karty z peněženky. Zvolené úkoly byly tedy jednak prakticky velmi využitelné a zároveň vyžadovaly zapojení celé horní končetiny od oblasti ramenního kloubu až po jemnou motoriku ruky. Po čtyřech týdnech tohoto rehabilitačního programu došlo u pacientů k výraznějšímu zlepšení funkce horní končetiny (hodnoceno pomocí Fügel-Meyer Assessment) v porovnání s kontrolní skupinou (Kim a Lee, 2015, s. 2289-2291).

3.2.2 Parkinsonova choroba

Parkinsonova choroba (PD, Parkinson's disease) je neurodegenerativní onemocnění, jež je typické chronicky progredujícími projevy jak motorického, tak nemotorického charakteru. Terapie tohoto onemocnění je symptomatická a kromě farmakologické a případné chirurgické léčby zahrnuje také rehabilitaci (Abbruzzese et al., 2016, s. 60).

Využití představy pohybu naráží na otázku, zda jsou pacienti schopni si pohyb skutečně představit. Lze totiž předpokládat, že degenerace bazálních ganglií, která negativně ovlivňuje schopnost plánovat pohyb má vliv také na představu pohybu. Z výzkumu srovnávajícího schopnost představy pohybu u parkinsoniků (v počátečním a středním stádiu) vzhledem ke zdravým jedincům jsou skutečně patrné rozdíly. Bradykineze, která je jedním z motorických projevů onemocnění se projevila i při představě pohybu – tedy samotná představa byla pro nemocné časově náročnější, než tomu bylo u zdravých jedinců. Podle autorů je tento jev způsoben adaptací nervového systému na skutečné motorické funkce jedince, jinak řečeno, představa pohybu trvá déle proto, že i samotný pohyb trvá déle. Nejedná se tedy o neschopnost sestavit mentální reprezentaci pohybu, a tedy může být představa pohybu vhodnou terapií pro pacienty trpící PD (Heremans et al., 2011, s. 168).

Instruování pacienti s PD mohou provádět trénink představy pohybu i v rámci domácí terapie, neboť se jedná o poměrně nenáročnou a také naprosto bezpečnou metodu. Terapie s využitím představy pohybu vede ke zlepšení motoriky, což nemocným usnadňuje ADL. Dále byl také pozorován příznivý vliv na zvládání tzv. freezingu a díky tomu i celkové lokomoce (Bek et al., 2019, s. 126).

3.2.3 Amputace

Amputace v oblasti dolní končetiny (DK) má bezprostřední výrazný dopad na pacientovu schopnost mobility, což se společně s dalšími faktory odráží ve snížení kvality života. Kvalita chůze je kromě chybění končetiny ovlivněna také změněným sensorickým vnímáním. Až 80 % pacientů po amputaci zaznamenává fantomové bolesti – vjem z oblasti amputované končetiny popisovaný jako „bodání, tepání, pálení a křeče“. Ztráta sensorického inputu společně s motorickou deprivací indukuje změny na úrovni mozkové kůry (reorganizace především senzomotorických oblastí). Tento jev se nazývá také maladaptivní plasticita (Saruco et al., 2019, s. 3).

Terapie založená na představě pohybu se ukázala jako efektivní cesta k redukci fantomových bolestí, zlepšení stability a chůze u pacientů s amputací v oblasti DK

(Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2-8). Stejně tak bylo pozitivních výsledků dosaženo v případě amputace v oblasti HK (Limakatso et al., 2019, s. 23).

3.2.4 Ortopedické a traumatologické diagnózy

Rehabilitační program založený na kombinaci konvenční rehabilitace a představy pohybu vedl u pacientů po totální náhradě kolenního kloubu k lepším výsledkům ve srovnání se samotnou konvenční rehabilitací. Po měsíci od operace dosahovali pacienti v experimentální skupině vyšší svalové síly pro extenzi operovaného kolene, obecně vyšší síly svalů obou dolních končetin a výrazně se u nich zlepšila také rychlost chůze (a to i v případě dual-task) (Paravlic et al., 2019, s. 15).

Pozitivních výsledků bylo zařazením představy pohybu do rehabilitačního programu dosaženo také u pacientů po totální náhradě kyčelního kloubu. Po dvou měsících od operace došlo v porovnání s kontrolní skupinou k výraznějšímu zlepšení výsledků Timmed Up and Go Testu (TUG), rychlosti chůze (i v případě dual-task). Zlepšil se také jejich kognitivní výkon během chůze nebo během balančního úkolu (Marusic et al., 2018, s. 7).

U pacientů po fraktuře distálního radia došlo za použití stupňované představy pohybu společně s konvenčním rehabilitačním postupem ke zmírnění bolesti, zvýšení síly stisku ruky a zlepšení funkce horní končetiny (Dilek et al., 2018, s. 4-6).

3.3 Využití představy pohybu u sportovců

Zařazení představy pohybu do tréninkového programu obecně vede ke zlepšení výkonu (Yu et al, 2016, s. 217; Rozand et al., 2014, s. 1981; Oishi a Maeshima, 2004, s. 170). Jako nejefektivnější forma tréninku se ukazuje realizace skutečného pohybu doplněná o pohyb v představě (Mizuguchi et al., 2012, s. 107). Ze své podstaty je pohyb provedený v představě v porovnání se skutečným pohybem energeticky velmi nenáročný. Samotná představa pohybu nehrozí vznikem svalové únavy, a také kombinace představy

pohybu a skutečného pohybu v rámci tréninku vyvolává nižší únavu než trénink založený pouze na skutečném pohybu (Rozand et al., 2014, s. 1988).

V případě vrcholových sportovců může dojít ke snížení výkonu vlivem stresu, který provází důležité závody nebo utkání. Zařazení představy pohybu do tréninku je za těchto okolností užitečným nástrojem. Prakticky je s využitím virtuální reality jedinci umožněno „nanečisto opakovaně prožívat závod“, což dlouhodobě vede k eliminaci autonomní stresové reakce, která by jinak měla potenciál snížit sportovní výkon (Oishi a Maeshima, 2004, s. 177)

4 Cíle a hypotézy

4.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit, zda má na svalovou aktivitu během představy pohybu vliv skutečnost, že jedinec vykonává v představě pohyb, jež bezprostředně před samotnou představou realizoval. Svalová aktivita byla hodnocena s ohledem na stranovou dominanci ve dvou situacích: 1. aktivita fázické DK při výstupu na schod; 2. aktivita stojné DK při výstupu na schod. Dílčím cílem práce bylo popsat změny subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu, a také nalézt případnou souvislost těchto změn se svalovou aktivitou.

4.2 Hypotézy

S ohledem na cíle práce byly stanoveny následující hypotézy:

- H1₀ Při představě výstupu na schod dominantní dolní končetinou se svalová aktivita dominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění.
- H1_A Při představě výstupu na schod dominantní DK se liší svalová aktivita dominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu.
- H2₀ Při představě výstupu na schod nedominantní dolní končetinou se svalová aktivita nedominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění.
- H2_A Při představě výstupu na schod nedominantní DK se liší svalová aktivita nedominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu.
- H3₀ Při představě výstupu na schod dominantní dolní končetinou se svalová aktivita nedominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění.
- H3_A Při představě výstupu na schod dominantní DK se liší svalová aktivita nedominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu.
- H4₀ Při představě výstupu na schod nedominantní dolní končetinou se svalová aktivita dominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění.

- H4_A Při představě výstupu na schod nedominantní DK se liší svalová aktivita dominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu.
- H5₀ Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu se neliší při představě daného pohybu před a po jeho realizaci.
- H5_A Hodnocení subjektivní náročnosti pohybu se liší při představě daného pohybu před a po jeho realizaci.
- H6₀ Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu před a po jeho realizaci nesouvisí se svalovou aktivitou v odpovídajících situacích.
- H6_A Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu před a po jeho realizaci má souvislost se změnami svalové aktivity v odpovídajících situacích.

5 Metodika

5.1 Subjekty

Experimentálního měření k praktické části diplomové se zúčastnilo 10 probandů (9 žen a 1 muž) v průměrném věku 22,8 let ($\pm 3,2$). Průměrná výška probandů byla 169,4 cm ($\pm 8,2$) a průměrná hmotnost 67,3 kg ($\pm 13,2$). Před zahájením měření byli probandi poučeni o průběhu celého měření a následně podepsali informovaný souhlas (Příloha 1, s. 87).

Vstupním kritériem pro účast probandů na měření byla dobrá kognitivní a komunikační schopnost, která podmiňuje schopnost představy pohybu. Podmínkou pro zařazení do experimentální části práce bylo dosažení minimálního skóre 3,5 ze sedmistupňové škály MIQ-R dotazníku (Příloha 2, s. 89). Z testování byli vyloučeni jedinci s přítomností akutního onemocnění včetně jedinců s klinickými projevy onemocnění Covid-19, dále jedinci po nedávných ortopedických zákrocích, jedinci s bolestivými stavy v oblasti dolních končetin, jedinci s neurologickou nebo kognitivní poruchou. U žen byla za vylučující kritérium považována také gravidita. Za důvod k vyloučení byly také považovány kožní defekty v místě aplikace elektrod.

5.2 Experimentální měření

Experimentální měření bylo uskutečněno 1. února 2021 v prostorách teoretického ústavu Fakulty zdravotnických věd. Během měření byla dodržena všechna univerzální hygienická nařízení. V místnosti byla v průběhu měření stálá teplota a také ticho, aby se probandi mohli plně soustředit na představu a vykonávání pohybu. Experimentální měření bylo schváleno Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci.

5.3 Příprava měření EMG aktivity svalů

Před aplikací sensorů byla kůže v místě aplikace očištěna a vydezinfikována. Bříška měřených svalů byla vypalována při submaximální izometrické kontrakci, do středu svalového bříška byly poté nalepeny sensory. Konkrétními snímanými svaly

byly m. gastrocnemius medialis pravé a levé DK. Sensory byly lepeny paralelně a průběh svalových vláken tak, aby šipka na nich směřovala kraniálně. Byly použity telemetrické sensory Trigno IMU/EMG (Delsys®, Boston, USA), které byly na konkrétní svaly umístěny podle SENIAM guidelines.

5.4 Průběh měření

Před zahájením vlastního měření byl každý proband poučen o průběhu měření a následně vyplnil dotazník MIQ-R (Příloha 2, s. 89). Před hodnocením mentálních úloh v dotazníku byl probandovi pohyb nejprve názorně předveden a potom byl proband slovně instruován k realizaci daného pohybu. Následovala kinestetická či vizuální představa tohoto pohybu. Obtížnost představy pohybu bezprostředně po jejím provedení proband ohodnotil na škále 1-7 (Příloha 3, s. 93). Součástí hodnotícího dotazníku byly také osobní údaje včetně údajů o dominantní DK.

Po aplikaci sensorů na obě DKK bylo provedeno celkem 10 měření v rámci různých situací – 5 shodných situací pro každou DK zvlášť. Každá ze situací byla měřena po dobu 30 s.

1. Měření – Klidová aktivita

Vleže na zádech byla snímána klidová aktivita svalů pravé DK. Proband měl v průběhu měření zavřené oči a dostal za úkol v duchu zpívat „Hodně štěstí, zdraví“, aby se nesoustředil na následující pohyb.

2. Měření – Aktivita při představě pohybu

Proband zůstal ve stejné pozici jako při snímání klidové aktivity. Úkolem probanda bylo představovat si výstup na schod pravou DK stále dokola. Před zahájením představy si proband mohl prohlédnout schod, na který měl v představě vystupovat. Představa pohybu byla realizována při zavřených očích. Po uplynutí doby 30 s proband hodnotil subjektivní náročnost představy výstupu (obdobně jako při vyplňování MIQ-R dotazníku).

3. Měření – Aktivita při výstupu na schod

V této situaci byla snímána svalová aktivita pravé DK při fyzickém vykonání výstupu na schod pravou DK, kdy proband po dobu 30 s stále dokola na schod vystupoval a sestupoval. Před zahájením měření si mohl výstup a sestup vyzkoušet.

4. Měření – Klidová aktivita

Po měření aktivity při fyzickém pohybu následovalo opět měření klidové aktivity pravé DK. Při tomto měření byly zachovány stejné podmínky jako v případě 1. měření – pozice vleže na zádech, zavřené oči a zpívání „Hodně štěstí, zdraví“ v duchu.

5. Měření – Aktivita při představě pohybu

Stejně jako v případě 2. měření měl proband za úkol představovat si opakovaný výstup na schod pravou DK – tedy pohyb, který reálně vykonával v rámci 3. měření. Měření probíhalo opět vleže na zádech při zavřených očích. Po uplynutí 30 s měl proband opět za úkol zhodnotit subjektivní náročnost představy pohybu.

