

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav klinické rehabilitace

Bc. Barbora Müllerová

Efekt představy chůze aspektem povrchové elektromyografie

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Hana Haltmar

Olomouc 2021

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Efekt představy chůze aspektem povrchové elektromyografie

Název práce v AJ: Effect of imagined gait in aspect of surface electromyography

Datum zadání: 31.01. 2020

Datum odevzdání: 24.05. 2021

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Bc. Barbora Müllerová

Vedoucí práce: Mgr. Hana Haltmar

Oponent práce: Mgr. Kateřina Teplá

Abstrakt v ČJ:

Úvod: Představa analytického pohybu a představa chůze modifikují svalovou aktivitu.

Cíl: Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv představy chůze/chůze po čáře na svalovou aktivitu distálních svalů dolních končetin (mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores).

Metodika: Experimentálního měření se zúčastnilo 20 zdravých probandů ve věkovém rozmezí 49-70 let. Průměrný věk výzkumné skupiny byl 56,7 let ($\pm 5,86$), průměrná výška 172,65 cm ($\pm 9,13$) a hmotnost 74 kg ($\pm 11,82$). Všichni jedinci měli dobrou úroveň představivosti, která se zhodnotila na základě vyplnění dotazníků MIQ-R a MIQ-RS. Poté byli probandí měřeni ve 4 následujících situacích, vždy v tomto pořadí: 1. klidný stoj bez představy (klid CH/Č), 2. představa chůze/chůze po čáře před její realizací (představa CH/Č před), 3. realizace vlastní chůze/chůze po čáře, 4. představa chůze/chůze po čáře po její realizaci (představa CH/Č po). Aktivita svalů dolních končetin, konkrétně mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores, byla snímána prostřednictvím polyEMG. Hodnoceným parametrem byl průměr svalové aktivity.

Výsledky: Signifikantní snížení svalové aktivity během představy chůze/chůze po čáře bylo zaznamenáno u m. gastrocnemius sin. v těchto situacích: klid CH X představa CH před,

klid CH X představa CH po. Další signifikantní pokles aktivity byl změřen u m. gastrocnemius medialis dx. v situaci klid Č X představa Č před.

Závěr: Představa chůze ovlivňuje aktivitu svalů dolních končetin a její potenciál by se mohl využít během rehabilitační péče.

Abstrakt v AJ:

Introduction: The motor imagery of analytical movement and the imagery of gait modifying muscle activity.

Aim: The aim of this diploma thesis was to determine the muscle activity of the lower limbs (mm. gastrocnemii mediales and mm. tibiales anteriores) during motor imagery of gait/gait along the line.

Methods: 20 healthy probands aged 49-70 years participated in this experimental measurement. The mean age of the research group was 56,7 years ($\pm 5,86$), mean height was 172,65 cm ($\pm 9,13$) and weight 74 kg ($\pm 11,82$). All individuals had a good level of imagination, which was evaluated by completing questionnaires (MIQ-R, MIQ-RS). Afterwards, probands were measured in four following situations, in the same order: 1. stand still without an imagination (klid CH /Č), 2. the imagery of gait / gait along the line before a realization (představa CH /Č před), 3. The realization of walking / walking along the line, 4. the imagery of gait / gait along the line after realization (představa CH /Č po). The activity of lower limb muscles, specifically mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores, was measured by polyEMG. The evaluated parameter was the mean of the muscle activity.

Results: A significant decrease in muscle activity was observed in the m. gastrocnemius medialis sin. during these situations: klid CH X představa CH před, klid CH X představa CH po. Another significant decrease in the muscle activity was measured in the m. gastrocnemius medialis dx. in this situation: klid Č X představa Č před.

Conclusion: The imagery of gait affects the activity of the lower leg's muscles and the potential of the imagery of gait could be used during rehabilitation care.

Klíčová slova v ČJ: chůze, lokomoce, povrchová elektromyografie, představa chůze, představa pohybu.

Klíčová slova v AJ: gait, locomotion, surface electromyography, imagery of gait, motor imagery.

Rozsah: počet stran 101/počet příloh 8

Dedikce

Tato diplomová práce vznikla za podpory grantu Univerzity Palackého v Olomouci IGA FTK 2020 014 „Vliv představy pohybu na svalovou aktivitu a posturální stabilitu“ (hlavní řešitel Mgr. Hana Haltmar).

Prohlášení

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

Olomouc 24. května 2021

podpis

Poděkování

Velice ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce, paní Mgr. Haně Haltmar, za příjemnou spolupráci, vstřícný přístup a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, příteli a přátelům za veškerou podporu během studia.

Obsah

| | |
|---|----|
| ÚVOD..... | 8 |
| 1 MOTORICKÝ SYSTÉM V KONTEXTU PŘEDSTAVY..... | 10 |
| 1.1 Představa, provedení a pozorování..... | 11 |
| 2 PŘEDSTAVA POHYBU..... | 13 |
| 2.1 Dělení představy..... | 14 |
| 2.2 Neuroplasticita a představa..... | 15 |
| 2.3 Využití představy v rehabilitaci..... | 17 |
| 3 CHŮZE A JEJÍ PŘEDSTAVA..... | 20 |
| 3.1 Řízení chůze..... | 20 |
| 3.2 Představa chůze..... | 23 |
| 3.2.1 Dynamická a statická představa chůze..... | 25 |
| 3.3 Řízení představy chůze..... | 26 |
| 4 ZAPOJENÍ MOZKOVÝCH OBLASTÍ BĚHEM PŘEDSTAVY STOJE, CHŮZE A BĚHU..... | 28 |
| 5 METODY MĚŘENÍ PŘEDSTAVY POHYBU..... | 29 |
| 5.1 Centrální metody měřící představu..... | 29 |
| 5.1.1 Funkční magnetická rezonance..... | 30 |
| 5.1.2 Pozitronová a jednofotonová emisní tomografie..... | 30 |
| 5.2 Periferní metody měřící představu..... | 31 |
| 5.2.1 Povrchová elektromyografie..... | 31 |
| 5.2.2 Snímání projevů autonomního nervového systému..... | 32 |
| 5.3 Dotazníky hodnotící úroveň představivosti..... | 33 |
| 6 CÍL A HYPOTÉZY..... | 35 |
| 6.1 Cíl..... | 35 |
| 6.2 Hypotézy..... | 35 |
| 7 METODIKA VÝZKUMU..... | 37 |
| 7.1 Charakteristika výzkumné skupiny..... | 37 |
| 7.2 Měření..... | 38 |
| 7.2.1 Metody..... | 38 |
| 7.2.2 Přípravy..... | 38 |
| 7.2.3 Průběh výzkumu..... | 39 |
| 7.3 Zpracování dat..... | 41 |
| 7.3.1 Zpracování naměřených dat z povrchové elektromyografie..... | 41 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.3.2 | Statistické zpracování | 41 |
| 8 | VÝSLEDKY | 42 |
| 8.1 | Vyjádření ke stanoveným hypotézám | 48 |
| 9 | DISKUSE | 51 |
| 9.1 | Vliv představy na svalovou aktivitu | 51 |
| 9.1.1 | Vliv představy analytického pohybu na svalovou aktivitu..... | 51 |
| 9.1.2 | Vliv představy chůze na svalovou aktivitu..... | 54 |
| 9.1.3 | Porovnání výsledků diplomových prací s ostatními studii..... | 58 |
| 9.2 | Vliv představy na posturální výchylky | 59 |
| 9.3 | Vliv výchozí pozice na představu pohybu | 60 |
| 9.4 | Přínos pro rehabilitační praxi..... | 61 |
| 9.5 | Limity výzkumu..... | 63 |
| | ZÁVĚR..... | 65 |
| | Referenční seznam..... | 66 |
| | Seznam zkratk..... | 82 |
| | Seznam obrázků..... | 84 |
| | Seznam tabulek..... | 85 |
| | Seznam příloh..... | 86 |

ÚVOD

Chůze patří mezi nejvíce používaný lokomoční pohyb, díky němuž se člověk přesouvá z místa na místo. V některých situacích, například po různých onemocněních či úrazech, může být schopnost chůze narušena, a tím člověk částečně ztrácí svou nezávislost. Proto je v těchto případech samostatná bipedální chůze hlavním cílem, kterého se snaží dosáhnout terapeut i pacient během rehabilitační péče. K docílení samostatné bipedální chůze lze využít různé metody, techniky nebo elektrické přístroje. Jednou z nejnovějších doplňkových metod podporující návrat ztracených schopností je představa pohybu.

Představa, nebo také mentální simulace, je kognitivní proces, který je charakterizován interním opakováním činnosti bez jejího zjevného projevu. Představa pohybu se s postupem času dostává do popředí zájmu a je čím dál více zkoumána. Výhodou představy pohybu je to, že ji může využívat téměř kdokoliv a kdekoliv a nemusí být během ní přítomen odborný dohled. Efekt představy pohybu je pozorován jak u sportovců a zdravých jedinců, tak i u lidí s neurologickým nebo ortopedickým problémem či bolestivým stavem. Jako za zásadní pozitivní účinek imaginace je považována modifikace svalové aktivity a zlepšení svalové koordinace. Tento efekt se může také využít třeba u imobilních lidí nebo lidí trpící zvýšenou únavou.

Většina studií, které zkoumají představu, se zabývá imaginací jednoduchého (analytického) pohybu periferních segmentů organismu, nikoli komplexnějším a složitějším pohybem celého těla, jako je například chůze. V této diplomové práci je zkoumána jak představa vlastní chůze, tak i její obtížnější modifikace, a to chůze po čáře. Chůze byla vybrána proto, že je pro člověka esenciálním lokomočním pohybem. Při představě chůze dochází k určité modifikaci nejen svalové aktivity, ale i aktivity centrálního nervového systému. V porovnání s představou analytického pohybu jsou tyto modifikace odlišné. Obtížnější modifikace chůze byla zvolena za účelem zjištění, jestli je její představa těžší a jestli výrazněji ovlivní svalovou aktivitu v porovnání s vlastní chůzí. Pokud by se prokázaly pozitivní účinky představy chůze/chůze po čáře, mohly by v budoucnu pomáhat k její efektivnější rehabilitaci.

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnotit změny bilaterální svalové aktivity distálních svalů dolních končetin, konkrétně mm. tibiales anteriores a mm. gastrocnemii mediales, během představy vlastní chůze/chůze po čáře prostřednictvím povrchové elektromyografie (polyEMG). Dílčím cílem je, jestli reálná zkušenost signifikantně moduluje aktivitu měřených svalů.

K vyhledávání odborných článků, které byly nutné ke splnění cílů práce, byly využity následující on-line databáze: EBSCO, MEDLINE Complete, Science Direct, Google Scholar, Scopus, PubMed a APA PsycInfo. Použité publikované odborné články byly stanoveny časovým rozmezím, a to od 1.1. 2000 do 1.4. 2021. Pro vyhledávání v databázích byla použita tato klíčová slova: povrchová elektromyografie, lokomoce, chůze, představa chůze, představa pohybu, respektive jejich anglické překlady: surface electromyography, locomotion, gait, imagery of gait, motor imagery. Na základě klíčových slov bylo vyhledáno v on-line databázích a použito 86 odborných článků v anglickém jazyce bez duplicit a dalších 22 odborných publikací v anglickém jazyce bylo vyhledáno ručním zadáváním. Dále bylo vyhledáno 8 obhájených diplomových prací ke konfrontaci výsledků. Níže zmíněná literatura (3) byla použita jako základní vstupní literatura k detailnější orientaci v dané problematice:

KOLÁŘ P. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. s. 1-713. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLÁŘOVÁ B., STACHO J., JIRÁČKOVÁ M., KONEČNÝ P., NAVRÁTILOVÁ L. 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 2. přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019. s. 1-142. ISBN 978-80-244-5403-0.