Měření všech pěti situacích bylo za stejných podmínek bezprostředně zopakováno pro levou DK. Pořadí měřených končetin bylo v rámci výzkumného souboru randomizováno.

5.5 Zpracování naměřených dat

5.5.1 Zpracování naměřených dat z povrchové EMG

V programu EMGworks®Analysis byl zpracovaný EMG signál, byl vybrán surový záznam v časovém úseku 1-30 s. Po rektifikaci, která slouží ke snížení výskytu negativních hodnot EMG záznamu, bylo provedeno vyhlazení záznamu pomocí střední kvadratické hodnoty (root mean square, RMS). Pro RMS byla nastavena velikost okna 0,125 s a překrytí okna 0,025 s. Získaná data byla následně importována do programu Microsoft Office Excel, kde došlo ke generaci číselných hodnot pro jednotlivé měřené situace, jejich zprůměrování a vypočítání relativních hodnot.

Ke statistickému vyhodnocení byla použita data: 1. ze svalové aktivity při představě pohybu před realizací tohoto pohybu (Měření 2); 2. ze svalové aktivity při představě bezprostředně po jeho realizaci (Měření 5). Průměrná hodnota pro každého probanda byla normalizována vzhledem ke klidové aktivitě (Měření 1).

5.5.2 Statistické zpracování naměřených dat

Pro statistické zpracování dat byl použit program STATISTICA (verze 13.4.0.14). Nejdříve byla ověřena normalita naměřených dat pomocí Shapiro-Wilkova testu, kde hranice normality byla stanovena jako $p > 0,05$. Pro hodnoty k hypotézám H1 a H2 bylo rozložení dat stanoveno jako normální, u hypotéz H3 a H4 nebylo zjištěno normální rozložení dat, proto se lišil další postup statistického zpracování. Ke zpracování dat k hypotézám H1 a H2 byl použit párový t-test, pro hypotézy H3 a H4 potom neparametrický Wilcoxonův test. Rozložení dat pro hypotézu H5 a H6 bylo za použití Shapiro-Wilkova testu stanoveno jako normální, k jejich zpracování byl tedy použit párový t-test. Hladina signifikance byla vždy stanovena pro $p < 0,05$.

6 Výsledky

V následujících tabulkách (Tabulka 1, Tabulka 2) jsou uvedeny hodnoty svalové aktivity m. gastrocnaemius medialis při představě pohybu před a bezprostředně po jeho reálném vykonání. Tabulka 1 se vztahuje ke svalové aktivitě té DK, která při výstupu na schod plní převážně fázickou funkci, odpovídá tedy hypotézám H1 a H2. V Tabulce 2 je potom znázorněna aktivita DK, již v rámci výstupu na schod označujeme jako stojnou, vztahuje se tak k hypotézám H3 a H4₀. V každé situaci je rozlišena dominance DKK.

Tabulka 1 Základní popisná statistika pro svalovou aktivitu fázické DK při představě pohybu výstupu na schod

	X	Med	SD
1 N GCM	0,944065	0,982344	0,138924
2 N GCM	0,900095	0,915631	0,185369
1 D GCM	0,961164	0,988800	0,079263
2 D GCM	0,805890	0,911845	0,352211

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, N GCM – m. gastrocnaemius medialis nedominantní DK, D GCM – m. gastrocnaemius medialis dominantní DK, X – průměr, Med – medián, SD – směrodatná odchylka

Tabulka 2 Základní popisná statistika pro svalovou aktivitu stojné DK při představě pohybu výstupu na schod

	X	Med	SD
1 N GCM	0,989845	0,982258	0,064317
2 N GCM	2,578926	0,929650	5,334944
1 D GCM	0,895501	0,920866	0,108739
2 D GCM	1,013480	0,828950	0,851309

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, N GCM – m. gastrocnaemius medialis nedominantní DK, D GCM – m. gastrocnaemius medialis dominantní DK, X – průměr, Med – medián, SD – směrodatná odchylka

Následující tabulka (Tabulka 3) se vztahuje k hypotéze H5 a znázorňuje hodnoty získané subjektivním hodnocením náročnosti představy pohybu probandy bezprostředně po provedení dané představy. Náročnost byla hodnocena na škále 1-7 (1 – velmi náročná, 7 – velmi snadná).

Tabulka 3 Základní popisná statistika pro subjektivní hodnocení náročnosti představy pohybu

	X	Med	SD
1 D DK	3,40	3,50	0,967
2 D DK	4,60	5,00	0,52
1 N DK	3,30	3,50	1,06
2 N DK	4,30	4,50	0,82

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, D DK – dominantní dolní končetina, N DK – nedominantní dolní končetina, X – průměr, Med – medián, SD – směrodatná odchylka

6.1 Vyjádření k hypotézám v souvislosti se statistickým vyhodnocením

Hypotézu **H1₀** „Při představě výstupu na schod dominantní dolní končetinou se svalová aktivita dominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H1_A** „Při představě výstupu na schod dominantní DK se liší svalová aktivita dominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu“ zamítáme, neboť svalová aktivita před a po realizaci pohybu se signifikantně neliší.

Hypotézu **H2₀** „Při představě výstupu na schod nedominantní dolní končetinou se svalová aktivita nedominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H2_A** „Při představě výstupu na schod nedominantní DK se liší svalová aktivita nedominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu“ zamítáme, neboť svalová aktivita před a po realizaci pohybu se signifikantně neliší.

Hypotézu **H3₀** „Při představě výstupu na schod dominantní dolní končetinou se svalová aktivita nedominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H3_A** „Při představě výstupu na schod dominantní DK se liší svalová aktivita nedominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu“ zamítáme, neboť svalová aktivita před a po realizaci pohybu se signifikantně neliší.

Hypotézu **H4₀** „Při představě výstupu na schod nedominantní dolní končetinou se svalová aktivita dominantní DK před a po realizaci daného pohybu nemění“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H4_A** „Při představě výstupu na schod nedominantní DK se liší svalová aktivita dominantní DK v situaci před a po realizaci daného pohybu“ zamítáme, neboť svalová aktivita před a po realizaci pohybu se signifikantně neliší.

Hypotézu **H5₀** „Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu se neliší při představě daného pohybu před a po jeho realizaci“ zamítáme, protože rozdíl mezi subjektivním hodnocením představy pohybu před a po jeho bezprostředním vykonání byl signifikantní jak pro dominantní DK ($p=0,011719$), tak pro nedominantní DK ($p=0,007686$).

Hypotézu **H5_A** „Hodnocení subjektivní náročnosti pohybu se liší při představě daného pohybu před a po jeho realizaci“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H6₀** „Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu před a po jeho realizaci nesouvisí se svalovou aktivitou v odpovídajících situacích“ nelze zamítnout.

Hypotézu **H6_A** „Hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu před a po jeho realizaci má souvislost se změnami svalové aktivity v odpovídajících situacích“ zamítáme.

Data v Tabulce 4 se vztahují k hypotézám H1 a H2. Je zde znázorněna svalová aktivita fázické DK při představě výstupu na schod. Srovnání svalové aktivity před skutečnou realizací výstupu a po jeho provedení se pro fázickou DK neukazuje jako statisticky významné ($p > 0,05$), přesto je zřejmý trend poklesu svalové aktivity v situaci, kdy si proband představuje pohyb, s nímž má bezprostřední zkušenost. Situace se neliší v závislosti na dominanci (H1) nebo nedominanci (H2) DK.

Tabulka 4 Změny svalové aktivity fázické DK při představě pohybu před a po jeho realizaci

	X	SD	p		X	SD	p
1 D GCM	0,961164	0,079263	0,144160	1 N GCM	0,944065	0,138924	0,354632
2 D GCM	0,805890	0,352211		2 N GCM	0,900095	0,185369	

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, N GCM – m. gastrocnaemius medialis nedominantní DK, D GCM – m. gastrocnaemius medialis dominantní DK, X – průměr, SD – směrodatná odchylka

Obdobně Tabulka 5 odpovídá hypotézám H3 a H4. Vzhledem k tomu, že rozložení dat pro tyto hypotézy se za použití Shapiro-Wilkova testu neukázalo jako normální, byl ke statistickému zpracování použit neparametrický Wilcoxonův test. Z hodnot $p > 0,05$ je patrné, že ani v případě stojné DK se svalová aktivita během představy výstupu na schod v situaci před a po skutečné realizaci významně neliší. Signifikantního rozdílu hodnot svalové aktivity není dosaženo v případě dominantní (H3) ani nedominantní (H4) DK.

Tabulka 5 Změny svalové aktivity stojné DK při představě pohybu před a po jeho realizaci

	p		p
1 D GCM & 2 D GCM	0,114129	1 N GCM & 2 N GCM	0,114129

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, N GCM – m. gastrocnaemius medialis nedominantní DK, D GCM – m. gastrocnaemius medialis dominantní DK

Tabulka 6 srovnává pomocí neparametrického Wilcoxonova testu výstup ze subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu v situaci před a bezprostředně po jeho reálném vykonání, odpovídá tedy hypotéze H5. Z tabulky je patrné, že subjektivně vnímaná náročnost představy pohybu se sníží po realizaci tohoto pohybu – tedy proband vnímá jako snazší představu pohybu, se kterým má bezprostřední zkušenost. Signifikantní změna subjektivního hodnocení se ukazuje jak v případě výstupu dominantní ($p=0,01$), tak i nedominantní ($p=0,001$) DK.

Tabulka 6 Změny subjektivního hodnocení náročnosti pohybu před a po jeho realizaci

	p		p
Představa 1 D DK & 2 D DK	0,011719	Představa 1 N DK & 2 N DK	0,007686

Legenda: 1 – představa před realizací pohybu, 2 – představa po realizaci pohybu, D DK – dominantní dolní končetina, N DK – nedominantní dolní končetina

Tabulka 7 se vztahuje k hypotéze H6, tedy výzkum souvislosti mezi změnou svalové aktivity a změnou subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu. K tomu to srovnání byly využity hodnoty svalové aktivity fázické DK při představě pohybu. Z hodnot $p > 0,05$ je patrné, že bez ohledu na stranovou dominanci DKK subjektivně vnímaná náročnost představy významně nesouvisí se svalovou aktivitou.

Tabulka 7 Vztah změny subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu a změny svalové aktivity

D DK	p	N DK	p
Změna představy & změna aktivity	0,872271	Změna představy & změna aktivity	0,266224

Legenda: D DK – dominantní DK, N DK – nedominantní DK

7 Diskuze

Vliv představy pohybu na zlepšení pohybových funkcí byl v minulosti opakovaně prokázán jak v rámci rehabilitační péče (Limakatso et al., 2019, s. 23; Dilek et al., 2018, s. 4-6; Kim a Lee, 2015, s. 2289-2291; Oostra et al., 2015, s. 204-209), tak při zařazení do tréninkových programů zdravých jedinců a sportovců (Yu et al., 2016, s. 217; Rozand et al., 2014, s. 1981; Oishi a Maeshima, 2004, s. 170).

Efekt představy pohybu byl s ohledem na zaměření klinických studií hodnocen s využitím rozmanitých metod. Byly zkoumány změny mozkové aktivity pomocí fMRI (Makary et al., 2017, s. 737; Chang et al., 2010, s. 366-372; Szameitat, Shen a Sterr, 2007, s. 706) nebo elektroencefalografie (EEG) (Kaneko et al., 2021, s. 1-10). S využitím MEPs byly měřeny změny kortikospinální excitability při představě pohybu (Watanabe et al., 2018, s. 18; Yokota et al., 2018, s. 1-5; Fourkas et al., 2008, s. 2382). Sledováním tepové frekvence a změn parciálního tlaku CO₂ byl prokázán také vliv představy pohybu na ANS (Wuyam et al., 1995 in Lotze a Halsband, 2006, s. 387; Decety et al., 1991, 1993). Pomocí EMG byl prokázán efekt představy pohybu na svalovou aktivitu (Kobelt, Wirth a Schuster-Amft, 2018, s. 1-13; Guillot et al., 2007, s. 20-25).

K hodnocení dlouhodobějších efektů představy pohybu byly v souvislosti s cílem studií používány také klinické testy jako TUG test (Marusic et al., 2018, s. 7), Sit-to-Stand test (Paravlic et al., 2019, s. 15) nebo Berg Balance Scale (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2-8).

Kromě vlivu na motoriku byl popsán také pozitivní efekt představy pohybu na funkce kognitivní (Marusic et al., 2018, s. 7) a na zlepšení bolestivých stavů (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2-8; Moseley, 2004, s. 192-198).

7.1 Diskuze k výsledkům práce

Tato práce je zaměřena na svalovou aktivitu distálních svalů DKK při představě pohybu. Je zkoumán rozdíl mezi představou pohybu bez jeho předchozí realizace a představou pohybu bezprostředně po jeho realizaci.

Kromě svalové aktivity byla sledována také změna v subjektivním vnímání náročnosti představy před a po realizaci daného pohybu.

Zvoleným pohybem byl pro tuto práci opakovaný výstup na schod, což je v rámci ADL běžná aktivita. Dalo by se tedy předpokládat, že představa takového pohybu bude snadná i bez předchozí bezprostřední realizace.

Z našich výsledků je patrné, že i v případě známého pohybu byla jeho představa subjektivně snazší v případě, že jí předcházelo skutečné prožití daného pohybu. Naproti tomu z hlediska svalové aktivity nebyly detekovány žádné signifikantní změny, což je výsledek, který byl v případě distálních svalů DKK při představě lokomočních pohybů již dříve pozorován (Geiger, Behrendt a Schuster-Amft, 2019, s. 1-8; Kolářová et al., 2016, s. 425) a jehož možné příčiny budou diskutovány.

7.1.1 Diskuze k hypotézám H1₀ a H1_A; H2₀ a H2_A; H3₀ a H3_A; H4₀ a H4_A

Vzhledem k tomu, že všechny tyto hypotézy se týkají jednoho komplexního pohybu, budou uvedeny v rámci jedné kapitoly. Hypotézy se mezi sebou liší v aspektu dominance DKK, což je fenomén následně diskutován. Druhým rozdílem je konkrétní funkce DK v rámci výstupu na schod, jež je označena buď jako fázičká nebo jako stojná. Jelikož nebyly nalezeny studie odpovídající představě pohybu stojné DK, ale pouze studie zaměřené na komplexní pohyb, zdá se vhodné naše hypotézy diskutovat souhrnně.

7.1.1.1 Hypotézy H1₀ a H1_A; H2₀ a H2_A

Tyto hypotézy se týkaly vlivu realizace konkrétního pohybu (v této práci výstupu na schod) na svalovou aktivitu fázičké DK při následné představě tohoto pohybu. V rámci hypotéz byla rozlišována stranová dominance DKK.

7.1.1.2 Hypotézy H₃₀ a H_{3A}; H₄₀ a H_{4A}

V rámci těchto hypotéz byla zkoumána svalová aktivita pro tu DK, která plní při výstupu na schod funkci stojnou. Předmětem zkoumání byl opět vliv realizace pohybu na svalovou aktivitu při jeho následující představě. Stejně jako v předchozích hypotézách byla brána v potaz stranová dominance DKK.

7.1.1.3 Problematika dominance

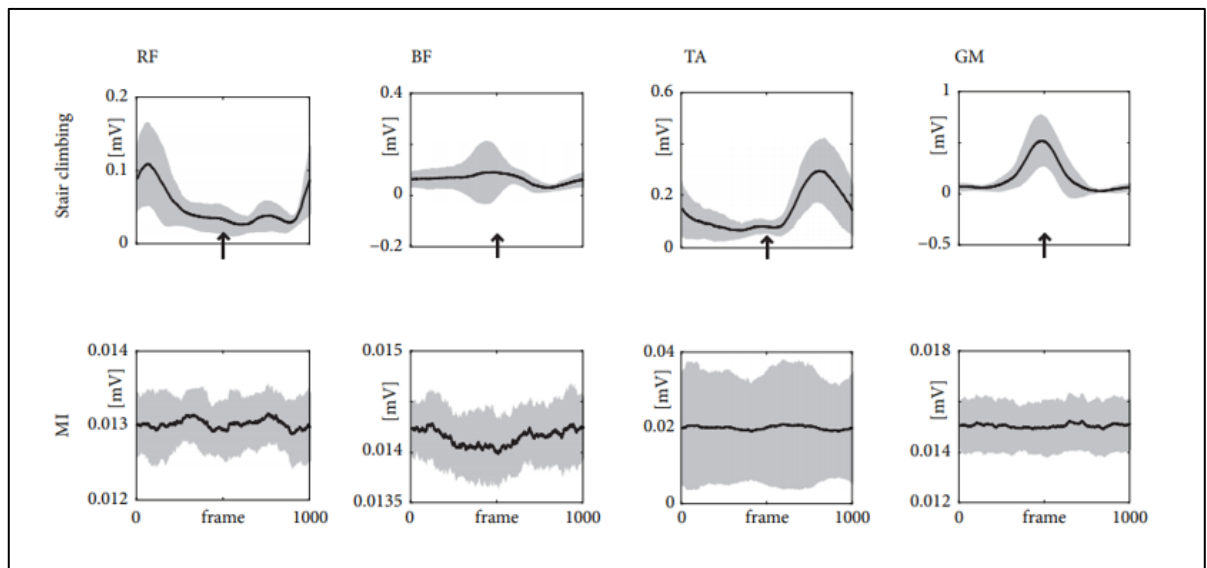
Z hlediska stranové dominance nebyl zřejmý rozdíl mezi svalovou aktivitou dominantní a nedominantní DK. Tento výsledek odpovídá zjištění autorů Vaisman et al. (2017, s. 3), kteří nezjistili významný rozdíl mezi silou dominantní a nedominantní DK u mladých sportovců. Dokonce ani u hráčů fotbalu (pro které je stranová dominance DKK poměrně zásadní) se v této studii svalová síla dominantní a nedominantní DK nelišila o více než 15 %. Teichtahl et al. (2009, s. 321) za použití kinematické analýzy také neprokázali rozdíl mezi funkcí dominantní a nedominantní DK při chůzi u zdravých dospělých jedinců.

Nicméně stranová dominance DKK se pravděpodobně odrazila ve výsledcích studie autorů Scott et al. (2018, s. 1443-1451), která byla zaměřena na vliv představy pohybu na svalovou sílu hamstringů. U zdravých jedinců došlo se zařazením představy pohybu do tréninkového plánu ke zvýšení svalové síly hamstringů obou DKK, ale tato změna byla výraznější na pravé DK. Ačkoliv byli účastníci výzkumu instruováni k symetrické představě pohybu, autoři předpokládají, že v rámci představy byla účastníky mimovolně preferována pravá DK, která je u většiny lidí dominantní (Scott et al., 2018, s. 1449).

7.1.1.4 Problematika svalové aktivity

Svalovou aktivitu na dominantní DK při chůzi do schodů a při její následné představě zkoumali autoři Geiger, Behrendt a Schuster-Amft (2019, s. 1-8). Na Obrázku 3 (s. 52) je znázorněna svalová aktivita m. rectus femoris, m. biceps femoris, m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis během chůze do schodů a během následné

představy totožného pohybu. Z grafů EMG záznamu je zřejmá nízká aktivita distálních svalů při představě chůze do schodů.



Obrázek 3 Svalová aktivita dominantní DK při chůzi do schodů a při její následné představě; RF – m. rectus femoris, BF – m. biceps femoris, TA – m. tibialis anterior, GM – m. gastrocnemius medialis, Stair climbing – chůze do schodů, MI – představa chůze do schodů (Geiger, Behrendt a Schuster-Amft, 2019, s. 4)

Výše popsaná studie se od naší práce liší v několika aspektech: 1. v této studii byla zkoumána kontinuální chůze do schodů, zatím co v naší práci jsme se zaměřili na opakovaný výstup na schod s odlišením fázické a stojné DK; 2. studie zkoumala pouze svaly dominantní DK; 3. studie se nezabývá svalovou aktivitou při představě pohybu před jeho vykonáním, srovnává pouze výkon pohybu a jeho následnou představu.

Přes popsané metodické odlišnosti je zřejmá souvislost ve výsledcích měření svalové aktivity distálních svalů DKK při představě chůze do schodů/výstupu na schod. V porovnání se svaly proximálními je aktivita distálních svalů při představě tohoto pohybu nižší s malými amplitudami. Je zajímavé, že obdobný jev není patrný na záznamu svalové aktivity při provedení reálného pohybu, kdy je naopak aktivita distálních svalů v porovnání s m. biceps femoris vyšší s výraznějšími amplitudami.

Nižší aktivita distálních svalů DKK v porovnání se svaly proximálními byla při představě chůze popsána také ve studii autorů Kolářová et al. (2016, s. 425). Autoři studie nabízejí možné vysvětlení tohoto jevu, že tedy neurální input generovaný představou pohybu není pro proximální a distální svaly rovnocenný.

Kromě toho, že nebyla pozorována signifikantní změna svalové aktivity, nebyl z výsledků měření patrný ani jasný trend ke zvyšování nebo snižování svalové aktivity při srovnání představy před a po realizaci pohybu.

Možné vysvětlení této inkonzistence ve změnách svalové aktivity mezi probandy by mohlo souviset s použitou strategií představy pohybu. Byl popsán rozdílný vliv kinestetické a vizuální strategie na korovou aktivitu (Chholak et al., 2019, s. 6-7) i kortikospinální excitabilitu (Guillot a Collet, 2010, s. 87), a také na svalovou aktivitu, která byla výraznější při použití kinestetické strategie v porovnání se strategií vizuální (Lemos, Rodrigues a Vargas, 2014, s. 101-105).

Vzhledem k tomu, že bez použití zobrazovacích metod nelze verifikovat výběr zvolené strategie pro představu pohybu, je tento faktor k vyhodnocení poměrně složitý. Přesto, že v rámci našeho výzkumu byli probandi instruováni k jednotné strategii (kinestetické), nelze vyvrátit, že podobně jako ve studii autorů Mizuguchi, Nakata a Kanosse (2016, s. 112) se mohli i mimovolně uchýlit ke strategii vizuální, což by mělo potencionální vliv na inkonzistenci změn svalové aktivity. Pro další výzkum by bylo vhodné tento faktor eliminovat dodatečným dotazem probanda na zvolenou strategii představy pohybu.

7.1.2 Hypotézy H₅₀ a H_{5A}

Tyto hypotézy se zabývají otázkou subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu. Na základě výsledků statistického zpracování dat (s. 47) je zřejmé, že představa známého pohybu je snazší v případě, že jedinec má s daným pohybem (nedávnou) zkušenost.

Praktická realizace pro tuto hypotézu by se v rámci naší práce dala označit nejspíše jako modelový příklad. Výstup na schod lze stěží označit za pohyb, s nímž by kdokoliv

z probandů neměl bohaté zkušenosti. Z výsledků subjektivního hodnocení náročnosti ovšem jasně vyplývá, že i představa naprosto běžného pohybu se stává snazší po bezprostředním prožití tohoto pohybu. Toto zjištění by mohlo být považováno za uplatnitelné v rámci využití představy pohybu jako terapeutického či tréninkového prvku.

Našemu zjištění odpovídají výsledky studií prokazující nižší subjektivní náročnost u představy známého pohybu v porovnání s pohybem neznámým (Paris-Aleman et al., 2019, s. 897-906; Mizuguchi, Nakata a Kanosse, 2016, s. 104-116).

Rozdílem mezi představou známého a neznámého pohybu se zabývali autoři Paris-Aleman et al. (2019, s. 897-906). S využitím subjektivního hodnocení náročnosti pohybu (na škále 1-7, kdy: 7 – velmi snadná představa; 1 – velmi obtížná představa) a mentální chronometrie zkoumali kvalitu představy dvou pohybů převzatých z MIQ-R dotazníku: představu pohybu nedominantní paže do abdukce (analytický pohyb) a výskok ze dřepu (komplexní pohyb). Do studie byly zařazeni profesionální tanečníci flamenga, baletu a moderního tance. Pro představu analytického pohybu nebyl nalezen mezi zkoumanými skupinami žádný významný rozdíl. Ovšem tanečníci flamenga prokázali nižší schopnost představy komplexního pohybu – výskoku ze dřepu, neboť v rámci mentální chronometrie bylo zjištěno, že pro provedení této představy potřebují signifikantně delší čas. Podle autorů studie je tento výsledek dán skutečností, že podobné pohyby se v rámci baletních a moderních tanečních choreografií běžně vyskytují, zatím co pro flamengo výskoky obvyklé nejsou.

Subjektivní hodnocení náročnosti představy pohybu souvisí s aktivitou mozkové kůry během představy. Příkladem je studie autorů Mizuguchi, Nakata a Kanosue (2016, s. 104-116), která srovnávala mozkovou aktivitu a subjektivní hodnocení náročnosti představy pro různě složité komplexní pohyby. Není překvapením, že představa známých pohybů, s nimiž měli probandi zkušenosti byla hodnocena jako snazší oproti představě složitějšího pohybu, jež probandi nikdy reálně neprožili (komplexní gymnastický prvek). Zajímavějším výsledkem experimentu byla zvýšená aktivita ve zrakové oblasti mozkové kůry během té představy pohybu, která byla subjektivně hodnocena jako náročná. Přestože byli probandi instruováni k provedení představy pohybu pomocí kinestetické

strategie, autoři se domnívají, že v případě představy složitého neznámého pohybu je toto těžko proveditelné, a proto probandi (mimovolně) přistoupili ke strategii vizuální. Z tohoto důvodu pak pravděpodobně došlo ke zvýšení korové aktivity v oblasti odpovědné za zrak (Mizuguchi, Nakata a Kanosse, 2016, s. 112). Aktivita korových oblastí spojených se zrakem během vizuální strategie představy pohybu byla opakovaně potvrzena (Chholak et al., 2019, s. 6-7; Kilintari et al., 2016, s. 249-261; Guillot et al., 2009, s. 2168-2169).