MIRELMAN A., SHEMA A., MAIDAN S. I., HAUSDORFF J.M. 2018. *Chapter 7 - Gait*. Handbook of Clinical Neurology. [online]. 2018. s. 119-134. ISBN 9780444639165. ISSN 0072-9752. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00007-0.

1 MOTORICKÝ SYSTÉM V KONTEXTU PŘEDSTAVY

Motorický systém ovládá svalovou činnost lidského organismu. Podílí se na volních i mimovolních pohybových činnostech, ale také na myšlenkových procesech, které podporují vnímání a motorickou představu pohybu. Při motorickém projevu činnosti v reálném světě hraje důležitou roli nejen plánování a uskutečňování dané činnosti, ale také její motorická představa a rozpoznání. Při vnímání činnosti je často stimulovaný náš smyslový systém i bez přítomnosti našeho vědomí. Zatímco motorická představa je proces, při kterém jednotlivec danou situaci prožívá ve svém duševním (mentálním) světě bez současné smyslové stimulace. Tato představa se uskutečňuje bez pozorovatelné motorické činnosti, ale však za přítomnosti našeho vědomí a volní kontroly (Savaki a Raos, 2019, s. 107).

Předpokládá se, že každý provedený pohyb obsahuje dvě fáze. První (neuroimaginární) fáze probíhá v korových a podkorových centrech mozku bez motorického projevu, tato fáze je obrazem budoucího zjevného pohybu, který je uskutečňován ve druhé fázi. Ve druhé fázi je představovaný pohyb převeden na reálný, skutečný pohyb. Každou motorickou činnost předchází její vnitřní interpretace v mozkové tkáni, zatímco imaginární činnost se nemusí nutně projevit do motorickém projevu (Jeannerod, 2001, s. 103). Do první fáze pohybu patří jeho pozorování a představa, druhá fáze zahrnuje provedení pohybu.

Méně náročné činnosti jsou automatické a nevyžadují zapojení korové oblasti. Motorický projev těchto činností závisí na jeho stimulaci ze smyslových a senzoričkových receptorů. Zatímco náročnější činnosti, při kterých je nutné zapojení vyšších etází centrálního nervového systému (korový center), jsou obvykle vědomé a pod volní kontrolou. Tyto činnosti nejsou tolik závislé na stimulaci ze smyslového a senzoričkového systému, ale řídí se především představivostí a plánováním pohybu v korové části mozku (Barlassina a Gordon, 2017 in Savaki a Raos, 2019, s. 107-108).

Činnosti jsou řízeny interně centrálním nervovým systémem (dále jen CNS), nikoliv přímo vnějším světem. Vnějším světem jsou jen ovlivňovány. Motorický obraz pohybu je součástí motorických aktivit mozku a souvisí s úmyslem a přípravou pohybů. Příprava segmentů k provedení volního pohybu je nevědomý proces, ale motorický projev (obsah motorických obrazů) je proces plně vědomý. Cíl volní motorické činnosti je definován jako konečný výsledek zamýšlené akce (Jeannerod, 1995, s. 1419-1432 in Mulder et al., 2004, s. 212).

Motorický plán pohybu je výrazně ovlivňován vizuálními informacemi, které v závislosti na působení gravitační síly modifikují pohybovou kinematiku segmentu. CNS

využívá k plánování budoucího pohybu vizuální informace, i přes to, že tyto informace způsobí využívání méně energeticky výhodných motorických programů (Sciutti et al., 2012, s. 3433, 3444).

Léze CNS ovlivňující přímo motorický systém (např. motorickou kůru) narušují expresi všech představovaných aktivit (pohybů), ale imaginace daných aktivit je zachována. Při hemiplegii po kortikospinální lézi se objevuje hlavně motorický deficit v pohybu. Naopak léze postihující struktury lokalizované „před“ motorickým systémem (např. subkortikální oblasti) ovlivňují a narušují schopnost vytvářet představu dané činnosti. Může tomu být tak u Parkinsonovy choroby, při které dochází k dysfunkci bazálních ganglií, pacienti mají problém především s představou a plánováním daného pohybu. Jejich motorický projev pak závisí na dalších aspektech (rigidita, závažnost dysfunkce bazálních ganglií atd.) (Jeannerod, 2001, s. 106-107).

1.1 Představa, provedení a pozorování

Ve studii Grezes a Decety (2001, s.1-3) je uvedeno, že existuje tzv. „funkční ekvivalence“, což je funkční rovnost mezi záměrem, provedením, pozorováním a představováním dané činnosti z pohledu první osoby. Při motorické představě pohybu se aktivuje především motorická kůra, zatímco při napodobování a pozorování se aktivuje presuplementární motorická oblast a dorsolaterální přední gyru. Překrývání neuronálních sítí při provádění, pozorování a představování činnosti se nachází především v suplementární motorické oblasti, dorzálním premotorickém kortexu, supramarginálním gyru, superiorním parietálním laloku a v superiorním okcipitálním gyru. Je tomu tak, protože v těchto oblastech dochází ke generování vhodného motorického plánu pro zamýšlený cíl (Grazes a Decety, 2001, s. 15).

Neuronální sítě aktivované při provádění, pozorování a představování dané činnosti jsou částečně překryté a tvoří tzv. základní síť. Každá z těchto kognitivních funkcí má i svou vlastní neuronální síť. Propojenost sítí poukazuje na blízký vztah mezi zamýšlenou činností (vnímání a představa akce) a výkonnými senzorio-motorickými sítěmi (provedení akce) (Jeannerod, 2001, s. 104).

Premotorická a primární motorická kůra, suplementární motorická oblast, kůra gyru cinguli, parietální lalok a mozeček jsou součástí propojené neuronální sítě, která se aktivuje při výše zmíněných činnostech (Grezes a Decety, 2001, s.1-2).

K porozumění dané činnosti mohou sloužit i napodobovací procesy, kterými se člověk snaží vědomě nebo nevědomě imitovat sociálního partnera. Při těchto procesech dochází k aktivaci zrcadlových neuronů (Brass a Heyess, 2005, s. 489). Síť zrcadlových neuronů nacházející se ve ventrálním premotorickém a inferiorním parietálním kortexu není tak rozsáhlá jako tzv. základní neuronální síť aktivovaná při pozorování, představě a provedení pohybu (Caspers, 2010, s. 1159-1160).

Představa je důležitá, protože umožňuje generovat smyslové motorické obrazy, zaměřovat je v různých motorických úkolech, plánovat a připomínat osobní zkušenosti a aktivně chápat, co někdo zažívá (Savaki a Raos, 2019, s. 112).

Při kombinaci mentální představy a pozorování činnosti dochází k větší kontrole nad obsahem a živostí simulované akce (Hardwick et al., 2018, s. 39).

2 PŘEDSTAVA POHYBU

Motorická představa může být chápána jako interní představa provedení dané činnosti bez jejího motorického uskutečnění (Jeannerod, 2001, s. 103-104). Ve studii Hardwick et al. (2018, s. 31-32) je uvedeno, že mentální reprezentace motorických programů bez fyzického provedení pohybu je uskutečňována buď prostřednictvím motorické představy, nebo sledování činnosti prováděné ostatními jedinci (Hardwick et al., 2018, s. 31-32).

Mentální simulace konkrétního pohybu je považována za interní opakování činnosti bez fyzického projevu, to znamená, že si subjekt mentálně představuje, že danou akci vykonává. Konkrétní aktivita je představována jedincem, při níž dochází k aktivaci mozkových oblastí (Grazes a Decety, 2001, s. 2-3).

Motorická představa je vysvětlována i jako explicitní nebo implicitní reprezentace činnosti bez průvodního pohybu. Implicitní motorická představa je chápána jako mentální schopnost otáčení předmětu v představě (například určení laterality), zatímco explicitní motorická představa je mentální představa činnosti podle specifických instrukcí, nebo jako chtěná aktivní představa pro dosažení předmětu (Ruffino, Papaxanthis a Lebon, 2017, s. 61-62).

Během představování určitého pohybu dochází ke zvýšení svalového napětí nejen v cílovém svalu, ale i ve svalech, které jsou funkčně propojeny s představovaným pohybem (ve svalech synergických). Kortikální mapy svalů, které se funkčně pojí s daným pohybem, se značně překrývají a jsou aktivovány po dobu, během níž si člověk daný pohyb představuje. Motorická představa a observace pohybu zvyšují obsah a objem těchto map. Určitý pohyb segmentu (například flexe zápěstí) vykazuje danou kortikální mapu, ale všechny možné pohyby segmentu splývají do jedné velké oblasti nacházející se v obou hemisférách. V centrální části této oblasti jsou obsaženy všechny pohyby segmentu, v malé periferní zóně jsou reprezentovány jednotlivé svaly. Funkční překrytí map je charakterizováno vysokým podílem sdílených funkčních vlastností segmentu ve středu kortikálních map, s postupem k jejich periférii dochází ke snižování společných vlastností. K výraznější aktivaci kortikálních map dochází v levé hemisféře (Marconi et al., 2007, s. 1773-1774).

Mechanismus tréninku mentální představy konkrétního pohybu je vysvětlován dvěma teoriemi: psychoneuromuskulární teorií a teorií centrální reprezentace. Psychoneuromuskulární teorie, také nazývaná periferní teorie, je založena na principu, že při představě pohybu jsou aktivovány stejné svaly jako při exekuci daného pohybu. Tato aktivace napomáhá ke zdokonalení vhodných koordinačních vzorců a k posílení motorických programů

v motorické kůře. Proto během mentálního cvičení dochází k nárůstu svalového tonu a svalové aktivity v cílových svalech. Tudiž aktivace periferie (svalů) zapříčiní změnu v motorické kůře. Tato teorie pracuje na mechanismu „bottom-up“. Druhá teorie, teorie centrální reprezentace, je založena na principu, že jedinci budou těžit z fyzické nikoli mentální praxe. Zvýšená svalová síla v cílových svalech je přičítána vyšším (centrálním) úrovním motorického systému zapojených do plánování a programování pohybu. Podstatným faktorem motorického učení jsou předchozí zkušenosti s daným pohybem. Prostřednictvím vlastní fyzické zkušenosti dojde k uložení plánu a programu pohybu, který může být následně aktivován mentální představou. Proto dochází k signifikantnímu zlepšení u jedinců se fyzickými zkušenostmi s daným pohybem než u jedinců pouze s mentální zkušeností. Na základě zkušeností s konkrétním pohybem dochází k aktivaci motorických programů. Tato teorie vychází z mechanismu „top-down“ (Mulder et al., 2004, s. 211-213, 215).