Z hlediska přesnosti představy se ukázalo, že schopnost představit si pohyb přesně nekoreluje se subjektivním hodnocením náročnosti (Mizuguchi, Suezawa a Kanosse, 2019, s. 17), což bylo pozorováno i pro představu chůze s využitím principu mentální chronometrie (Saimpont et al., 2012, s. 54). Podobně ani dobrá schopnost pohyb přesně provést významně nesouvisí se schopností si pohyb subjektivně snadno představit (Lawrence, Callow a Roberts, 2013, s. 1-7).

7.1.3 Hypotézy H6₀, H6_A

V rámci těchto hypotéz byla zkoumána souvislost změny svalové aktivity se změnou subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu. Stejně jako v předchozích hypotézách byla srovnávána situace představy pohybu před a po jeho realizaci.

Přesto, že změna hodnocení byla signifikantní (hypotéza H5_A), její souvislost se změnou svalové aktivity nebyla prokázána jako statisticky významná.

Souvislost svalové aktivity při představě pohybu a subjektivního hodnocení náročnosti představy experimentálně nepotvrdil ani Lutz (2003, s. 149-163). Autor dává své výsledky do souvislosti s dříve popsáním mechanismem, podle kterého je svalová aktivita při představě pohybu důsledkem kognitivního procesu a nemá zpětnovazebný efekt, jenž by se projevil subjektivním usnadněním představy pohybu (Decety a Ingvar, 1990, s. 13-34).

V opozici proti výše zmíněnému tvrzení stojí psychomotorická teorie, která vychází z předpokladu, že svalová aktivita je při představě pohybu přítomna (ve svalech, které

jsou při realizaci daného pohybu aktivní). Podle této teorie je fyziologickou odpovědí na představu pohybu nervosvalová zpětná vazba. Tato zpětná vazba stimuluje motorické dráhy, čímž postupně facilituje reálné provedení daného pohybu (Guillot a Collet, 2010, s. 83).

7.2 Použití EMG ve vztahu k představě pohybu

Řada studií potvrdila pozitivní efekt představy pohybu na zvýšení svalové aktivity (Losana-Ferrer, 2018, s. 129; Scott et al., 2018, s. 1449; Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1685; Ranganathan et al., 2004, s. 955), kdy někteří autoři (Losana-Ferrer, 2018, s. 129) jako metodu k jejímu hodnocení použili právě EMG.

V některých studiích zabývajících se představou pohybu byla EMG použita jako prostředek k verifikaci správného provedení představy. Zvýšená svalová aktivita oproti klidu byla v tomto kontextu považována za nežádoucí, poněvadž implikuje nedostatečnou inhibici pohybového projevu (Subirats et al., 2018, s. 114-117).

Z pohledu motorického učení lze předpokládat snížení svalové aktivity při představě známého pohybu vzhledem ke svalové aktivitě během představy pohybu neznámého. Během motorického učení dochází ke zpřesňování pohybu a lepší koordinaci, což souvisí s efektivnějším timingem zapojení svalů. Svaly účastníci se daného pohybu se zapojují specifitěji, s nižšími energetickými nároky a nižší EMG aktivitou (Brueckner et al., 2019, s. 269; Lay et al., 2002, s. 809).

Opačný efekt představy pohybu na svalovou aktivitu popisují autoři Lebon, Guillot a Collet (2012, s. 50). V rámci svého výzkumu pozorovali postupný nárůst EMG hodnot u pacientů po plastice předního zkříženého vazy během rehabilitačního programu založeném na kombinaci fyzického tréninku a tréninku pohybu v představě. Změny EMG aktivity byly signifikantní ve srovnání s kontrolní skupinou, ve které pacienti podstoupili pouze fyzický trénink.

Inkonzistentní výsledky ve snímání EMG aktivity při představě pohybu napříč klinickými studii komentují autoři Guillot a Collet (2010, s. 83-89): v první řadě nabízejí stručné vysvětlení, že výsledky studií se liší proto, že se lišil také jejich design. Konkrétní příčinou rozdílných výsledků přisuzují právě problematice povrchové EMG, neboť např. i mírné odlišnosti v umístění elektrod mohou ovlivnit výsledný signál. K detekci svalové aktivity především malých nebo hlouběji uložených svalů, která je v případě představy pohybu velmi malá, doporučují použití spíše jehlové než povrchové EMG.

7.3 Faktory ovlivňující představu pohybu

7.3.1 Vliv pozice při představě pohybu

Na výslednou kvalitu představy pohybu působí pozice, v níž jedinec představu vykonává. Většina studií potvrzuje, že v případě, kdy reálná pozice odpovídá pozici daného pohybu v představě, dochází tak k facilitaci představy (Saimpont et al., 2012, s. 49-57; Vargas, 2004, s. 1200-1206). V níže zmíněné studii autorů Beauchet et al. (2018, s. 1-11) se ovšem pro představu pohybu spojeného s lokomocí ukázala jako nejméně výhodnější pozice vleže na zádech.

S využitím nastavení ruky tak, aby pozičně odpovídala pohybu v představě došlo v porovnání s inkongruentním nastavením ruky ke zvýšení kortikospinální excitability (Vargas, 2004, s. 1202). Vliv pozice ruky byl prokázán také prostřednictvím testu mentální rotace, kdy testovaní rychleji určovali laterální rotujícího obrazu ruky v případě, že jejich vlastní ruka zaujímala stejnou pozici jako ruka na obrazu (Conson, Mazzarella a Trojano, 2011, s. 115-122; Lorey et al., 2009, s. 233-243).

Pro představu komplexnějšího pohybu hrubé motoriky, jakým je např. vzpřímení ze sedu do stoje se ukázala jako nejefektivnější pozice pro realizaci představy pozice v rámci představy výchozí – tedy sed (Malouin a Richards, 2010, s. 249).

Pro představu chůze byla na principu mentální chronometrie stanovena jako vhodná pozice ve stoji, jelikož časová kongruence představy se skutečnou realizací chůze na vymezenou vzdálenost (v rámci studie 3 m a 6 m; označeno kužely) se ukázala

významnější v případě stoje v porovnání se sedem jako pozice při představě pohybu (Saimpont et al., 2012, s. 56).

Opačné tvrzení zveřejnili ve své studii autoři Beauchet et al. (2018, s. 7), kteří srovnávali časovou kongruenci provedení Timmed Up and Go testu (TUG) a jeho provedení v představě v různých pozicích. V této studii se ukázala jako nejvýhodnější pozice vleže na zádech, což je v rozporu z výše zmíněným tvrzením, neboť pozice lehu se na rozdíl od sedu ani stoje (což byly další pozice v rámci této studie) v průběhu TUG nevyskytuje.

Argumentem pro použití lehu jako pozice při představě lokomočních pohybů je skutečnost, že v porovnání s posturálně aktivnějšími pozicemi (sed, stoj) je leh méně náročný na zpracování aferentace z okolí i z vlastního těla. Jedinec je v lehu tedy méně „rozptylován“ a má možnost lépe se koncentrovat na provedení představy pohybu (La Fougère et al., 2010 in Beauchet et al., 2018, s.7).

7.3.2 Vliv strategie představy pohybu

V rámci studií zabývajících se představou pohybu jsou majoritně popisovány dva typy představy – kinestetická a vizuální (Chholak et al., 2019, s. 1; Guillot et al., 2012, s. 1; Mulder et al., 2007, s. 1268). Během realizace kinestetické strategie dochází k aktivaci korových oblastí souvisejících s motorikou, při použití strategie vizuální jsou aktivovány zrakové oblasti (Chholak et al., 2019, s. 6-7). V procesu motorického učení mají obě strategie své uplatnění (Guillot et al., 2009, s. 2168-2169), ovšem vzhledem k jejímu užšímu vztahu k motorice je kinestetická strategie v rámci rehabilitace i tréninku preferována (Mulder et al., 2007, s. 1268).

Při použití kinestetické strategie bylo prokázáno zvýšení kortikospinální excitability, zatímco u vizuální strategie tento efekt pozorován nebyl (Stinear et al., 2006, s. 161).

Vizuální strategie je pravděpodobně preferována v případě, představuje-li si jedinec pohyb, s jehož provedením nemá osobní zkušenost. Je pro něj tedy snazší představit si tento pohyb z perspektivy třetí osoby, neboť s touto aktivitou – sledovat,

ale neprovádět neznámý pohyb – zkušenost má. Tato situace nastává nejspíše i tehdy, kdy je jasně dán pokyn v rámci představy pohybu použít strategii kinestetickou (Mizuguchi, Nakata a Kanosue, 2016, s. 104-116). Neplatí ovšem pravidlo, že si každý jedinec v případě představy známého pohybu automaticky zvolí kinestetickou strategii (má-li možnost výběru). S využitím MIQ-R dotazníku byla zjištěna tendence k preferenci buď vizuální nebo kinestetické strategie (Sakurada, Hirai a Watanabe, 2015, s. 307).

Pro zlepšení výkonu ve sportu je preferována strategie kinestetická. Děje se tak opakováním představy určitého pohybu nebo sekvence pohybů, čímž dochází k repetitivní aktivaci příslušných synaptických spojů (Lotze a Halsband, 2006, s. 390).

Stinear et al. (2006, in Guillot a Collet, 2010, s. 87) prokázali vyšší kortikospinální excitabilitu při využití kinestetické strategie představy pohybu, nicméně Fourkas et al. (2006, in Guillot a Collet, 2010, s. 87) dopad strategie na kortikospinální excitabilitu nezaznamenali. Přesto se Guillot a Collet (2010, s. 87) domnívají, že kinestetická a vizuální strategie mají rozdílný vliv na kortikospinální excitabilitu.

7.3.3 Vliv věku a pohlaví na schopnost představy pohybu

Kalicinski, Kempe a Bock (2014, s. 34) zjistili u starších jedinců sníženou schopnost představy především komplexních pohybů. Na principu mentální chronometrie byl u starších jedinců také zaznamenán rozdíl, kdy pro ně byla představa časově náročnější než výkon pohybu. Autoři nicméně zdůrazňují, že snížená schopnost představy pohybu není u starších lidí pravidlem, neboť někteří ze starších účastníků výzkumu dosahovaly stejných výsledků jako skupina mladých dospělých.

Na základě studie se Subirats et al. (2018, s. 114-117) domnívají, že v průběhu stárnutí se pravděpodobně u zdravých jedinců kvalita představy pohybu nemění. Změna je v preferenci strategie představy pohybu, kdy starší jedinci upřednostňují strategii kinestetickou před strategií vizuální, což je nejspíše dáno fyziologickou reorganizací mozkové kůry.

Bylo zjištěno, že pro různé komponenty představy pohybu se liší výsledky mezi muži a ženami (Campos, 2014, s. 107). Rozdíl našli autoři Subirats et al.

(2018, s. 114-117) na principu mentální chronometrie. Bližší korelace mezi výkonem a představou TUG testu vykazovaly ženy, zatím co muži realizovali představu v signifikantně kratším čase. V subjektivním hodnocení náročnosti představy nebyl mezi muži a ženami zjištěn významný rozdíl. Shodné výsledky pro obě pohlaví při subjektivním hodnocení náročnosti představy pohybu potvrzuje také Campos (2014, s. 107).

7.3.4 Vliv patologických stavů na schopnost představy pohybu

Schopnost představy pohybu u jedinců po CMP se neukázala být nižší v porovnání s věkově odpovídající kontrolní skupinou zdravých jedinců (Malouin a Richards, 2009, s. 242). Toto bylo prokázáno pro analytické pohyby (Johnson, 2000, s. 729-732), ale také s využitím TUG testu pro pohyb komplexní (Malouin a Richards, 2009, s. 242).

Snížená schopnost představy pohybu paretických končetin nebyla pozorována ani u jedinců s kompletní míšní lézí (Hotz-Boendermarker, 2008, s. 383-394; Cramer et al., 2007, s. 233-242).

Na schopnost představy pohybu má negativní vliv dočasná imobilizace končetiny (Malouin et al., 2009, s. 449-463) a také amputace, což bylo prokázáno zhoršením výsledků testu mentální rotace (Nico, 2004, s. 120-132).

Schopnost představy pohybu není tedy ovlivněna v případě mozkové (Malouin a Richards, 2009, s. 242) ani míšní léze (Johnson, 2000, s. 729-732), bývá však snížena vlivem imobilizace nebo ztráty končetiny (Malouin et al., 2009, s. 449-463; Nico, 2004, s. 120-132).

7.4 Aplikace do praxe

Představa pohybu, přestože je především kognitivním procesem, je účinným prostředkem k pozitivnímu ovlivnění motorických funkcí v případě patologických stavů ((Limakatso et al., 2019, s. 23; Dilek et al., 2018, s. 4-6; Kim a Lee, 20015, s. 2289-2291; Oostra et al., 2015, s 204-209), ale také u zdravých a sportovců (Yu et al, 2016, s. 217; Rozand et al., 2014, s. 1981; Oishi a Maeshima, 2004, s. 170).

Kromě zlepšení pohybových funkcí má představa pohybu své uplatnění také v terapii bolesti (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2-8; Moseley, 2004, s. 192-198) nebo jako prostředek ke zlepšení kognitivních funkcí (Marusic et al., 2018, s. 7).

Z výsledků naší práce vyplývá, že představa pohybu se stává subjektivně snazší v případě, že jí bezprostředně předchází skutečná realizace daného pohybu. Toto zjištění je v širším smyslu v souladu se skutečností, že představa známého pohybu je vnímána oproti představě neznámého pohybu jako subjektivně snazší (Mizuguchi, Nakata a Kanosue, 2016, s. 104-116).

Vzhledem k tomu, že zařazením představy pohybu do tréninkových i rehabilitačních plánů se ukazuje jako nejefektivnější v kombinaci s fyzickým tréninkem (Marusic et al., 2018, s. 7; Rozand et al., 2014, s. 1988; Mizuguchi et al., 2012, s. 107), je výše zmíněné zjištění vhodné v rámci praxe aplikovat.

Hodnocení svalové aktivity distálních svalů DKK pomocí povrchové EMG při představě pohybu neukázalo stejně jako v podobných studiích (Geiger, Behrendt a Schuster-Amft, 2019, s. 1-8; Kolářová et al., 2016, s. 425) signifikantní výsledky. Z tohoto důvodu by k hodnocení představy pohybu na pohybové funkce bylo pravděpodobně vhodnější použití jiných metod, jakými jsou např. klinické testy (Matalon, Freund a Vallabhajosula, 2019, s. 2-8; Paravlic et al., 2019, s. 15; Marusic et al., 2018, s. 7).

7.5 Limity studie

Jednoznačným limitem naší práce je nízký počet probandů (10), což je skutečnost ovlivněná omezeními v souvislosti s pandemií Covid-19. Nicméně počet probandů jako limitující faktor bychom pravděpodobně museli zmínit i v případě, že by bylo možné realizovat měření v původně plánovaném rozsahu (20-30 probandů).

Z hlediska výzkumného souboru považujeme za výhodu skladbu probandů, neboť se jednalo o poměrně homogenní vzorek – mladí fyzicky aktivní jedinci bez závažných zdravotních problémů s dobrými pohybovými i kognitivními schopnostmi a s dobrou

schopností představy pohybu. Nerovnováhu ve výzkumném souboru působí pouze nerovnoměrné zastoupení v rámci dvou nejznámějších pohlaví, kdy se měření účastnilo 9 žen a pouze 1 muž. Vliv pohlaví na schopnost představy pohybu byl zkoumán (Subirats et al, 2018, s. 114-117; Campos, 2014, s. 107-111) a rozdíly mezi muži a ženami byly kromě subjektivního hodnocení náročnosti představy pozorovány.

Objektivita při vyplňování MIQ-R dotazníku mohla být ovlivněna skutečností, že toto probíhalo ve skupinách až tří lidí. Aby nedošlo k chybné interpretaci probandy při vyplňování, jednotlivé pohyby jim byly nejprve předvedeny, poté je sami realizovali, a následně byli instruováni k požadovanému typu představy (kinestetická/vizuální), jejíž náročnost bezprostředně po provedení hodnotili. Právě subjektivní hodnocení náročnosti představy probíhalo způsobem, že každý z probandů v dané skupině řekl, na kolik náročná či snadná (na škále 1-7) pro něj daná představa byla, což bylo následně zapsáno. Toto subjektivní hodnocení mohlo být ovlivněno výsledky ostatních probandů ve skupině. Pro příští výzkumy bychom tedy považovali za vhodnější, aby se vyplňování MIQ-R dotazníku účastnil buď vždy jeden proband nebo aby subjektivní hodnocení bylo samotným probandem zapisováno, čímž by byl eliminován vliv hodnocení ostatních probandů.

Za vhodnou považujeme metodu hodnocení subjektivní náročnosti představy pohybu na číselné škále 1-7, která nám podala jednoznačné informace ohledně vnímání představy. Užitečné podle nás také bylo rozdělení DKK podle dominance. Někteří autoři pracují s představou pohybu pouze pro dominantní DK (Geiger, Behrendt a Schuster-Amft, 2019, s. 1-8). Domníváme se, že ačkoliv nebyl nalezen významný rozdíl mezi aktivitou dominantní a nedominantní DK, je právě toto cenná informace pro praktické využívání představy pohybu v rámci rehabilitace nebo tréninku.

Spekulativní je samotný design studie, konkrétně použití EMG ve vztahu k představě pohybu. Podobně jako Kolářová et al. (2016, s. 425) nebo Geiger, Behrendt a Schuster-Amft (2019, s. 1-8) jsme nepozorovali výrazné změny ve svalové aktivitě distálních svalů DKK během představy lokomočního pohybu. V našem případě byl ovšem efekt představy pohybu na svalovou aktivitu zkoumán jednorázově, nelze tedy vyloučit, že při opakovaném měření by změny na EMG detekovány byly.

Závěr

Tato práce byla zaměřena na svalovou aktivitu distálních svalů DKK při představě pohybu a na její změnu vlivem bezprostřední realizace daného pohybu. Kromě svalové aktivity byla zkoumána také změna subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu ve stejných situacích.

V případě svalové aktivity nebyl pozorován významný rozdíl a ani trend ke snižování či zvyšování vlivem realizace pohybu bezprostředně před jeho představou. Signifikantní byl rozdíl v subjektivním hodnocení náročnosti představy, kdy představa pohybu bezprostředně následující po jeho realizaci byla hodnocena jako subjektivně snazší oproti představě, které daný pohyb nepředcházela. Souvislost těchto dvou zkoumaných jevů – svalové aktivity a hodnocení subjektivní náročnosti představy – nebyl prokázán jako signifikantní.

Naše výsledky měření svalové aktivity jsou v souladu s dalšími pracemi (Kolářová et al., 2016, s. 411-431; Geiger, Behrendt a Schuster-Amft, 2019, s. 1-8), jejichž autoři také nezjistili významné změny svalové aktivity distálních svalů DKK při představě pohybu. Nicméně vliv představy pohybu na funkci svalů byl opakovaně prokázán např. měřením síly (Scott et al., 2018, s. 1449), měřením rychlosti chůze (Oostrá et al., 2015, s. 204-209) nebo za použití klinických testů (Paravlic et al., 2019, s. 15).

Možným faktorem ovlivňujícím svalovou aktivitu by mohla být zvolená strategie představy pohybu, kdy použití strategie kinestetické vede k výraznějšímu zvýšení svalové aktivity oproti strategii vizuální (Lemos, Rodrigues a Vargas, 2014, s. 101-105). Nicméně pro vyvrácení nebo potvrzení této závislosti bude třeba další výzkum.

V rámci této práce byla zjištěna pouze signifikantní změna subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu. Bylo potvrzeno, že představa pohybu je subjektivně snazší v případě, že jí bezprostředně předchází realizace daného pohybu. Jelikož sledovaným pohybem byl opakovaný výstup na schod – tedy modifikace sice komplexního, ale velmi běžného pohybu – dává nám tento výsledek informaci aplikovatelnou do praxe, že tedy

i představu jednoduchého pohybu podpoří, předchází-li jí bezprostřední realizace tohoto pohybu.

Referenční seznam

- ABBRUZZESE, G., MARCHESE, R., AVANZINO, L. a PELOSIN, E. 2016. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Parkinsonism & Related Disorders* [online]. **22**, S60-S64 [cit. 2020-11-28]. ISSN 13538020. Dostupné z: doi:10.1016/j.parkreldis.2015.09.005
- AMBLER, Z. 2006. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. A dopl. vyd. Praha: Galén. ISBN 8072624334
- AMESZ, S., TESSARI, A., OTTOBONI, G. a MARSDEN, J. 2016. An observational study of implicit motor imagery using laterality recognition of the hand after stroke. *Brain Injury* [online]. **30**(8), 999-1004 [cit. 2021-01-03]. ISSN 0269-9052. Dostupné z: doi:10.3109/02699052.2016.1147600
- BEAUCHET, O., LAUNAY, C., P., SEKHON, H., GAUTIER, J., CHABOT, J., LEVINOFF, E., J., ALLALI, G. a JAN, Y. 2018. Body position and motor imagery strategy effects on imagining gait in healthy adults: Results from a cross-sectional study. *PLOS ONE* [online]. **13**(3), 1-11, [cit. 2020-01-09]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi 10.1371/journal.pone.0191513
- BEK, J., GOWEN, E., VOGT, S., CRAWFORD, T., J. a POLIAKOFF, E. 2019. Combined action observation and motor imagery influences hand movement amplitude in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders* [online]. **61**, 126-131 [cit. 2020-11-29]. ISSN 13538020. Dostupné z: doi:10.1016/j.parkreldis.2018.11.001
- BRUECKNER, D., GÖPFERT, B., KISS, R. a MUEHLBAUER, T. 2019. Effects of motor practice on learning a dynamic balance task in healthy young adults: A wavelet-based time-frequency analysis. *Gait & Posture* [online]. **70**, 264-269 [cit. 2021-5-7]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2019.03.019
- BUTLER, A., J., CAZEAUX, J., FIDLER, A. et al. 2012. The Movement Imagery Questionnaire-Revised, Second Edition (MIQ-RS) Is a Reliable and Valid Tool for Evaluating Motor Imagery in Stroke Populations. *Evidence-Based Complementary and*

Alternative Medicine [online]. **2012**, 1-11 [cit. 2021-02-11]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1155/2012/497289

CAMPOS, A. 2014. Gender differences in imagery. *Personality and Individual Differences* [online]. **59**, 107-111 [cit. 2021-5-12]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi:10.1016/j.paid.2013.12.010

CATTANEO, L. a RIZZOLATTI, G. 2009. The Mirror Neuron System. *Archives of Neurology* [online]. **66**(5) 557-560 [cit. 2021-02-13]. ISSN 0003-9942. Dostupné z: doi:10.1001/archneurol.2009.41

CENGIZ, B. a BORAN, H., E. 2016. The role of the cerebellum in motor imagery. *Neuroscience Letters* [online]. **617**, 156-159 [cit. 2021-01-17]. ISSN 03043940. Dostupné z: doi:10.1016/j.neulet.2016.01.045

CLARAC, F. 2008. Some historical reflections on the neural control of locomotion. *Brain Research Reviews* [online]. **57**(1), 13-21 [cit. 2021-02-18]. ISSN 01650173. Dostupné z: doi:10.1016/j.brainresrev.2007.07.015

CONSON, M., MAZZARELLA, E. a TROJANO, L. 2011. Self-touch affects motor imagery: a study on posture interference effect. *Experimental Brain Research* [online]. **215**(2), 115-122 [cit. 2021-5-9]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-011-2877-7

CRAMER, S., C., ORR, E., L., R., COHEN, M., J. a LACOURSE, M., G. 2007. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Experimental Brain Research* [online]. **177**(2), 233-242 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0662-9

CRAMMOND, D., J. 1997. Motor imagery: never in your wildest dream. *Trends in Neurosciences* [online]. **20**(2), 54-57 [cit. 2021-02-23]. ISSN 01662236. Dostupné z: doi:10.1016/S0166-2236(96)30019-2

DILEK, B., AYHAN, C., YAGCI, G. a YAKUT, Y. 2018. Effectiveness of the graded motor imagery to improve hand function in patients with distal radius fracture: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy* [online]. **31**(1), 2-9 [cit. 2021-02-13]. ISSN 08941130. Dostupné z: doi:10.1016/j.jht.2017.09.004

DECETY, J. a INGVAR, D., H. 1990. Brain structures participating in mental simulation of motor behavior: A neuropsychological interpretation. *Acta Psychologica* [online]. **73**(1), 13-34 [cit. 2021-5-14]. ISSN 00016918. Dostupné z: doi:10.1016/0001-6918(90)90056-L