Během motorické představy pohybu jsou stimulovány velké kortikální sítě, subkortikální a mozečkové regiony. Aktivace určitých mozkových regionů během motorické představy závisí na typu představovaného pohybu (jednoduchý nebo složitý), na způsobu zobrazení (kinestetická nebo vizuální představa), na efektoru (část organismu zapojujícího se do pohybu) a na informacích poskytnuté účastníkovi. Dalšími neopomenutelnými faktory jsou schopnost zpracovat informace (motorické zobrazení, vnímání vlastního těla, zpracování proprioceptivních informací) a vykonání zátěže (schopnost motorické kontroly nebo plánování) (Hetu et al., 2013, s. 946).

2.1 Dělení představy

Mentální představa činnosti může být představována v několika různých modalitách – například představa na úrovni vizuální (vnitřní a vnější zobrazení), hmatové (využívající informací z kožních receptorů za účelem obnovení interakce s prostředím), kinestetické (založené na senzoryckých informacích generované v průběhu pohybu), sluchové, čichové a chuťové. Speciální subkategorií je motorická představa činnosti, která interpretuje vnitřní vnímání specifické motorické aktivity bez jakéhokoliv motorického projevu. Motorické představy se využívá při učení, nácviku nebo zlepšení provedení určitého pohybu. Aby došlo k zesílení aktivace senzomotorického systému při motorické představě, tak člověk může využít tyto modalitty samostatně nebo je jakkoliv kombinovat (Mulder et al., 2004, s. 211; Ruffino, Papaxanthis a Lebon, 2017, s. 61-62).

Stinear, Byblow a Steyvers (2006, s. 161-163) zjistili, že kinestetické a vizuální strategie představy pohybu mají rozdílné účinky na kortikomotorickou dráždivost – kinestetická strategie moduluje excitaci kortikomotorických drah. Předpokládá se, že při kinestetické představě (strategii, modalitě) dochází k ovlivnění dráždivosti především na supraspinální úrovni – primární motorické oblasti a kortikospinální dráhy. Zvolený typ představy ovlivňuje oblast a stupeň aktivace těchto kortikomotorických drah. V průběhu kinestetické představy jedinec vnímá imaginární pohyb z pohledu první osoby, proto má i větší prožitek z představovaného pohybu, jelikož dochází ke vnímání pohybu se všemi smyslovými důsledky. Zatímco během vizuální představy jedinec vnímá pohyb z pohledu třetí osoby a jedinec není do imaginárního pohybu tolik zapojen. Tato studie tvrdí, že primární motorická kůra se zapojuje jen při kinestetické, nikoli při vizuální představě. Dochází také ke svalové facilitaci během představování fázického pohybu.

Callow a Waters (2005, s. 444) rozdělují ještě vizuální představu na vnější, při které člověk pozoruje sám sebe při daném pohybu prostřednictvím televize nebo videa (z pohledu třetí osoby), a na vnitřní, při které člověk pozoruje danou aktivitu také prostřednictvím videa, ale z pohledu první osoby. Kinestetickou imaginaci definují jako provádění činnosti, která zahrnuje prožitky (síla, úsilí) spojené s pohybem.

Je prokázáno, že vnitřní vizuální představa je mnohem účinnější při aktivaci motorického systému než vnější vizuální představa. A podobný efekt má i kinestetická představa v porovnání s vizuální imaginací činnosti. Největší efektivnosti na výkon organismu se dosáhne při kombinaci kinestetické a vnitřní vizuální představy pohybu (Callow et al., 2017, s. 81-82).

Motorická představa může být dále rozdělena i na základě přítomnosti doprovodného pohybu během imaginace. Odlišují se další typy motorické představy pohybu: dynamická motorická představa a statická motorická představa. Dynamická motorická představa je vysvětlována tak, že během motorické představy konkrétní činnosti se provádí skutečný pohyb, který napodobuje představovanou činnost. V průběhu statické motorické představě tento doprovodný pohyb chybí (Fusco et al., 2014, s. 2; Guillot, Moschberger a Collet, 2013, s. 1-2).

2.2 Neuroplasticita a představa

Neuroplasticita je neustálé funkční i strukturální přestavování nervové tkáně mozku za účelem nejefektivnějšího přizpůsobení se vnějšímu prostředí.

Lokální kortikální spojení jsou neustále reorganizovány v důsledku měnících se centrálních a periferních vstupů probíhajících skrz míchu - zkušenosti mohou modifikovat strukturu mozku. Tyto schopnosti neustálé reorganizace senzorických a motorických oblastí kortexu jsou důležitou součástí učení nových pohybů/úkolů a jsou velmi nepostradatelné při uzdravování organismu po neurologických zranění (Mulder, 2007, s. 1266).

Například rozvoj a udržování chronických bolestí ovlivňují neuroplastické změny v CNS – především v somatosenzorických a motorických oblastech. Hyperaktivita somatosenzorického systému, tudíž množství reorganizačních změn v této oblasti, se zvyšuje s délkou trvání bolesti, tzn. čím je delší chronicita bolesti, tak tím dochází k větším reorganizačním změnám mozkové tkáně v určitých oblastech. Nejen dlouhotrvající nociceptivní vstup, ale také ztráta aferentní informace (amputace, poranění nervu) mění kortikální mapu. U pacientů trpících fantomovými bolestmi a jinými neuropatickými bolestivými syndromy se kortikální reorganizace mění s intenzitou bolesti (Flor, 2003, s. 68, 71).

Kapacita motorické představy je u některých jedinců snížena vývojově nebo ve specifických případech, ale většinou je snížení její výkonnosti v důsledku neurologických patologií (jako jsou například cévní mozková příhoda nebo Parkinsonova choroba) postihující vyšší oblasti kognitivních funkcí. Po amputacích a míšních lézích jsou struktury kognitivních mozkových oblastí neporušené, ale pouze přetvořené – reorganizované. Při poruše schématu těla je nejvíce porušena implicitní motorická představa pohybu, zejména během složitých úkolů spojených s manipulací a mentální reprezentací postižených částí těla (Di Rienzo et al., 2014, s. 139).

Wolpaw a Tennissen (2001, s. 809) uvádějí, že neuroplastické děje se odehrávají nejen v mozkové tkáni, ale také v míše. Tyto míšní neuroplastické změny jsou závislé na příjmu informací – vstupy z periferie nebo mozkové tkáně mohou způsobit trvalé změny míchy, které budou následně ovlivňovat její budoucí výstupy. Dále popisují modulaci míšní plasticity senzorickým vstupem a důležitost míchy pro motorické učení. Na motorické učení lze nahlížet jako na plasticitu závislejší na senzorickém vstupu a odrážející se ve změnách mozku.

Abnormální descendentní vstup, který je následkem poruch supraspinálních oblastí nebo poraněním míchy, postupně reorganizuje strukturu míchy. Míšní plasticita modulována periferními a sestupnými vstupy ovlivňuje neuronální propojení, interneuronální dráhy a motoneurony. Dochází ke změně synaptických spojů, neuronálních vlastností míchy a změně chování v důsledku změn ve spinálních a supraspinalních oblastech (Wolpaw a Tennissen, 2001, s. 836).

2.3 Využití představy v rehabilitaci

Představa pohybu se původně využívala ke zlepšení výkonu u sportovců, ale postupem času bylo její využití častěji zařazováno i do rehabilitačních programů pacientů ke zlepšení jejich motorických funkcí a dovedností – pozitivně přispívá například u pacientů s Parkinsonovou chorobou s následnou imobilizací, u pacientů po cévní mozkové příhodě (dále jen CMP) a u pacientů po ortopedických operacích. Hypoteticky, motorická představa by mohla být použita v rehabilitačních plánech neurologických pacientů, ale jen za předpokladu nenarušených center zodpovědných za plánování provádění motorických úkonů (Paravlic et al., 2018, s. 1166, 1183; Zimmermann-Shlatter et al., 2008, s. 1).

Nicholson et al. (2019, s. 206) uvádí, že u starších lidí bez neurologického deficitu je prostřednictvím motorické představy zlepšena mobilita a rovnováha, což by mělo mít za následek snížené riziko pádu jedince.

U pacientů po chirurgickém zákroku je prostřednictvím technik reprezentace pohybu (pozorování pohybu a představa pohybu) v kombinaci s fyzikální terapií docíleno snížení intenzity bolesti v porovnání s konvenční izolovanou léčbou, i když o těchto technikách u muskuloskeletálních bolestí není dostatek důkazů (Susó-Martí, 2020, s. 896).

Je zajímavé, že pokud jsou techniky reprezentace pohybu zkoumány odděleně, tak je poukázáno na to, že motorická představa pohybu v kombinaci s terapeutickým cvičebním programem nemá signifikantní vliv na intenzitu bolesti v krátkodobém horizontu terapie, ale výrazně zlepšuje rozsah pohybu a funkci (Mahmoud, 2016, s. 9-11), dále také pozitivně ovlivňuje obnovení aktivity svalů a jejich svalovou sílu po imobilizaci nebo operaci kolenního kloubu (Lebon, Guillot a Collet, 2012, s. 50). Signifikantní vliv na intenzitu bolesti u pooperačních stavů má především aktivní pozorování pohybu v kombinaci s obvyklou terapií, motorická představa ovlivňuje intenzitu bolesti až při déle trvajících terapiích (střední dobu). Pozitivní efekt technik reprezentace pohybu jsou potvrzeny u lidí trpících chronickými bolestmi – prostřednictvím těchto technik dochází k významnému zlepšení vnímání bolesti (Susó-Martí, 2020, s. 897).

Motorická představa konkrétního úkolu vede ke zlepšení motorických aspektů jako je například přesnost, rychlost a načasování (Gentili et al., 2010, s. 781).

U sportovců jsou používány různé typy představ jako doplněk fyzického tréninku. Představa pohybu facilituje neuronální síť aktivované i během provádění pohybu, proto umožňuje sportovcům připravit se na okamžitý výkon nebo dlouhodobě trénovat motorické dovednosti (Heremans et al., 2013, s. 32).

Kombinace vnitřní motorické představy a fyzického tréninku signifikantně zlepšila techniku skoku (prohnutí v zádech, přitažení pat k hlavě) u skokanů do výšky. Interní motorická představa může pomoci zlepšit kritické komponenty skoku do výšky (Olsson, Jonsson a Nyberg, 2008, s. 138).

S představou pohybu mají potíže například pacienti po CMP. Simmons et al. (2008, s. 466) uvádí, že u 40 % pacientů je narušena v důsledku CMP přesnost a načasování představovaných pohybů – tento fenomén je označován jako chaotická představa pohybu. Při lézi posteriorního parietálního kortexu a levého prefrontálního laloku je schopnost motorické představy a plánování pohybu porušena (Johnson, 2000, s. 731).

Je ale prokázáno, že u pacientů po CMP s hemiparézou bylo prostřednictvím motorické představy v kombinaci s konvenční terapií zlepšeno učení nových úkolů, zvýšení rozsahu pohybu paretické končetiny, zapojení paretické končetiny do aktivit denního života (activity of daily living, dále jen ADL), dále byly v kombinaci se specifickými technikami zlepšeny i časoprostorové parametry chůze (García a Cantalapiedra, 2016, s. 51).

Dunsky et al. (2006, s. 351-356) uvádí, že prostřednictvím představy chůze se zvyšuje její rychlost, délka kroku, kadence, čas stojné fáze na paretické dolní končetině a dále je dosaženo i snížené fáze dvojí opory. Studie Hwang et al. (2010, s. 519-520) doplňuje předchozí studii o zlepšení rozsahu pohybu kyčelního a kolenního kloubu paretické končetiny a zlepšení točivého momentu kyčelního kloubu na méně postižené končetině – snížení rotace kyčelního kloubu zlepšuje stabilitu a dynamickou rovnováhu, protože nadměrná rotace může souviset s nedostatečnou stabilitou během chůze. Oproti tomu jsou zaznamenány i studie, které nepotvrzují výše zmíněné výsledky (Braun et al., 2012, s. 85-85; Ietswaart et al., 2011, s. 1373-1374).

Předpokládá se, že motorickou představou chůze je ovlivňována i psychologická stránka pacienta – je snižován strach z pádu, čímž se podporuje chůze v brzkých stádiích po CMP, a tím se i zvyšuje funkční nezávislost pacienta. Velkým pozitivem představy pohybu/chůze je, že ji lze provádět kdykoliv a i bez odborného dohledu terapeuta (García a Cantalapiedra, 2016, s. 50-51).

Další využití představy pohybu je popsáno ve studii Tamira, Huberman a Dickstein (2007, s. 74) zaměřující se na jinou část neurologických pacientů – na pacienty s Parkinsonovou nemocí. Tito autoři poukazují na to, že kombinace představy pohybu a jeho skutečného trénování přináší pozitivní výsledky při terapii tohoto onemocnění, zejména dochází k redukci bradykineze. Ve studii Bek et al. (2019, s. 130) je zdokumentováno, že lidé s Parkinsonovou chorobou jsou schopni modulovat amplitudu pohybu ruky po aktivním pozorování. A dále

tvrdí, že kombinace aktivního pozorování a motorické představy konkrétní činnosti zvyšuje schopnost jejího následného napodobování. Oproti tomu je i prokázáno, že do představy pohybu jsou zapojena i bazální ganglia, která jsou při Parkinsonově chorobě dysfunkční, a mohly by ovlivňovat schopnost představy pohybu. V současnosti je toto téma stále zkoumáno a doposud nebyly vyhodnoceny striktní závěry (Heremans et al., 2013, s. 32).

U neurologických pacientů s roztroušenou sklerózou jsou přítomny kognitivní poruchy ve zpracování informací, motorického učení, paměti a ve snížení výkonnosti. Heremans et al. (2012, s. 1308) uvádějí, že kognitivní a motorické dysfunkce pacientů souvisí s jejich schopností motorické představy. U pacientů s roztroušenou sklerózou je živost motorické představy zachována, ale významné rozdíly jsou zaznamenány v přesnosti (nižší) a délce trvání představy. U těchto pacientů je pomalejší jak provedení pohybu, tak i jeho představa. Je tedy nutné mít na paměti možnost neschopnosti pacienta adekvátní představy pohybu.

3 CHŮZE A JEJÍ PŘEDSTAVA

Chůze je základní funkcí organismu, díky níž je organismus schopen pohybovat se v prostředí a přesouvat se z místa na místo. Optimální chůze je dosaženo koordinovanými pohyby tělesných segmentů, které jsou řízeny neuromuskuloskeletárním systémem, jehož funkci ovlivňují interakce mezi vnitřními a vnějšími faktory organismu. Fyziologická chůze je stabilní, flexibilní, což znamená, že je možné měnit její rychlost a adaptabilitu terénním nerovnostem při zachování energetické nenáročnosti. Chůze byla po dlouhou dobu obecně označována jako automatický proces zahrnující částečné nebo žádné zapojení vyšších kognitivních center. Ve studiích na počátku minulého století nebylo uvažováno zapojení kognitivních funkcí do regulování lokomočního mechanismu. Chůze byla do značné míry považována jako proces dolních končetin, který je kontrolován a regulován centrálními generátory chůze (central pattern generator, dále jen CPG) nacházející se v oblasti bederní páteře. S postupem času byly provedeny na toto téma další studie za účelem hlubšího porozumění řízení chůze. V těchto studiích už bylo uvažováno o vlivu kognitivních funkcí (vyšších řídicích center) na mechanismus chůze (Mirelman et al., 2018, s. 119, 120).

3.1 Řízení chůze

Neurofyziologie chůze vyžaduje aktivaci pohybového aparátu a celého nervového systému – receptory (detekce překážek, modulace CPG), mícha (centrální generátory pohybu), mozkový kmen (mezencefalická lokomoční oblast), mozeček (regulátor volních a automatických procesů) a bazální ganglia (řízení volních, automatických a emočních procesů), ale i mozková kůra (iniciace chůze, vyhnutí se překážkám) (Takakusaki, 2013, s. 1483-1485).

Chůze je komplexní proces, který požaduje neporušenou muskuloskeletární funkci a je regulován a kontrolován několika strukturami nervové soustavy – nižšími a vyššími řídicími centry. Mezi nižší řídicí centra patří centrální generátory chůze a supraspinální oblasti, do vyšších řídicích center se zahrnují určité kortikální oblasti (Mirelman et al., 2018, s. 130, Takakusaki, 2008, s. 192-198).

CPG jsou neuronální míšní okruhy, které při aktivaci produkují rytmické, automatické, koordinované pohybové vzory – jako je například chůze, dýchání, žvýkání a plavání. Ke generování těchto rytmických pohybů může docházet i při absenci senzorické zpětné vazby nebo vstupu vyšších kontrolních center (Ijspeert, 2008, s. 643; Marder a Bucher, 2001, s. 986).

Mnoho synaptických interakcí jsou v CPG inhibičního charakteru (Marder a Bucher, 2001, s. 988). Centrální generátory pohybu týkající se lokomoce se nacházejí v oblasti bederní páteře.

CPG působí recipročně na flexorové a extenzorové svaly prostřednictvím dvou systémů míšních interneuronů. Tyto dva systémy se inhibují navzájem a modulují lokomoční pohyby tak, že ovládají reflexní aktivaci příslušných svalů během odpovídající fáze chůzového/krokového cyklu (Takakusaki, 2013, s. 1484).

Lze také uvést, že CPG jsou distribuované neuronální sítě tvořené z mnoha spojených oscilačních center. Jak je již zmíněno výše, senzorický feedback není nutný ke generování rytmických pohybů, ale výrazně je ovlivňuje a modifikuje. Stručně řečeno, centrální generátory chůze jsou schopny autonomní činnosti, ale jejich funkce je v průběhu chůze ovlivňována senzorickými a propioceptivními signály a sestupnými drahami ze supraspinálních struktur. Rozdělení řízení lokomočního systému má několik funkcí – dochází k:

- redukcii času potřebného k motorické kontrole (rytmické pohyby jsou koordinovány s mechanickými pohyby prostřednictvím krátké zpětné vazby);
- snižování objemu descendentních řídicích signálů (kontrolní signály potřebují modulovat pouze aktivitu CPG, nikoliv specifikovat svalovou aktivitu);
- významnému zmenšování potřebné velikosti oblastí mezi centry vyšších úrovní spinální míchou (Ijspeert, 2008, s. 643-644).

Rytmické automatické pohyby mohou být vykonávány i samostatně určitým segmentem (končetinou). Jednotlivé CPG segmentů jsou mezi sebou koordinovány prostřednictvím senzorické zpětné vazby nebo vstupu centrálních koordinačních systémů. Každý z těchto mechanismů bude pravděpodobně hrát roli ve větší či menší míře v různých systémech (Marder et al., 2005, s. 687).

Mezencephalická lokomoční oblast (mesencephalic locomotor region, dále jen MLR) nacházející se, jak už plyne z názvu, v mezencephalu, je důležitá pohybová oblast, ze které vedou přes retikulární formaci descendentní dráhy do míchy (k CPG) a uzpůsobuje její aktivitu. Kolem poloviny 20. století bylo dokázáno, že při nízkofrekvenční stimulaci MLR dochází ke zpomalení lokomočních pohybů a při užití vysokofrekvenční stimulace MLR jsou pohyby rychlejší. Z toho vyplývá, že zvolený druh elektrické stimulace může modulovat rychlost lokomoce (Shik, Severin a Orlovsky, 1966 in Ijspeert, 2008, s. 643).

Pacienti, kteří mají lézi v MLR, nejsou schopni stát ani chodit. Při elektrické stimulaci MLR se vyvolá pohybové chování/schopnosti lokomoce jedince. U lidí s Parkinsonovou chorobou hluboká mozková stimulace (deep brain stimulation, dále jen DBS) pedunkulo-

pontinních jader pozitivně ovlivňuje chůzi a posturální stránku jedince. Kombinace DBS (stimulace pedunkulo-pontinních a subthalamických jader) má významný účinek v oblasti jejich ADL – dochází ke zlepšení soběstačnosti. DBS zvyšuje účinnost exogenní terapie (Stefani, Lonazo a Peppe, 2007, s. 1596, 1606).

Supraspinální lokomoční regiony jsou lokalizovány ve frontálních a parahippocampálních gyrech, bazálních gangliích, středním mozku a mozečku. Frontální a parahippocampální gyri vysílají signály přes bazální ganglia do iniciačních center chůze (do MLR) nacházejících se ve středním mozku. MLR dále přijímá informace z mozečku, který integruje proprioceptivní, exteroceptivní, vizuální a vestibulární aferentní informace pocházející z různých zdrojů. Cerebellární lokomoční oblast reguluje rychlost lokomoce. Signál z MLR následně putuje pontino-retikulo-spinální dráhou do míchy k CPG. Pokud je lézí přerušena konektivita této sítě v jakékoli části, tak může dojít k narušení iniciace, držení a modulace postury těla, což vede i k porušení chůze (Jahn et al., 2008, s. 791).

Během chůze jsou zaktivovány CPG, jejichž funkci ovlivňují výše zmíněné supraspinální struktury, které reagují na vnější a vnitřní podmínky a dále nevědomě přizpůsobují vlastnosti chůze daným nárokům prostředí. Organismus prostřednictvím supraspinálních center adekvátně reaguje na změnu prostředí během chůze. Sensorická zpětná vazba a nižší řídicí centra přispívají k regulaci a kontrole chůzových vzorů (Takusaki, 2013, s. 1483-1491).

Zapojení kognitivních funkcí v průběhu chůze v reálném prostředí je nepostradatelné, protože na organismus jsou kladeny vysoké nároky. Například, pokud je vyžadována úmyslná modifikace chůze, jako je úmyslná iniciace chůze, vyhnutí se pevné nebo pohybující se překážce, nebo realizování hovoru během chůze, tak je nutná aktivace vyšších řídicích kortikálních center, která zapojí kognitivní oblasti (motorické plánování, vizuomotorická koordinace) do motorické kontroly. V těchto situacích je nutné včasné plánování pohybů a přizpůsobování pohybu daným podmínkám při zachování vzpřímené postury a pohybu vpřed. Proto každodenní chůze vyžaduje zapojení kognitivních funkcí, zejména pozornosti (Mirelman et al., 2018, s. 126).