ENOKA, R., M. 2015. *Neuromechanics of human movement*. Fifth edition. Champaign, IL: Human Kinetics, [cit. 2020-12-12] ISBN 978-1450458801

FERRARI, P., F., GERBELLA, M., COUDÉ, G. a ROZZI, S. 2017. Two different mirror neuron networks: The sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways. *Neuroscience* [online]. **358**, 300-315 [cit. 2021-02-22]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2017.06.052

GANDHI, D., STERBA, A., KHATTER, H. a PANDIAN, J., D. 2020. Mirror Therapy in Stroke Rehabilitation: Current Perspectives. *Therapeutics and Clinical Risk Management* [online]. **16**, 75-85 [cit. 2021-01-03]. ISSN 1178-203X. Dostupné z: doi:10.2147/TCRM.S206883

GEIGER, D., E., BEHRENDT, F. a SCHUSTER-AMFT, C. 2019. EMG Muscle Activation Pattern of Four Lower Extremity Muscles during Stair Climbing, Motor Imagery, and Robot-Assisted Stepping: A Cross-Sectional Study in Healthy Individuals. *BioMed Research International* [online]. **2019**, 1-8 [cit. 2021-5-8]. ISSN 2314-6133. Dostupné z: doi:10.1155/2019/9351689

GUILLOT, A., DI RIENZO, F., MACINTYRE, T., MORAN, A. a COLLET, Ch. 2012. Imagining is Not Doing but Involves Specific Motor Commands: A Review of Experimental Data Related to Motor Inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. **6**, 1-22 [cit. 2021-02-24]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2012.00247

GUILLOT, A. a COLLET, Ch. 2010. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery* [online]. Oxford University Press [cit. 2021-5-13]. ISBN 9780199546251. Dostupné z: doi:10.1093/acprof:oso/9780199546251.001.0001

GUILLOT, A., COLLET, Ch., NGUYEN, A., V., MALOUIN, F., RICHARDS, C. a DOYON, J. 2009. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: An fMRI study. *Human Brain Mapping* [online]. **30**(7), 2157-2172 [cit. 2021-02-12]. ISSN 10659471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.20658

GUILLOT, A., LEBON, F., ROUFFET, D., CHAMPELY, S., DOYON, J. a COLLET, C. 2007. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology* [online]. **66**(1), 18-27 [cit. 2021-02-12]. ISSN 01678760. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpsycho.2007.05.009

HANAKAWA, T., DIMYAN, M., A. a HALLETT, M. 2008. Motor Planning, Imagery, and Execution in the Distributed Motor Network: A Time-Course Study with Functional MRI. *Cerebral Cortex* [online]. **18**(12), 2775-2788 [cit. 2021-02-25]. ISSN 1047-3211. Dostupné z: doi:10.1093/cercor/bhn036

HARDWICK, R., M., CASPERS, S., EICKHOFF, S., B. a SWINNEN, S., P. 2018. Neural correlates of action: Comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. **94**, 31-44 [cit. 2021-02-24]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2018.08.003

HÉTU, S., GRÉGOIRE, M., SAIMPONT, A., COLL, M-P., EUGÈNE, F., MICHON, P-E. a JACKSON. P., L. 2013. The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. **37**(5), 930-949 [cit. 2020-11-15]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2013.03.017

HEREMANS, E., FEYS, P., NIEUWBOER, A., VERCRUYSSSE, S., VANDENBERGHE, W., SHARMA, N. a HELSEN, W. 2011. Motor Imagery Ability in Patients With Early- and Mid-Stage Parkinson Disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. **25**(2), 168-177 [cit. 2020-11-16]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968310370750

HOTZ-BOENDERMAKER, S., FUNK, M., SUMMERS, P., BRUGGER, P., HEPPREYMOND, M-C., CURT, A. a KOLLIAS, S., S. 2008. Preservation of motor programs in paraplegics as demonstrated by attempted and imagined foot movements. *NeuroImage* [online]. **39**(1), 383-394 [cit. 2021-5-13]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2007.07.065

CHANG, Y., LEE, J.-J., SEO, J.-H. et al. 2010. Neural correlates of motor imagery for elite archers. *NMR in Biomedicine* [online]. **24**, 366-372 [cit. 2021-02-23]. ISSN 09523480. Dostupné z: doi:10.1002/nbm.1600

CHHOLAK, P., NISO, G., MAKSIMENKO, V., A., KURKIN, S., A., FROLOV, N., S., PITSIK, E., N., HRAMOV, A., E a PISARCHIK, A., N. 2019. Visual and kinesthetic modes affect motor imagery classification in untrained subjects. *Scientific Reports* [online]. **9**(1), 1-12 [cit. 2021-02-12]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-019-46310-9

JEANNEROD, M. 1994. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. **17**(2), 187-202 [cit. 2021-02-25]. ISSN 0140-525X. Dostupné z: doi:10.1017/S0140525X00034026

JEANNEROD, M. 1995. Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia* [online]. **33**(11), 1419-1432 [cit. 2021-02-24]. ISSN 00283932. Dostupné z: doi:10.1016/0028-3932(95)00073-C

JEANNEROD, M. 2001. Neural Simulation of Action: A Unifying Mechanism for Motor Cognition. *NeuroImage* [online]. **14**(1), S103-S109 [cit. 2021-02-23]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1006/nimg.2001.0832

JOHNSON, S., H. 2000. Imagining the impossible. *NeuroReport* [online]. **11**(4), 729-732 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0959-4965. Dostupné z: doi:10.1097/00001756-200003200-00015

- KALICINSKI, M., KEMPE, M. a BOCK, O. 2014. Motor Imagery: Effects of Age, Task Complexity, and Task Setting. *Experimental Aging Research* [online]. **41**(1), 25-38 [cit. 2021-5-12]. ISSN 0361-073X. Dostupné z: doi:10.1080/0361073X.2015.978202
- KANEKO, N., YOKOYAMA, H., MASUGI, Y., WATANABE, K. a NAKAZAWA, K. 2021. Phase dependent modulation of cortical activity during action observation and motor imagery of walking: An EEG study. *NeuroImage* [online]. **225** [cit. 2021-5-13]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2020.117486
- KASESS, Ch., H., WINDISCHBERGER, Ch., CUNNINGTON, R., LANZENBERGER, R., PEZAWAS, L. a MOSER, E. 2008. The suppressive influence of SMA on M1 in motor imagery revealed by fMRI and dynamic causal modeling. *NeuroImage* [online]. **40**(2), 828-837 [cit. 2021-02-27]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2007.11.040
- KILINTARI, M., NARAYANA, S., BABAJANI-FEREMI, A., REZAIIE, R. a PAPANICOLAOU, A., C. 2016. Brain activation profiles during kinesthetic and visual imagery: An fMRI study. *Brain Research* [online]. **1646**, 249-261 [cit. 2021-5-9]. ISSN 00068993. Dostupné z: doi:10.1016/j.brainres.2016.06.009
- KIM, S., S. a LEE, B., H. 2015. Motor imagery training improves upper extremity performance in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. **27**(7), 2289-2291 [cit. 2020-12-28]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.2289
- KIM, Y., K., PARK, E., LEE, A., IM, Ch.-H., KIM, Y.-H. a HE, B. 2018. Changes in network connectivity during motor imagery and execution. *PLOS ONE* [online]. **13**(1), 1-18 [cit. 2021-02-27]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0190715
- KITAGO, T. a KRAKAUER, J., W. 2013. Motor learning principles for neurorehabilitation. *Neurological Rehabilitation* [online]. Elsevier. 93-103 [cit. 2020-11-18]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780444529015. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-52901-5.00008-3

KLAES, C., KELLIS, S., AFLALO, T. et al. 2015. Hand Shape Representations in the Human Posterior Parietal Cortex. *Journal of Neuroscience* [online]. **35**(46), 15466-15476 [cit. 2021-02-25]. ISSN 0270-6474. Dostupné z: doi:10.1523/JNEUROSCI.2747-15.2015

KOBELT, M., WIRTH, B. a SCHUSTER-AMFT, C. 2018. Muscle Activation During Grasping With and Without Motor Imagery in Healthy Volunteers and Patients After Stroke or With Parkinson's Disease. *Frontiers in Psychology* [online]. **9**, 1-14 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2018.00597

KOLÁŘOVÁ, B., KROBOT, A., POLEHLOVÁ, K., HLUŠTÍK, P. a RICHARDS, J., D. 2016. Effect of Gait Imagery Tasks on Lower Limb Muscle Activity With Respect to Body Posture. *Perceptual and Motor Skills* [online]. **122**(2), 411-431 [cit. 2021-5-8]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.1177/0031512516640377

KOLÁŘOVÁ, B., STACHO, J., JIRÁČKOVÁ, M., KONEČNÝ, P. a NAVRÁTILOVÁ, L. 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. [cit. 2021-02-23] ISBN 9788024454030

LAWRENCE, G., CALLOW, N. a ROBERTS, R. 2013. Watch me if you can: imagery ability moderates observational learning effectiveness. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. **7**, 1-7 [cit. 2021-5-9]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2013.00522

LAY, B.S, SPARROW, W., A., HUGHES, K., M. a O'DWYER, N., J. 2002. Practice effects on coordination and control, metabolic energy expenditure, and muscle activation. *Human Movement Science* [online]. **21**(5-6), 807-830 [cit. 2021-5-6]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/S0167-9457(02)00166-5

LEBON, F., COLLET, Ch. a GUILLOT, A. 2010. Benefits of Motor Imagery Training on Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **24**(6),

1680-1687 [cit. 2021-5-8]. ISSN 1064-8011. Dostupné z:
doi:10.1519/JSC.0b013e3181d8e936

LEBON, F., HORN, U., DOMIN, M. a LOTZE, M. 2018. Motor imagery training: Kinesthetic imagery strategy and inferior parietal f MRI activation. *Human Brain Mapping* [online]. **39**(4), 1805-1813 [cit. 2021-02-24]. ISSN 1065-9471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.23956

LEBON, F., GUILLOT, A. a COLLET, Ch. 2012. Increased Muscle Activation Following Motor Imagery During the Rehabilitation of the Anterior Cruciate Ligament. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. **37**(1), 45-51 [cit. 2021-5-8]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-011-9175-9

LI, S. 2007. Movement-specific enhancement of corticospinal excitability at subthreshold levels during motor imagery. *Experimental Brain Research* [online]. **179**(3), 517-524 [cit. 2021-02-23]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0809-8

LIEPERT, J., BÜSCHING, I., SEHLE, A. a SCHOENFELD, M., A. 2016. Mental chronometry and mental rotation abilities in stroke patients with different degrees of sensory deficit. *Restorative Neurology and Neuroscience* [online]. **34**(6), 907-914 [cit. 2021-02-25]. ISSN 09226028. Dostupné z: doi:10.3233/RNN-160640

LIEPERT, J., STÜRNER, J., BÜSCHING, I., SEHLE, A. a SCHOENFELD, M., A. 2020. Effects of a single mental chronometry training session in subacute stroke patients – a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. **12**(1), 1-7 [cit. 2021-02-25]. ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/s13102-020-00212-w

LIMAKATSO, K., MADDEN, V., J., MANIE, S. a PARKER, R. 2020. The effectiveness of graded motor imagery for reducing phantom limb pain in amputees: a randomised controlled trial. *Physiotherapy* [online], **109**, 65-74 [cit. 2021-01-03]. ISSN 00319406. Dostupné z: doi:10.1016/j.physio.2019.06.009

LOREY, B., BISCHOFF, M., PILGRAMM, S., STARK, R., MUNZERT, J. a ZENTGRAF, K. 2009. The embodied nature of motor imagery: the influence of posture and perspective. *Experimental Brain Research* [online]. **194**(2), 233-243 [cit. 2021-5-9]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-008-1693-1

LOSANA-FERRER, A., MANZANAS-LÓPEZ, S., CUENCA-MARTÍNEZ, F., PARIS-ALEMANY, A. a LA TOUCHE, R. 2018. Effects of motor imagery and action observation on hand grip strength, electromyographic activity and intramuscular oxygenation in the hand gripping gesture: A randomized controlled trial. *Human Movement Science* [online]. **58**, 119-131 [cit. 2021-5-8]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2018.01.011

LOTZE, M. a HALSBAND, U. 2006. Motor imagery. *Journal of Physiology-Paris* [online]. **99**(4-6), 386-395 [cit. 2021-02-16]. ISSN 09284257. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphysparis.2006.03.012

LUTZ, R. 2003. Covert muscle excitation is outflow from the central generation of motor imagery. *Behavioural Brain Research* [online]. **140**(1-2), 149-163 [cit. 2021-5-14]. ISSN 01664328. Dostupné z: doi:10.1016/S0166-4328(02)00313-3