Automatická lokomoce, jako je například běh, je založena na aktivitě CPG, jejichž tempo je řízeno mozečkovou lokomoční oblastí (cerebellar locomotor region, dále jen CLR). Během běhu je vestibulární a somatosenzorická kůra inhibována, aby se zabránilo nežádoucím, potenciálně nepříznivým interakcím mezi optimálními motorickými (spinálními) vzory a sensorickými informacemi. Ale i u automatizované lokomoce je stále zapotřebí kortikální kontrola, díky níž je zajišťováno přizpůsobení se náhlým změnám prostředí. Pro pomalou chůzi

je od mozečku vyžadováno pomalejší tempo a na významnosti nabývá prostorová orientace, která je zprostředkována parahippocampálními kortikálními oblastmi. Prostorová orientace vyžaduje senzorický vstup, proto je snížena inhibice vestibulárního a somatosenzorického kortexu. Během stání je posturální kontrola zajišťována nízkou aktivitou mozečku (vermis) a senzomotorická kontrola je zajišťována prostřednictvím thalamu a bazálních ganglií působící na spinální centra. Kortikální motorická kontrola vyžaduje komplexní interakce mezi lokomocí a prostředím (Jahn et al., 2004, s. 1729).

3.2 Představa chůze

Lokomoce zahrnuje komplexní pohyby celého těla a zároveň využívá informace proudící z vnějšího prostředí. Pravděpodobně z důvodu velkého množství aspektů ovlivňující představu je představě lokomoce věnována menší pozornost a většina studií je zaměřena na představu konkrétních pohybů, většinou na pohyby na horních končetinách.

Představovaná chůze se od reálné chůze liší velikostí jednotky času. Při imaginaci chůze dojde k dosažení cíle v různých vzdálenostech za kratší dobu v porovnání s dobou při reálné chůzi – tzn. imaginární chůze je rychlejší než chůze reálná. Mezi vzdáleností cíle a časem potřebný k dosažení cíle je lineární závislost (s rostoucí vzdáleností roste i čas) (Kunz, Creem-Regehr a Thompson., 2009, s. 1460-1461). Zato doba představy a fyzického vykonávání vysoce automatických činností (dosahování, uchopování, psaní, podepisování) nebo cyklických pohybů (jako je chůze, běh nebo veslování) je velmi podobná. Ovšem, že může docházet k tomu, že někteří probandi mohou podhodnocovat nebo nadhodnocovat skutečnou délku trvání pohybu. Přesnost, živost a délka představy pohybu je ovlivňována prostředím a kontextem, ve kterém se provádí. Povahy instrukcí, které jsou poskytovány probandům, patří také mezi důležité faktory ovlivňující dobu trvání představy pohybu (Guillot a Collet, 2005a, s. 17).

Jedním z hlavních rozdílů mezi skutečnou chůzí a chůzí v představě je ten, že při chůzi v představě nedochází k jejímu viditelnému provedení. Dalším významným rozdílem je nepřítomnost biomechanických informací o průběhu pohybu z vizuálních, propioceptivních, vestibulárních a senzitivních systémů během představy. Prostřednictvím těchto systémů se náš CNS orientuje v prostoru. Při imaginaci chůze se reálně nestimuluje žádný z těchto systémů, ale je stimulován pouze CNS. Tyto zmíněné rozdíly by neměly nějak výrazně měnit základní neuronovou síť aktivovanou stojem a chůzí, ale měly by jí jen modulovat ve vztahu ke krokovému cyklu a požadavku úkolu. Je potřeba dalších studií, které by pomohly specifikovat úroveň aktivace nebo neuronové skupiny, které ve výsledku rozhodují

o rozdílnosti mezi reálnou a imaginární lokomocí (Jahn et al., 2008, s. 789; Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1459).

Při poskytnutí biomechanických informací před nebo souběžně s představovanou chůzí dochází k ovlivnění představivosti chůze, tudíž se objevuje propojení mezi skutečnou a představovanou chůzí v kontextu pohybu celého těla v prostoru (Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1459).

Představa chůze závisí také na informacích z vizuálního prostředí. Pokud se jedinec nachází ve vizuálně rychlejším prostředí (okolí se pohybuje rychleji, než je rychlost chůze), tak čas potřebný k dosažení cíle je kratší. Pokud se nachází ve vizuálně pomalejším prostředí (okolí se pohybuje pomaleji, než je rychlost chůze), tak čas představované chůze nutný k dosažení cíle je delší. Představovaná a reálná chůze je rekalibrována na základě získaných vizuálních a biomechanických informací. Neshoda mezi vizuálními (vnímání rychlosti okolí, vzdálenost cíle) a biomechanickými (vnímání rychlosti chůze prostřednictvím receptorů) informacemi během chůze mohou ovlivnit následnou aktualizaci prostoru (Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1464-1465).

Ve studii Munzert, Blishke a Krüger (2015, s. 809-816) zkoumali, jak dodatečná zátěž (nesení batohu) ovlivní délku představy chůze ve srovnání bez dodatečné zátěže. Data ukázala, že při představě chůze se zátěží (představa chůze s batohem), dochází k prodloužení délky trvání představy, zatímco délka fyzické chůze s dodatečnou zátěží (chůze s batohem) se nějak výrazně neprodloužila. To podporuje předpoklad, že představa chůze je ovlivňována zevními (váha batohu) a vnitřními (vnímání váhy batohu prostřednictvím proprioceptorů) podmínkami.

Představa rychlejší chůze je náročnější, protože rychlejší chůze je náročnější kognitivní úkol a tělo je během představy ochuzeno i o biomechanické informace. Jedinci si představují chůzi, která jim koresponduje s aktuálními vlastnostmi prostředí a požadavky úkolu (Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1465).

Prokázalo se, že už i jedno sezení fyzického tréninku a motorického tréninku představy chůze má vliv na motorické učení a fyzický výkon u nezávislých lidí starších 65 let. Trénink motorické představy vede k upřesnění plánování chůze, čímž dochází ke zlepšení fyzického provedení pohybu na konci tréninku. Na variabilitu chůze neměl trénink žádný vliv (Nicholson a Keogh, 2018, s. 721).

Adaptace skutečné chůze závisí na vnímání vlastností okolí a dochází k ní už po několika málo minutách za účelem vykonávání nejekonomičtější lokomoce. Pokud představovaná chůze se zakládá na podobných mechanismech vnímání okolí a motorického

přizpůsobování jako chůze skutečná, tak by měly existovat podobné rekalibrační účinky pro představovanou chůzi (Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1464).

Pozorování chůze může nejlépe pomoci rehabilitaci chůze u pacientů se zhoršenou funkcí center v mozgovém kmeni, zatímco motorická představa chůze by mohla být obzvláště prospěšná u pacientů, u kterých není žádná neurologická dysfunkce subkortikálních oblastí, například u pacientů s funkčním omezením lokomoce periferního původu, jako jsou ortopedičtí pacienti. Tyto hypotézy je ještě potřeba otestovat v budoucích studiích (Sacheli et al., 2017, s. 5213).

3.2.1 Dynamická a statická představa chůze

Ve studii Fusco et al. (2014, s. 3) je popsán rozdíl mezi statickou motorickou představou lokomoce (static motor imagery, dále jen sMI), dynamickou motorickou představou lokomoce (dynamic motor imagery, dále jen dMI) a reálným provedením (dále jen RP) konkrétní lokomoce. Tento rozdíl je pozorován během různých lokomočních aktivit (normální chůze, lehký běh, chůze stranou a chůze pozadu), kterými se proband snaží dosáhnout cíle v určité vzdálenosti. Pokud je motorická představa doprovázena kroky/během na místě, tak se jedná o dynamickou představu, pokud kroky/běh na místě chybí, tak je myšlena statická dynamická představa. Tato studie potvrzuje, že:

- (I) čas, který je nutný k dosažení cíle, není rozdílný během dMI a RP během všech lokomočních aktivit;
- (II) čas pro dosažení cíle je rozdílný mezi sMI a RP během lehkého běhu a chůze stranou; na základě tohoto výsledku je naznačováno, že motorická představa je proces závislý na obtížnosti představovaného pohybu; zároveň tato závislost není významná v případě, když je motorická představa doprovázena vnějšími pohyby (dMI), které napodobují představovanou činnost;
- (III) čas je odlišný mezi sMI a dMI pro lehký běh, normální chůzi a chůzi stranou.

Dynamická motorická představa vykazuje větší podobnost s reálným provedením lokomočních aktivit než sMI (Fusco et al., 2014, s. 2-4).

Počet kroků během představované chůze pozadu a do strany za účelem dosažení cíle se významně liší – dochází ke snížení jejich počtu. Například při představě chůze do strany klesá počet představovaných kroků o polovinu, než je tomu při jejím reálném provedení.

Zdůvodněním této odlišnosti může být to, že představa chůze do strany je obtížnější než klasická normální chůze (Fusco et al., 2014, s. 4).

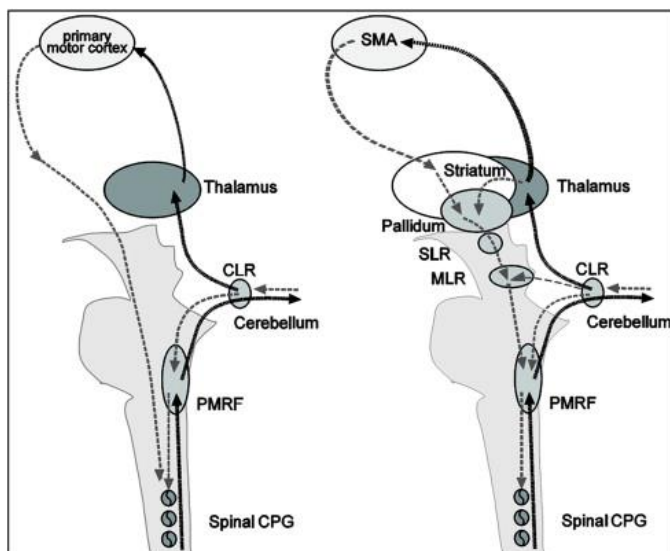
Prokázalo se, že dMI (skutečné provádění pohybu během jeho představování) zlepšuje kvalitu a timing pohybu. Dochází také ke snazšímu, přesnějšímu a živějšímu představení pohybu. S tímto zlepšením je spojená zvýšená účinnost motorické představy. Například u skokanů do dálky dochází ke zlepšení techniky skoku a zvýšení úspěšných pokusů (Guillot, Moschberger a Collet, 2013, s. 5).

3.3 Řízení představy chůze

Během skutečné a představené chůze je aktivována základní lokomoční síť, která zahrnuje: frontální kůru, mozeček, ponto-mezencefalický tegment, parahipokampus, fusiformní a okcipitální gyri. A dále dochází k deaktivacím v multisenzorických vestibulárních kůrách (zejména horních temporálních gyrech, horních parietálních lobech). Primární motorická a somatosenzorická kůra je aktivována během reálné chůze, oproti suplementární motorická oblast a bazální ganglia jsou aktivní při imaginované chůzi. Zdá se, že reálná rytmická chůze používá přímou dráhu, zatímco představovaná chůze dráhu nepřímou (viz Obrázek 1, s. 27) (La Fugere et al., 2010, s. 1589).

Přímá dráha reálné chůze probíhá přímo z oblastí primární motorické kůry k CPG, čímž obchází bazální ganglia a pohybová centra mozku kmene. Feedback skutečné chůze vede z míchy do mozečku a dále přes thalamus do somatosenzorické kůry (La Fugere et al., 2010, s. 1596).

Chůzové signály představované chůze vznikají v prefrontální suplementární motorické oblasti (supplementary motor area, dále jen SMA), jsou dále přenášeny přes bazální ganglia, ve kterých dochází k inhibici subthalamické (subthalamic locomotor region, dále jen SLR)+mezencefalické lokomoční oblasti (MLR) a propojení s mozečkovými signály pocházející z mozečkové lokomoční oblasti (CLR). Signály putují skrz jádra retikulární formace (pontine a medullary reticular formations, dále jen PMFR) do míchy. MLR funkčně představuje křížový bod pro motorické informace z bazálních ganglií a cerebelárních smyček. Vzestupné dráhy vedou do bazálních ganglií a také přes mozeček do nespecifických jader thalamu a následně do kortexu (La Fugere et al., 2010, s. 1596). Grafické znázornění řízení reálné a představované chůze je uvedeno níže (Obrázek 1, s. 27).



Obrázek 1 Porovnání řízení reálné (vlevo) a představované chůže (vpravo) – přímá a nepřímá dráha (La Fugere et al., 2010, s. 1596)

4 ZAPOJENÍ MOZKOVÝCH OBLASTÍ BĚHEM PŘEDSTAVY STOJE, CHŮZE A BĚHU

Lokomoce je komplexní pohyb těla za účelem přesunutí organismu z jednoho místa na jiné. Do projevu lokomoce zasahují podmínky vnějšího a vnitřního prostředí. Mezi lokomoční pohyby patří lezení, plazení, běh a další. Pro člověka je nejpodstatnější chůze.

Postura a lokomoce jsou komplexní senzomotorické děje zahrnující periferní, spinální a supraspinální struktury. Tyto děje jsou založené na automatizovaných a reflexních spinálních programech, které jsou kontrolovány a modulovány několika samostatnými supraspinálními centry nacházející se v mozkovém kmeni, mozečku a mozkové kůře (Jahn et al., 2004, s. 1722).

Supraspinální centra mohou být aktivována a deaktivována v závislosti na charakteru konkrétní činnosti (Jahn et al., 2004, s. 1729).

Při neuroimaginaci pohybového úkolu se aktivují podobné části mozku jako při jeho vykonávání, často označované jako funkční ekvivalence (viz kapitola 1.1 Představa, provedení a pozorování, s. 11) (Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1458).

Během představy stoje jsou aktivovány především bazální ganglia, thalamus a mozečkový vermis, který je důležitý pro zajištění stabilního stoje a pro udržení center of gravity (COG) uvnitř opěrné báze (Jahn et al., 2004, s. 1728).

Během představy chůze dochází k aktivaci fusiformního a parahippokampálního gyru, menší aktivace těchto gyrů je během představy běhu a zcela chybí během představy stoje. Oblast parahippokampálního gyru je zapojena do vizuoprostorové orientace a do představy vizuálního prostředí, které je důležité pro lokomoci. V průběhu chůze je nutná kortikální kontrola a vědomá orientace. Během představy chůze dochází také k menší aktivaci bazálních ganglií než v porovnání s představou stoje (Jahn et al., 2004, s. 1728).

Představa běhu značně neaktivovala thalamus a bazální ganglia z toho důvodu, že automatizované lokomoce, jako je běh, nepotřebují tak hemisférickou kontrolu jako stoj a pomalá chůze. Při představě běhu je převážně aktivován mozeček ve vermálních, paravermálních oblastech a také v sousedních hemisférách (tato aktivace je šestkrát větší než při představě chůze nebo stoje). Aktivace v parahippokampálním a fusiformním gyru je v porovnání s představou chůze menší. Nerušený běh je z velké části založen na zautomatizovaném motorickém vzoru, který je organizovaný subkortikálními úrovněmi (absence relevantní aktivace motorické a premotorické kůry) (Jahn et al., 2004, s. 1722, 1728, 1729).

5 METODY MĚŘENÍ PŘEDSTAVY POHYBU

K měření představy pohybu se využívá několik metod. Základním principem těchto metod je snímání mozkové aktivity či pozorování nárůstu/poklesu metabolické aktivity během vykonávání, pozorování a představování pohybové činnosti z centrálních (mozek) nebo periferních (svaly, projevy autonomního nervového systému – dále jen ANS) částí organismu (Guillot a Collet, 2005b, s. 388).

Mezi nejčastější „centrální“ snímací metody představy pohybu patří funkční magnetická rezonance (functional magnetic resonance imaging, dále jen fMRI), pozitronová emisní tomografie (positron emission tomography, dále jen PET) a jednofotonová emisní tomografie (single photon emission computed tomography, dále jen SPECT).

Mezi nejužívanější „periferní“ metody využívající se k měření představy jsou snímání projevů ANS na periférii a polyelektromyografie (dále jen polyEMG), která snímá elektrickou aktivitu svalů nacházejících se pod elektrodami během vykonávání, pozorování a představování pohybu.

Výše zmíněné centrální metody se mohou kombinovat s polyEMG za účelem získání většího množství informací, která by vedly ke komplexní představě o řízení pohybu.

Dalším typem měření, podle kterého může být vyhodnocována představivost, jsou standardizované dotazníky. Ovšem tento typ měření se zakládá na subjektivním hodnocení probanda a nejedná se o objektivní typ měření jako výše zmíněné centrální a periferní metody. Využívanými dotazníky k měření jsou například The Movement Imagery Questionnaire – Revised (MIQ-R), The Movement Imagery Questionnaire – Revised Second Version (MIQ-RS) a další.

5.1 Centrální metody měřící představu

Několika studiemi (Caspers et al., 2010, s. 1148-1167; Grezes a Decety, 2001, s.1-19; Hardwick et al., 2018, s. 31-44; Jeannerod, 2001, s. 103-109; Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1458-1471) je prokázáno, že kortikální oblasti podílející se na provádění pohybu jsou aktivovány i během jeho představy. Tato zjištění jsou získána prostřednictvím fMRI a PET (Mulder et al., 2004, s. 212).

5.1.1 Funkční magnetická rezonance

Funkční magnetická rezonance, moderní zobrazovací metoda, je využívána pro mapování funkčních oblastí mozku, které jsou aktivovány během stimulace nebo provádění konkrétního úkolu. Mapování mozku se uskutečňuje na pozorování BOLD efektu (blood-oxygen-level-dependent). Při provedení kognitivní, motorické či jiné úlohy se aktivují určité části mozkové tkáně a změní se prokrvení nebo oxygenace těchto oblastí. Proto je možné na základě BOLD efektu detekovat aktivované oblasti. Funkční magnetická rezonance se využívá především v neurofyziologickém výzkumu (Kolář et al., 2009, s. 213).

Prostřednictvím fMRI se zjišťuje například podobnost neuronálních okruhů účastníků se během představy a provádění konkrétních pohybů, včetně chůze. Proto řada studií používá fMRI u lidí s Parkinsonovou chorobou za účelem zkoumání a odhalení patofyziologie chůze (freezingu), ale také ji využívá ke zjištění efektivnosti představy chůze u těchto osob (Agosta et al., 2017, s. 88-101; Myers et al., 2018, s. 89-95; Peterson et al., 2014, s. 1-9; Snijders et al., 2011, s. 59-72).

5.1.2 Pozitronová a jednofotonová emisní tomografie

PET je zobrazovací metoda, kterou lze vyšetřit perfuzi a metabolismus mozkové tkáně, dále syntézu proteinů, nervové přenašeče, vazbu na receptory nebo stav hemoencefalické bariéry. Prostřednictvím PET je možno diagnostikovat několik onemocnění (ischemické stavy, epilepsii, degenerativní onemocnění, afektivní poruchy, onemocnění funkčního hybného systému a další), ale je možné vyšetřit i kognitivní funkce na základě BOLD efektu (Kolář et al., 2009, s. 214). Proto je i tato metoda využívána pro měření představy pohybu.

Během měření PET není nutná velká spolupráce pacienta, což by mohl být podstatný faktor při měření lidí s poruchou chůze z důvodu neurodegenerativního onemocnění, které ovlivňuje i kognitivní funkce. Měření prostřednictvím PET je lepší pro měření pravidelné neměnné chůze, zatímco fMRI je lepší použít pro měření modulované chůze (mění se charakter chůze) (La Fougere, 2010, s. 1597).

Měření prostřednictvím SPECT má stejné využití jako PET. Na rozdíl od PET je toto měření poměrně levné, a tudíž i poměrně dostupné. Velkou nevýhodou nukleárních metod je zatížení organismu ionizujícím zářením během a i krátkou dobu po měření (Kolář et al., 2009, s. 214).

Systematické review Bharti et al. (2019, s. 11) uvádí několik studií (Bartels et al., 2006, s. 1326-1332; Bohnen et al., 2014, s. 1118-1124; Djaldetti et al., 2018, s. 255-260; Kim et al., 2018, s. 49-54), které využívají PET a SPECT ke zkoumání metabolismu a perfúzi mozkové tkáně při neuroimaginaci pohybu. Je zde i zmíněno, že zobrazování nukleární medicíny, zahrnující PET a SPECT, prokázaly abnormální vzorce dopaminergního a cholinergního přenosu, abnormální perfúzi a metabolické změny při freezingu u Parkinsoniků.

5.2 Periferní metody měřící představu

5.2.1 Povrchová elektromyografie

Je neinvazivní metoda, kterou snímáme svalovou aktivitu prostřednictvím senzorů umístěných na kůži nad testovanými svaly. Povrchová elektromyografie (dále jen EMG) je nejvíce používána v rehabilitaci. Touto metodou zjišťujeme koordinaci jednotlivých svalů v průběhu pohybu, svalovou sílu a svalovou únavu (Kolář et al., 2009, s. 200).

Při snímání svalové aktivity EMG dostáváme tzv. surový záznam, který je nutný následně upravit – frekvenční úprava, retifikace, vyhlazení a normalizace k referenční hodnotě. Úpravu frekvence vyhotovíme nejčastěji podle Fourierovy transformace. Zretifikování záznamu znamená, že záporné hodnoty se eliminují nebo se otočí do kladných hodnot. Při vyhlazení se eliminují data, která nespĺňují určitý časový interval. Aby se mohlo pracovat s upraveným záznamem, je nutné, aby se určila referenční hodnota, ke které se bude výsledek následně porovnávat (Kolářová et al., 2019, s. 86).

Elektromyografický záznam je ovlivněn vnějšími a vnitřními faktory. Vnější faktory lze minimalizovat, ale vnitřní nikoliv. Mezi vnější faktory patří kvalita a velikost elektrod, interelektrodová vzdálenost, poloha elektrod, délka kontaktu elektrod s povrchem těla, očištění elektrod před jejich aplikací a kvalita frekvenčního filtru. Mezi vnitřní faktory se zařazuje aktivita svalu, typ svalových vláken, poloměr, délka a počet snímaných svalových vláken, intramuskulární prostředí svalu a hloubka snímaných vláken (Kolářová et al., 2019, s. 80).