MAKARY, M., M., EUN, S., SOLIMAN, R., S., MOHAMED, A., Z., LEE, J. a PARK, K. 2017. Functional topography of the primary motor cortex during motor execution and motor imagery as revealed by functional MRI. *NeuroReport* [online]. **28**(12), 731-738 [cit. 2021-02-24]. ISSN 0959-4965. Dostupné z: doi:10.1097/WNR.0000000000000825

MALOUIN, F., RICHARDS, C., L., DURAND, A. a DOYON, J. 2008. Reliability of Mental Chronometry for Assessing Motor Imagery Ability After Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. **89**(2), 311-319 [cit. 2021-02-25]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2007.11.006

MALOUIN, F., RICHARDS, C., L., DURAND, A. 2009. Effects of Practice, Visual Loss, Limb Amputation, and Disuse on Motor Imagery Vividness. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. **23**(5), 449-463 [cit. 2021-5-13]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968308328733

MALOUIN, F. a RICHARDS, C. L. 2010. Mental Practice for Relearning Locomotor Skills. *Physical Therapy* [online]. **90**(2), 240-251 [cit. 2021-5-9]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20090029

MATALON, R., FREUND, J., E. a VALLABHAJOSULA, S. 2019. Functional rehabilitation of a person with transfemoral amputation through guided motor imagery: a case study. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. 1-10 [cit. 2020-11-22]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2019.1625090

MARUSIC, U., GROSPRÊTRE, S., PARAVLIC, A., KOVAČ, S., PIŠOT, R. a TAUBE, W. 2018. Motor Imagery during Action Observation of Locomotor Tasks Improves Rehabilitation Outcome in Older Adults after Total Hip Arthroplasty. *Neural Plasticity* [online]. **2018**, 1-9 [cit. 2021-02-13]. ISSN 2090-5904. Dostupné z: doi:10.1155/2018/5651391

MINASSIAN, K., HOFSTOETTER, U., S, DZELADINI, F., GUERTIN, P., A. a IJSPEERT, A. 2017. The Human Central Pattern Generator for Locomotion: Does It Exist and Contribute to Walking? *The Neuroscientist* [online]. **23**(6), 649-663 [cit. 2021-02-18]. ISSN 1073-8584. Dostupné z: doi:10.1177/1073858417699790

MIZUGUCHI, N., NAKATA, H., HAYASHI, T., SAKAMOTO, M., MURAOKA, T., UCHIDA, Y. a KANOSUE, K. 2013. Brain activity during motor imagery of an action with an object: A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Research* [online]. **76**(3), 150-155 [cit. 2020-11-12]. ISSN 01680102. Dostupné z: doi:10.1016/j.neures.2013.03.012

MIZUGUCHI, N., NAKATA, H. a KANOSUE, K. 2016. Motor imagery beyond the motor repertoire: Activity in the primary visual cortex during kinesthetic motor imagery of difficult whole body movements. *Neuroscience* [online]. **315**, 104-113 [cit. 2021-5-9]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2015.12.013

MIZUGUCHI, N., NAKATA, H., UCHIDA, Y. A KANOSUE, K. 2012. Motor imagery and sport performance. *The Journal of Physical Fitness and Sports*

Medicine [online]. **1**(1), 103-111 [cit. 2021-03-23]. ISSN 2186-8123. Dostupné z: doi:10.7600/jpfsm.1.103

MIZUGUCHI, N., SUEZAWA, M. a KANOSUE, K. 2019. Vividness and accuracy: Two independent aspects of motor imagery. *Neuroscience Research* [online]. **147**, 17-25 [cit. 2021-5-9]. ISSN 01680102. Dostupné z: doi:10.1016/j.neures.2018.12.005

MOKIENKO, O., A., CHERVYAKOV, A., V., KULIKOVA, S., N., BOBROV, P., D., CHERNIKOVA, L., A., FROLOV, A., A., a PIRADOV, M., A. 2013. Increased motor cortex excitability during motor imagery in brain-computer interface trained subjects. *Frontiers in Computational Neuroscience* [online]. 1-7, **7** [cit. 2021-02-23]. ISSN 1662-5188. Dostupné z: doi:10.3389/fncom.2013.00168

MONSMA, E. V., SHORT, S., E., HALL, C., R., GREGG, M. a SULLIVAN, P. 2009. Psychometric Properties of the Revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R). *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity* [online]. **4**(1) [cit. 2021-02-11]. ISSN 1932-0191. Dostupné z: doi:10.2202/1932-0191.1027

MOSELEY, L., G. 2004. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain* [online]. **108**(1), 192-198 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0304-3959. Dostupné z: doi:10.1016/j.pain.2004.01.006

MOU, W., MCNAMARA, T., P., RUMP, B. a XIAO, Ch. 2006. Roles of egocentric and allocentric spatial representations in locomotion and reorientation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* [online]. **32**(6), 1274-1290 [cit. 2021-02-24]. ISSN 1939-1285. Dostupné z: doi:10.1037/0278-7393.32.6.1274

MULDER, T., DE VRIES, S. a ZIJLSTRA, S. 2005. Observation, imagination and execution of an effortful movement: more evidence for a central explanation of motor imagery. *Experimental Brain Research* [online]. **163**(3), 344-351 [cit. 2021-02-15]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-004-2179-4

MULDER, T. 2007. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* [online]. 114(10), 1265-1278, [cit. 2020-01-10]. ISSN 0300-9564. Dostupné z: doi 10.1007/s00702-007-0763-z

NEUPER, Ch., SCHERER, R., REINER, M. a PFURTSCHHELLER, G. 2005. Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual–motor mode of imagery in single-trial EEG. *Cognitive Brain Research* [online]. **25**(3), 668-677 [cit. 2021-02-23]. ISSN 09266410. Dostupné z: doi:10.1016/j.cogbrainres.2005.08.014

NICO, D. 2004. Left and right hand recognition in upper limb amputees. *Brain* [online]. **127**(1), 120-132 [cit. 2021-5-13]. ISSN 1460-2156. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awh006

NISHIMURA, K., AOKI, A., INAGAWA, M., TOBINAGA, Y. a IWAKI, S. 2020. Mental rotation ability and spontaneous brain activity: a magnetoencephalography study. *NeuroReport* [online]. **31**(13), 999-1005 [cit. 2021-02-25]. ISSN 0959-4965. Dostupné z: doi:10.1097/WNR.0000000000001511

OISHI, K. a MAESHIMA, T. 2004. Autonomic Nervous System Activities During Motor Imagery in Elite Athletes. *Journal of Clinical Neurophysiology* [online]. **21**(3), 170-179 [cit. 2021-03-22]. ISSN 0736-0258. Dostupné z: doi:10.1097/00004691-200405000-00005

OOSTRA, K., OOMEN, A., VANDERSTRAETEN, G. a VINGERHOETS, G. 2015. Influence of motor imagery training on gait rehabilitation in sub-acute stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. **47**(3), 204-209 [cit. 2020-12-28]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-1908

OPPLERT, J., PAIZIS, Ch., PAPITSA, A., BLAZEVIČ, A., J., COMETTI, C., BABAUŁT, N. a BOULLOSA, D. 2020. Static stretch and dynamic muscle activity induce acute similar increase in corticospinal excitability. *PLOS ONE* [online]. 1-14, **15**(3) [cit. 2021-02-23]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0230388

PARAVLIC, A., H., PISOT, R., MARUSIC, U. a BLASCO, J., M. 2019. Specific and general adaptations following motor imagery practice focused on muscle strength in total knee arthroplasty rehabilitation: A randomized controlled trial. *PLOS ONE* [online]. **14**(8) 1-19 [cit. 2021-02-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0221089

PILGRAMM, S., DE HAAS, B., HELM, F., ZENTGRAF, K., STARK, R., MUNZERT, J. a KRÜGER, B. 2016. Motor imagery of hand actions: Decoding the content of motor imagery from brain activity in frontal and parietal motor areas. *Human Brain Mapping* [online]. **37**(1), 81-93 [cit. 2021-02-25]. ISSN 1065-9471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.23015

POLLI, A., MOSELEY, G., L., GIOIA, E., BEAMES, T., BABA, A., AGOSTINI, M., TONIN, P., TUROLLA, A. 2017. Graded motor imagery for patients with stroke: a non-randomized controlled trial of a new approach. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. **53**(1), 14-23 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.16.04215-5

PROFETA, V., L., S. a TURVEY, M., T. 2018. Bernstein's levels of movement construction: A contemporary perspective. *Human Movement Science* [online]. **57**, 111-133 [cit. 2021-02-18]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2017.11.013

RAHE, M., RUTHSATZ, V. a QUAISSER-POHL, C. 2020. Influence of the stimulus material on gender differences in a mental-rotation test. *Psychological Research* [online] 1-8. [cit. 2021-02-25]. ISSN 0340-0727. Dostupné z: doi:10.1007/s00426-020-01450-w

RANGANATHAN, V., K., SIEMIONOW, V., LIU, Z., J., SAHGAL, V. a YUE, G., H. 2004. From mental power to muscle power—gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia* [online]. **42**(7), 944-956 [cit. 2021-5-8]. ISSN 00283932. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018

ROZAND, V., Lebon, F., Papaxanthis, Ch. a Lepers, R. 2014. Does a Mental Training Session Induce Neuromuscular Fatigue? *Medicine & Science in Sports &*

Exercise [online]. **46**(10), 1981-1989 [cit. 2021-03-22]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000000327

SAIMPONT, A., MALOUIN, F., TOUSIGNANT, B. a JACKSON, P., L. 2012. The influence of body configuration on motor imagery of walking in younger and older adults. *Neuroscience* [online]. **222**, 49-57 [cit. 2021-5-9]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2012.06.066

SAKURADA, T., HIRAI, M. a WATANABE, E. 2016. Optimization of a motor learning attention-directing strategy based on an individual's motor imagery ability. *Experimental Brain Research* [online]. **234**(1), 301-311 [cit. 2021-5-11]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-015-4464-9

SARUCO, E., GUILLOT, A., SAIMPONT, A., DI RIENZO, F., DURAND, A., MERCIER, C., MALOUIN, F. a JACKSON, P. 2019. Motor imagery ability of patients with lower-limb amputation: exploring the course of rehabilitation effects. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. **55**(5) [cit. 2020-11-22]. ISSN 19739087. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.17.04776-1

SCOTT, M., TAYLOR, S., CHESTERTON, P., VOGT, S. a EAVES, D., L. 2018. Motor imagery during action observation increases eccentric hamstring force: an acute non-physical intervention. *Disability and Rehabilitation* [online]. **40**(12), 1443-1451 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0963-8288. Dostupné z: doi:10.1080/09638288.2017.1300333

SHARMA, N., JONES, P., S., CARPENTER, T., A. a BARON, J.-C. 2008. Mapping the involvement of BA 4a and 4p during Motor Imagery. *NeuroImage* [online]. **41**(1), 92-99 [cit. 2021-02-24]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2008.02.009

SHUMWAY-COOK, A. a WOOLLACOTT, M., H. 2012. *Motor control: translating research into clinical practice*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. [cit. 2021-02-17] ISBN 978-1608310180

STINEAR, C., M., BYBLOW, W., D., STEYVERS, M., LEVIN, O. a SWINNEN, S., P. 2006. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor

excitability. *Experimental Brain Research* [online]. **168**(1-2), 157-164 [cit. 2021-5-11]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-005-0078-y

SUBIRATS, L., ALLALI, G., BRIANSOULET, M., SALLE, J., Y. a PERROCHON, A. 2018. Age and gender differences in motor imagery. *Journal of the Neurological Sciences* [online]. **391**, 114-117 [cit. 2021-5-12]. ISSN 0022510X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jns.2018.06.015

SVOBODA, K. a LI, N. 2018. Neural mechanisms of movement planning: motor cortex and beyond. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. **49**, 33-41 [cit. 2021-02-22]. ISSN 09594388. Dostupné z: doi:10.1016/j.conb.2017.10.023

SZAMEITAT, A., J., SHEN, S. a STERR, A. 2007. Motor imagery of complex everyday movements. An fMRI study. *NeuroImage* [online]. **34**(2), 702-713 [cit. 2021-02-23]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2006.09.033

TEICHTAHL, A., J., WLUKA, A., E., MORRIS, M., E., DAVIS, S., R. a CICUTTINI, f., M. 2009. The Associations Between the Dominant and Nondominant Peak External Knee Adductor Moments During Gait in Healthy Subjects: Evidence for Symmetry. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. **90**(2), 320-324 [cit. 2021-5-8]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2008.07.030