Měření prostřednictvím EMG prokazuje, že během imaginace pohybu dochází ke zvýšené svalové aktivitě ve svaích podílejících se na konkrétním pohybu (Marconi et al., 2007, s. 1767-1775). Například při představě zvedání činky dochází ke zvýšené svalové aktivitě v m. biceps brachii, zatímco v m. triceps brachii nebyla pozorována žádná signifikantní změna ve svalové aktivitě (Wilson et al., 2010, s. 422-423). Guillot et al. (2007, s. 24) uvádějí, že při imaginaci zvedání těžšího břemena je zaznamenána vyšší EMG aktivita než při zvedání

lehčího břemena. A také, že představa koncentrické kontrakce zaznamenává větší EMG aktivitu než kontrakce excentrická.

5.2.2 Snímání projevů autonomního nervového systému

Receptory autonomního nervového systému aktivované motorickou představou mohou být konstantně snímány neinvazivními senzory, které jsou umístěny na nedominantní horní končetině a jsou propojeny s přenosným systémem (Guillot a Collet, 2005b, s. 388).

Během přípravy pohybu a jeho imaginaci je možné porovnávat dvě situace: (I) ANS není pod volní kontrolou organismu – nelze ho ovládat vůlí, (II) centrální vlivy, které pouze ovlivňují ANS, mohou být zaznamenány a následně i změřeny senzory umístěných na periférii v podobě 6 fyziologických reakcí, které se dělí do třech rozdílných kategorií:

- elektrodermální – změna odporu/vodivosti kůže a kožní potenciál;
- termo-vaskulární – snímání změny teploty a průtoku krve kůží;
- kardiorespirační – měření srdeční a dechové frekvence (Jeannerod, 1994 in Guillot a Collet, 2005b, s. 388; Deschaumes-Molinario, Dittmar a Verbet-Maury, 1992, s. 1022).

Srdeční aktivita během představy pohybu roste (Jones a Johnson, 1980 in Deschaumes-Molinario, Dittmar a Verbet-Maury, 1992, s. 1021). Paccalin a Jeannerod (2000, s. 194-200) ve své studii ukazuje změny dechové frekvence během pozorování chůze na běžícím pásu. S rostoucí rychlostí chůze se i lineárně zvyšuje dechová frekvence. Wang a Morgan (1992 in Bolliet, Collet a Dittmar, 2005, s. 18) uvádějí, že pokud si subjekty představují zvedání činek, tak dochází ke zvýšení ventilace a systolického krevního tlaku. Ke zpomalení srdeční frekvence dochází při velmi zvýšené pozornosti na určitý podnět/signál (například výstřel) (Lacey a Lacey, 1974 in Bolliet, Collet a Dittmar, 2005, s. 18).

Tato metoda sice poskytuje nepřímé hodnocení činnosti CNS, ale může být užitečná k vyhodnocení přesnosti motorické představy. Metody založené na záznamech CNS neposkytují informace o typu imaginace (kinestetické X vizuální), která je právě představována. Například, pokud je jedinec instruován a požádán k představování si pohybu za využití pouze kinestetické představy, záznamy z ANS receptorů nejsou schopny kontrolovat, zda jedinec používá pouze kinestetickou představu nebo si dopomáhá k imaginaci pohybu představou vizuální (Guillot a Collet, 2005b, s. 393).

5.3 Dotazníky hodnotící úroveň představivosti

Zhodnocení úrovně představivosti je v pohybové rehabilitaci důležité. Proto bylo zhotoveno několik dotazníků hodnotící schopnost představování si určitých pohybů, nejčastěji používaným dotazníkem je The Movement Imagery Questionnaire (MIQ) a jeho zkrácená verze The Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R; Hall a Martin, 1997, s. 143-154; Monsma, Short a Hall, 2009, s. 1-15). MIQ byl původně vyvinut a využíván ve výzkumu k hodnocení pokroku motorického učení a kontroly, ale byl také hojně využíván ve výzkumu související se sportem. Tyto dotazníky se využívají u zdravých jedinců (Gregg, Hall a Butler, 2007, s. 250).

Hlavním problémem při používání mentálního tréninku prostřednictvím představy pohybu je zhodnotit, jak moc je daný člověk schopný představit si konkrétní pohyb. U lidí s lézí v horní oblasti parietální kůry může být zhoršena představa pohybu, proto byl vyvinut Melouin a jejími kolegy (2007, s. 20-29) nový dotazník The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire-20 (KVIQ-20), který hodnotí úroveň jak kinestetické, tak i vizuální představy u lidí s omezenou mobilitou – například u lidí po CMP. Existuje také zkrácená verze dotazníku KVIQ-20, a to dotazník The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire-10 (KVIQ-10), který je vhodný využívat například u lidí s tělesným postižením, protože tento dotazník obsahuje polovinu úkolů (pouze 10) oproti dotazníku KVIQ-20 a doba, která je potřebná k vyplnění dotazníku KVIQ-10, je zhruba poloviční (Melouin et al., 2007, s. 20, 22).

Dotazník KVIQ-20 je vyplňován terapeutem/zkoušejícím, který probandovi nahlas čte úkoly, zatímco dotazník MIQ vyplňuje samotný proband (Melouin et al., 2007, s. 22).

V MIQ-R dotazníku jsou obsaženy i náročnější úkoly (jako je například skákání), které vyžadují značnou hbitost a motorickou kontrolu, a proto je MIQ-R dotazník nevhodný pro jedince s motorickým deficitem či dysfunkcí (Loison et al., 2013, s. 158). Z tohoto důvodu byl vytvořen další dotazník The Movement Imagery Questionnaire-Revised second version (MIQ-RS; Loison et al., 2013, s. 157-173) hodnotící úroveň představivosti u lidí, kteří mají omezenou pohybovou schopnosti a nejsou schopni dokončit úkoly dotazníků MIQ a MIQ-R. V dotazníku MIQ-RS je požadováno pohyby horních i dolních končetin, čímž se hodnotí schopnost představivosti hrubých pohybů (Gregg, Hall a Butler, 2007, s. 251). Tento dotazník je využíván u lidí po CMP.

V této diplomové práci byly použity dotazníky MIQ-R a MIQ-RS. Dotazníky MIQ-R a MIQ-RS (viz Příloha 7a Příloha 8) se skládají z různého počtu úkolů. U každého úkolu je vždy popsána výchozí pozice, pohyb, který má být proveden, a poté i typ představy, která

má být použita (kinestetická X vizuální). Každý představený pohyb by měl být následně zhodnocen na škále 1 (=velmi těžce představitelný vizuálně/kinesteticky) až 7 (=velmi lehce představitelný vizuálně/kinesteticky). Dotazníkové měření je založeno především na subjektivním hodnocení představy – jedinec popisuje, jak dobře/špatně se mu konkrétní pohyb představuje.

6 CÍL A HYPOTÉZY

6.1 Cíl

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit změny bilaterální svalové aktivity mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores ve stoji bez představy chůze/chůze po čáře vůči stoji během představy chůze/chůze po čáře.

6.2 Hypotézy

- **H₀ 1:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (bez získání předešlé reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 1:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (bez získání předešlé reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H₀ 2:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 2:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H₀ 3:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (bez získání předešlé reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 3:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (bez získání předešlé reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.

- **H₀ 4:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 4:** Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H₀ 5:** Mezi stojem při představě chůze (před získáním předešlé reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 5:** Mezi stojem při představě chůze (před získáním předešlé reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H₀ 6:** Mezi stojem při představě chůze po čáře (před získáním předešlé reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.
- **H_A 6:** Mezi stojem při představě chůze po čáře (před získáním předešlé reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores.

7 METODIKA VÝZKUMU

Výzkumná část této diplomové práce a informovaný souhlas byly schváleny Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (Příloha 1).

Experimentální část diplomové práce byla realizována v měsících červenec a srpen roku 2020 v Olomouci ve výukových prostorech na Fakultě zdravotnických věd.

Účastníci byly na měření k diplomové práci vybráni na základě vstupních kritérií, která jsou uvedena v textu níže. Účast na měření byla dobrovolná a účastníci měli možnost kdykoliv z výzkumu odstoupit. V průběhu testování probandům nehrozila žádná rizika. Během experimentálního měření byly respektovány všechny etické aspekty – osobní svoboda, naboženské vyznání, rasová a etnická tolerance, atd. Z důvodu uchování anonymity jsou účastníci ve výzkumu označeni číslicemi.

7.1 Charakteristika výzkumné skupiny

Experimentálního měření se zúčastnilo 20 zdravých probandů ve věku 49-70 let. Bližší specifika výzkumné skupiny jsou popsána v následující tabulce (viz Tabulka 1).

Tabulka 1 Charakteristika výzkumné skupiny

| Charakteristika výzkumné skupiny | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|---------|---------|--------|
| Počet probandů | 20 | | | | |
| Dominantní HK | pravá 19x, levá 1x | | | | |
| Dominantní DK | pravá 19x, levá 1x | | | | |
| | průměr | medián | minimum | maximum | SD |
| Věk (let) | 56,7 | 55 | 49 | 70 | 5,857 |
| Výška (cm) | 172,65 | 170,5 | 155 | 193 | 9,128 |
| Váha (kg) | 74 | 75,5 | 54 | 94 | 11,815 |

Legenda: SD – směrodatná odchylka, HK – horní končetina, DK – dolní končetina

Výběr vhodných probandů byl realizován na základě dvou standardizovaných dotazníků Movement Imagery Questionnaire – Revised (MIQ-R; viz Příloha 7) a Movement Imagery Questionnaire – Revised Second Version (MIQ-RS; viz Příloha 8), které hodnotí úroveň představivosti. Do studie byli přijati výhradně jedinci s dobrou úrovní představivosti (průměr každého dotazníku větší než 3).

Do experimentu byli přijati pouze jedinci, kteří splnili následující kritéria: museli mít neporušené kognitivní a komunikační funkce, které jim umožnily představu chůze. Dále nesměli mít vrozené či získané neurovývojové poruchy a poruchy muskulárního, muskuloskeletárního a neuromuskulárního systému či jiné patologické stavy. Z výzkumu byli vyloučeni jedinci s rovnovážnými problémy, patologiemi chůze, akutními poúrazovými stavy a ženy v graviditě. Vstupním parametrem byla také absence akutní algie, která nesměla být přítomna více než jeden týden. Mírná chronická bolest byla z důvodu věku pozorované skupiny zohledněna.

7.2 Měření

Měření trvalo včetně přípravy a vyplnění dotazníků přibližně 50 minut. Samotné měření bylo rychlé, ale přípravy na měření (podepsání informovaných souhlasů, vyplnění dotazníků, lepení elektrod, atd.) byly delší. Před samotným měřením podepsali všichni probandi informovaný souhlas (Příloha 2), ve kterém je popsán průběh a rizika experimentu. Jediným možným rizikovým faktorem experimentálního měření byla únava účastníka.

7.2.1 Metody

K naměření dat byla využita povrchová elektromyografie Delsys Trigno (Natic, MA, USA) a přenosná tenzometrická plošina Zebris (Zebris Medical GmbH, Germany), jejíž data nejsou v rámci této diplomové práce předmětem vyhodnocení.