TODOP, T., M. a BUNNNO, Y. 2016. Excitability of Spinal Neural Function by Motor Imagery with Isometric Opponens Pollicis Activity: Influence of Difference Methods of Motor Imagery. *International Journal of Neurorehabilitation* [online]. **03**(06), 1-4 [cit. 2021-02-25]. ISSN 23760281. Dostupné z: doi:10.4172/2376-0281.1000232

TONEGAWA, S., PIGNATELLI, M., ROY, D., S. a RYAN, T., J. 2015. Memory engram storage and retrieval. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. **35**, 101-109 [cit. 2020-11-18]. ISSN 09594388. Dostupné z: doi:10.1016/j.conb.2015.07.009

TONG, Y., PENDY, J., T., LI, W., A., DU, H., ZHANG, T., GENG, X. a DING, Y. 2017. Motor Imagery-Based Rehabilitation: Potential Neural Correlates and Clinical Application for Functional Recovery of Motor Deficits after Stroke. *Aging and*

disease [online]. **8**(3) [cit. 2020-12-19]. ISSN 2152-5250. Dostupné z: doi:10.14336/AD.2016.1012

VAISMAN, A., GUILOFF, R., ROJAS, J., DELGADO, I., FIGUEROA, D. a CALVO, R. 2017. Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated With Single-Leg-Dominant Sports. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. **5**(12), 1-6 [cit. 2021-5-8]. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967117744240

VARGAS, C.D. 2004. The Influence of Hand Posture on Corticospinal Excitability during Motor Imagery: A Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Cerebral Cortex* [online]. **14**(11), 1200-1206 [cit. 2021-5-9]. ISSN 1460-2199. Dostupné z: doi:10.1093/cercor/bhh080

VÉLE, F. 2006. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton. ISBN 80-7254-837-9

WANG, Ch., CHEN, X. a KNIERIM, J., J. 2020. Egocentric and allocentric representations of space in the rodent brain. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. **60**, 12-20 [cit. 2021-02-24]. ISSN 09594388. Dostupné z: doi:10.1016/j.conb.2019.11.005

WATANABE, H., MIZUGUCHI, N., MAYFIELD, D., L. a YOSHITAKE, Y. 2018. Corticospinal Excitability During Actual and Imaginary Motor Tasks of Varied Difficulty. *Neuroscience* [online]. **391**, 81-90 [cit. 2021-02-23]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2018.08.011

WENDEROTH, N. 2018. Motor Learning Triggers Neuroplastic Processes While Awake and During Sleep. *Exercise and Sport Sciences Reviews* [online]. **46**(3), 152-159 [cit. 2020-11-17]. ISSN 0091-6331. Dostupné z: doi:10.1249/JES.0000000000000154

WILLIAMS, S., E., GUILLOT, A., DI RIENZO, F. a CUMMING, J. 2015 Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability. *European*

Journal of Sport Science [online]. **15**(8), 703-711 [cit. 2021-02-25]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2015.1051133

WITTKOPF, P., G. a JOHNSON, M., I. 2017. Mirror therapy: A potential intervention for pain management. *Revista da Associação Médica Brasileira* [online]. **63**(11), 1000-1005 [cit. 2021-01-03]. ISSN 1806-9282. Dostupné z: doi:10.1590/1806-9282.63.11.1000

YOKOTA, H., MIZUGUCHI, N., KAKIGI, R. a NAKATA, H. 2018. Modulation of corticospinal excitability during positive and negative motor imageries. *Neuroscience Letters* [online]. **672**, 1-5 [cit. 2021-02-23]. ISSN 03043940. Dostupné z: doi:10.1016/j.neulet.2018.02.036

YU, Q., FU, A., S., N., KHO, A., LI, J., SUN, X. a CHAN, Ch., C., H. 2016. Imagery perspective among young athletes: Differentiation between external and internal visual imagery. *Journal of Sport and Health Science* [online]. **5**(2), 211-218 [cit. 2021-03-22]. ISSN 20952546. Dostupné z: doi:10.1016/j.jshs.2014.12.008

ZABICKI, A., DE HAAS, B., ZENTGRAF, K., STARK, R., MUNZERT, J. a KRÜGER, B. 2019. Subjective vividness of motor imagery has a neural signature in human premotor and parietal cortex. *NeuroImage* [online]. **197**, 273-283 [cit. 2021-02-24]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2019.04.073

Seznam zkratek

ADL	activity daily living, běžné denní činnosti
ANS	autonomní nervový systém
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
CPG	central pattern generators, centrální generátory pohybu
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
EEG	elektroencefalografie
EMG	elektromyografie
fMRI	functional magnetic resonance imaging , funkční magnetická rezonance
GMI	Graded motor imagery, stupňovaná představa pohybu
KVIQ	Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire
MEPs	Motor evoked potentials, motorické evokované potenciály
MIQ	Movement Imagery Questionnaire
MIQ-R	Movement Imagery Questionnaire-Revised
MIQ-RS	Movement Imagery Questionnaire-Revised, Second Edition
MT	mirror therapy, zrcadlová terapie
PD	Parkinson's disease, Parkinsonova choroba

polyEMG	poly-electromyography, povrchová elektromyografie
TMS	transkraniální magnetická stimulace
TUG	Timmed Up and Go test

Seznam obrázků

Obrázek 1 Korová aktivita při kinestetické a vizuální představě pohybu.....	20
Obrázek 2 Srovnání svalové aktivity při pohybu (PE) a jeho následné představě	27
Obrázek 3 Svalová aktivita dominantní DK při chůzi do schodů a při její následné představě	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní popisná statistika pro svalovou aktivitu fázičké DK při představě pohybu výstupu na schod	43
Tabulka 2 Základní popisná statistika pro svalovou aktivitu stojné DK při představě pohybu výstupu na schod	43
Tabulka 3 Základní popisná statistika pro subjektivní hodnocení náročnosti představy pohybu	44
Tabulka 4 Změny svalové aktivity fázičké DK při představě pohybu před a po jeho realizaci	46
Tabulka 5 Změny svalové aktivity stojné DK při představě pohybu před a po jeho realizaci	47
Tabulka 6 Změny subjektivního hodnocení náročnosti pohybu před a po jeho realizaci.....	47
Tabulka 7 Vztah změny subjektivního hodnocení náročnosti představy pohybu a změny svalové aktivity	48

Seznam příloh

Příloha 1 Informovaný souhlas.....	87
Příloha 2 MIQ-R dotazník.....	89
Příloha 3 Arch pro zaznamenání výsledků MIQ-R dotazníku a subjektivního hodnocení představy pohybu.....	93

Přílohy

Příloha 1 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Diplomová práce s názvem – Vliv představy pohybu na svalovou aktivitu dolních končetin

Období realizace: Září 2020–Srpen 2021

Řešitelé projektu: Bc. Veronika Kučerová, Mgr. Marek Tomsa

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zhodnotit aktivitu svalů dolních končetin a břicha při představě výstupu na schod pomocí povrchového EMG, kdy si samotný pohyb budete prve jenom představovat a pak se výstup na schod aj prakticky provede. Měření bude trvat okolo 45 min, proběhne jednorázově v prostorech Univerzity Palackého pod dohledem fyzioterapeuta. Z účasti na výzkumu se dozvíte informace o schopnosti zapojit Vaše svaly při představě pohybu a o tom, zda je stereotyp aktivaci svalů při samotném provedení pohybu správný a jaká je Vaši schopnost celkového vnímání svého těla. Z výzkumů pro Vás nevyplývají žádné rizika, pokud budete dodržovat instrukce řešitele projektu. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení účastníka výzkumu

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): _____

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: _____

Příloha 2 MIQ-R dotazník

MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED (MIQ-R)

Tento dotazník hodnotí dva způsoby provádění pohybů v představě. První způsob je pokusit se vytvořit vizuální představu neboli obraz pohybu ve své mysli, druhý je pokusit se cítit a vnímat pohyb bez jeho skutečného provedení. Žádám Tě o provedení obou těchto mentálních úkolů pro dané pohyby v tomto dotazníku a následně zhodnocení do tabulky, jak snadné/obtížné pro Tebe tyto úkoly byly. Na dané otázky neexistují správné či špatné odpovědi. Každé z následujících tvrzení popisuje konkrétní pohyb. Čti pečlivě každé tvrzení, a pak proved' popsany pohyb. Ten vykonej pouze jednou. Vrat' se do výchozí pozice a splň druhou, mentální, část úkolu. Po dokončení požadovaného mentálního úkolu zhodnot' snadnost/obtížnost, s jakou jsi byla schopna úkol provést. Hodnot' dle následující stupnice:

Stupnice – vizuální představy

7	6	5	4	3	2	1
Velmi snadno viděná	Snadno viděná	Spíše snadno viděná	Neutrálně viděná (ani snadno ani těžce)	Spíše obtížně viděná	Obtížně viděná	Velmi obtížně viděná

Stupnice – kinestetické představy

7	6	5	4	3	2	1
Velmi snadno vnímaná	Snadno vnímaná	Spíše snadno vnímaná	Neutrálně vnímaná (ani snadno ani těžce)	Spíše obtížně vnímaná	Obtížně vnímaná	Velmi obtížně vnímaná

1. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj snožmo s horními končetinami připaženými.

POHYB: Pomalu zvedni pravé koleno co nejvýše a opět jej pomalu vrať do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici a pokus se vnímat, jak opět provádíš právě vykonaný pohyb, ale nyní bez jeho skutečného provedení. Následně zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

2. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s dolními končetinami mírně od sebe a horními končetinami připaženými.

POHYB: Přejdi do mírného podřepu a následně se současným pohybem horních končetin směrem vzhůru vyskoč co nejvýše a snaž se dopadnout do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici. Pokus se vidět samu sebe, jak provádíš právě vykonaný pohyb v co nejjasnější a nejživější představě. Nyní zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

3. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj snožmo s nedominantní horní končetinou upaženou, kdy dlaň směřuje dolů a druhou horní končetinou připaženou.

POHYB: Svou upaženou nedominantní horní končetinu pomalým vodorovným pohybem předpaž. Během celého pohybu ji drž nataženou.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici a pokus se vnímat, jak opět provádíš právě vykonaný pohyb, ale nyní bez jeho skutečného provedení. Následně zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

4. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s dolními končetinami mírně od sebe a horními končetinami vzpaženými.

POHYB: Pomalu se předkloň tak, aby ses prsty dotkla země či nohou. Poté se stejným způsobem vrať do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici. Pokus se vidět samu sebe, jak provádíš právě vykonaný pohyb v co nejjasnější a nejživější představě. Nyní zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

5. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s dolními končetinami mírně od sebe a horními končetinami připáženými.

POHYB: Přejdi do mírného podřepu a následně se současným pohybem horních končetin směrem vzhůru vyskoč co nejvýše a snaž se dopadnout do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici a pokus se vnímat, jak opět provádíš právě vykonaný pohyb, ale nyní bez jeho skutečného provedení. Následně zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

6. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj snožmo s horními končetinami připáženými.

POHYB: Pomalu zvedni pravé koleno co nejvýše a opět jej pomalu vrať do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici. Pokus se vidět samu sebe, jak provádíš právě vykonaný pohyb v co nejjasnější a nejživější představě. Nyní zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

7. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s dolními končetinami mírně od sebe a horními končetinami vzpaženými.

POHYB: Pomalu se předkloň tak, aby ses prsty dotkla země či nohou. Poté se stejným způsobem vrať do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici a pokus se vnímat, jak opět provádíš právě vykonaný pohyb, ale nyní bez jeho skutečného provedení. Následně zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

8. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj snožmo s nedominantní horní končetinou upaženou, kdy dlaň směřuje dolů a druhou horní končetinou připáženou.

POHYB: Svou upaženou nedominantní horní končetinu pomalým vodorovným pohybem předpaž. Během celého pohybu ji drž nataženou.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujmi výchozí pozici. Pokus se vidět samu sebe, jak provádíš právě vykonaný pohyb v co nejjasnější a nejživější představě. Nyní zhodnot' snadnost/obtížnost, se kterou jsi byla schopna tento mentální úkol provést.

Příloha 3 Arch pro zaznamenání výsledků MIQ-R dotazníku a subjektivního hodnocení představy pohybu

Hodnocení MIQ-R dotazníku probandem

Jméno a příjmení:

Věk:

Výška:

Váha:

Dominantní DK:

Výsledky MIQ-R dotazníku

č. 1	
č. 2	
č. 3	
č. 4	
č. 5	
č. 6	
č. 7	
č. 8	

Subjektivní hodnocení představy probandem

Ohodnot' na škále od 1-5, jak snadná či obtížná pro Tebe byla představa daného pohybu, přičemž 1 = velmi obtížné, 5 = velmi snadné.

Situace	Hodnocení PDK	Hodnocení LDK
Představa výstupu na schod – leh na zádech		
Představě výstupu na schod po provedení výstupu – leh na zádech		