Měřicí systém Delsys Trigno obsahuje hybridní senzory, kterými lze snímat 4 možné modalities – povrchová EMG, akcelerometrie, gyroskopie a magnetometrie. Pro zhodnocení cílů diplomové práce byly použity dvě modalities – povrchová EMG a akcelerometrie.

7.2.2 Přípravy

EMG a akcelerometrie

Svalová aktivita byla snímána z povrchu kůže elektrodami, které byly na kůži připevněny hypoalergenními páskami. Před aplikací hybridního senzoru EMG přístroje byl kožní povrch nad vypalpovanými bříšky svalů a příslušnými místy pro akcelerometry očištěn.

Pokožka byla očištěna od nečistot alkoholovou dezinfekcí a v případě ochlupení na dolních končetinách byla oholena pro lepší adhezi senzoru.

Celkem bylo použito 13 senzorů - 8 senzorů snímalo bilaterálně svalovou aktivitu těchto svalů: m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis (viz Příloha 5). Zbýlých 5 senzorů snímaly akcelerometrii z následujících segmentů: z os sacrum a bilaterálně ze stehen (laterální kondyl femuru) a bérců (malleolus lateralis) (viz Příloha 5). V této diplomové práci byla vyhodnocena pouze data získaná ze senzorů snímající svalovou aktivitu mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores (viz kapitola VÝSLEDKY, s. 39).

Lepící páska

Během experimentu byla použita žlutá lepící páska o šířce 5 cm, která byla nalepena na podlahu pouze v situaci, kdy si měl proband představovat chůzi po čáře (Blok B – viz Průběh výzkumu, s. 40).

7.2.3 Průběh výzkumu

Před začátkem každého měření byly podepsány informované souhlasy, byly vyplněny a vyhodnoceny dotazníky hodnotící představivost probanda (průměr každého dotazníku musel být vyšší než hodnota 3) a poté bylo nalepeno 13 EMG elektrod. Dále už následovalo dílčí měření.

Průběh výzkumu byl rozdělen do dvou bloků. První blok (A) se týkal představy vlastní chůze, druhý blok (B) obsahoval představu chůze po čáře. Mezi těmito bloky byla provedena randomizace a každý blok byl složen ze čtyř situací (viz níže, s. 40).

Jako výchozí pozicí pro měření byl zvolen klidný vzpřímený stoj na tenzometrické plošině (probandi stáli na plošině naboso) s otevřenýma očima, s rozkročenými dolními končetinami na šířku pánve a s volně visícími horními končetinami podél těla. Postavení chodidel bylo zkorigováno podle 4 výrazných značek nalepených na okraji plošiny tak, aby byla zachována stejná pozice plosek nohou na tenzometrické plošině při dílčím měření. Probandi byli postaveni před bílou stěnu, aby žádné podněty nenarušovaly probandovu představu a pozornost. Poté byli probandi měřeni v následujících čtyřech situacích (viz níže).

Blok A

Měření probanda v těchto situacích:

- *Klid – představa chůze před získáním reálné zkušenosti – reálná chůze po místnosti – představa chůze po získání reálné zkušenosti*

1. Klid – proband stál po dobu 30 sekund bez představy pohybu na tenzometrické plošině ve výchozí pozici (referenční hodnota) a zároveň měl za úkol zpívat si v hlavě písničku s názvem „Hodně štěstí, zdraví“ k zamezení nežádoucích představ;

2. představa chůze před získáním reálné zkušenosti – proband stál u startovací čáry a na 30 sekund mu byla ukázána místnost, po ukázání místnosti (aniž by se po ní prošel – nezískal reálnou zkušenost) se proband vrátil zpět na tenzometrickou plošinu do vzpřímeného stoje a následně po dobu 30 sekund si představoval chůzi po ukázané místnosti;

3. reálná chůze po místnosti – proband se procházel po dobu 1 minuty po místnosti (získání reálné zkušenosti);

4. představa chůze po získání reálné zkušenosti – po projetí místnosti se proband vrátil opět na tenzometrickou plošinu a následně si představil chůzi po místnosti, kterou si právě prošel.

Blok B

Měření probanda v těchto situacích:

- *Klid – představa chůze po čáře před získáním reálné zkušenosti – reálná chůze po čáře – představa chůze po čáře po získání reálné zkušenosti*

1. Klid – proband stál po dobu 30 sekund bez představy pohybu po čáře na tenzometrické plošině ve výchozí pozici (referenční hodnota) a zároveň měl za úkol zpívat si v hlavě písničku s názvem „Hodně štěstí, zdraví“ k zamezení nežádoucích představ;

2. představa chůze po čáře před získáním reálné zkušenosti – probandovi byla pouze ukázána čára, aniž se pacient po ní prošel, poté se proband vrátil zpět na tenzometrickou plošinu do vzpřímeného stoje a po dobu 30 sekund si představoval chůzi po ukázané čáře;

3. reálná chůze po čáře – probandovi byla umožněna chůze po čáře po dobu 1 minuty (získání reálné zkušenosti);

4. představa chůze po čáře po získání reálné zkušenosti – po uplynutí časového intervalu (1 minuta) se proband opět vrátil na tenzometrickou plošinu a následně si představil chůzi po čáře.

Po uskutečnění každé představy chůze/chůze po čáře byli probandi požádáni, aby zhodnotili obtížnost každé představy hodnotou 1 až 5, kdy hodnota 1 označovala velmi obtížnou

představu chůze/chůze po čáře a hodnota 5 označovala velmi lehkou představu chůze/chůze po čáře.

7.3 Zpracování dat

7.3.1 Zpracování naměřených dat z povrchové elektromyografie

Při snímání svalové aktivity prostřednictvím EMG byl obdržen tzv. surový záznam, který bylo potřeba upravit. Nejprve bylo nutné provést retifikaci EMG signálu a poté ho vyhladit prostřednictvím střední kvadratické hodnoty s velikostí okna 0,125 sekund a s překryvem 0,0625 sekund. Po exportování dat do MS Excel byla z dat jednotlivých situací pro měřené svaly stanovena průměrná hodnota. Tyto průměrné hodnoty byly zkonstruovány do tabulek.

7.3.2 Statistické zpracování

Výsledky experimentálního měření byly vyhodnoceny programem Statistica, Version 13.4.0.14., TIBCO Software Inc.

Pro představu chůze byla naměřena data ve třech situacích: klid (klid CH), představa chůze před reálnou zkušeností (představa CH před) a představa chůze po získání reálné zkušenosti (představa CH po). Data pro představu chůze po čáře byla naměřena ve stejných situacích: klid (klid Č), představa chůze po čáře před reálnou zkušeností (představa Č před) a představa chůze po čáře po získání reálné zkušenosti (představa Č po). Naměřená data ve výše zmíněných situacích jsou detailněji popsána v Tabulka 2 (s. 42) a Tabulka 3 (s. 42) prostřednictvím popisné statistiky.

Na základě spočítání rozdílů mezi jednotlivými situacemi (klid CH X představa CH před, klid CH X představa CH po, klid Č X představa Č před, klid Č X představa Č po, představa CH před X představa CH po, představa Č před X představa Č po) a použití Shapiro-Wilkových testů bylo zjištěno, zda naměřená data mají či nemají normální distribuci. U dat s normální distribucí byl použit párový t-test, u dat, která neměla normální distribuci, byly použity neparametrické testy pro dva závislé výběry. U statisticky významných rozdílů byly provedeny post hoc testy mnohonásobného porovnání, tzn. byla použita pro korekci signifikance dat Bonferroniho korekce ($\alpha=0,05/3=0,017$) kvůli mnohonásobnému opakování t-testu.

8 VÝSLEDKY

V následujících tabulkách jsou uvedeny data popisné statistiky (průměr, medián, minimum, maximum a směrodatná odchylka – SD) pro představu chůze (Tabulka 2) a pro představu chůze po čáře (Tabulka 3).

Tabulka 2 Popisná statistika pro představu chůze

| Popisná statistika pro představu chůze | | | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|--------------|---------|
| Parametr (n=20) | průměr (μV) | medián (μV) | minimum (μV) | maximum (μV) | SD (μV) |
| Klid CH GM dx. | 33,405 | 24,983 | 9,401 | 135,721 | 26,948 |
| Představa CH před GM dx. | 27,658 | 27,604 | 10,083 | 50,443 | 10,975 |
| Představa CH po GM dx. | 25,017 | 24,612 | 10,587 | 40,106 | 9,052 |
| | | | | | |
| Klid CH GM sin. | 9,400 | 9,265 | 1,935 | 21,164 | 5,322 |
| Představa CH před GM sin. | 7,774 | 7,220 | 3,287 | 20,936 | 4,077 |
| Představa CH po GM sin. | 6,834 | 6,529 | 2,877 | 17,771 | 3,229 |
| | | | | | |
| Klid CH TA dx. | 16,859 | 15,983 | 6,378 | 34,648 | 8,695 |
| Představa CH před TA dx. | 17,302 | 16,391 | 7,099 | 38,074 | 8,774 |
| Představa CH po TA dx. | 16,168 | 16,060 | 6,916 | 30,051 | 7,025 |
| | | | | | |
| Klid CH TA sin. | 17,925 | 17,005 | 1,974 | 39,083 | 8,769 |
| Představa CH před TA sin. | 15,355 | 15,301 | 5,256 | 27,295 | 6,433 |
| Představa CH po TA sin. | 14,509 | 13,793 | 5,293 | 30,013 | 5,800 |

Legenda: SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, CH – chůze, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister

Tabulka 3 Popisná statistika pro představu chůze po čáře

| Popisná statistika pro představu chůze po čáře | | | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|--------------|---------|
| Parametr (n=20) | průměr (μV) | medián (μV) | minimum (μV) | maximum (μV) | SD (μV) |
| Klid Č GM dx. | 33,461 | 27,775 | 13,335 | 116,594 | 22,878 |
| Představa Č před GM dx. | 27,540 | 24,573 | 2,089 | 70,417 | 14,881 |

| | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Představa Č po GM dx. | 28,399 | 26,032 | 10,774 | 67,394 | 14,327 |
| Klid Č GM sin. | 9,112 | 7,642 | 2,750 | 28,552 | 5,428 |
| Představa Č před GM sin. | 7,590 | 6,875 | 1,220 | 15,439 | 3,649 |
| Představa Č po GM sin. | 7,904 | 6,735 | 3,339 | 16,885 | 3,844 |
| Klid Č TA dx. | 17,979 | 15,208 | 7,579 | 52,397 | 11,869 |
| Představa Č před TA dx. | 16,602 | 14,643 | 1,429 | 45,731 | 10,537 |
| Představa Č po TA dx. | 16,377 | 16,042 | 6,002 | 39,002 | 7,478 |
| Klid Č TA sin. | 20,722 | 16,642 | 6,887 | 56,077 | 12,479 |
| Představa Č před TA sin. | 19,168 | 17,135 | 1,663 | 44,668 | 10,922 |
| Představa Č po TA sin. | 16,341 | 15,317 | 5,730 | 29,975 | 7,318 |

Legenda: SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, Č – chůze po čáře, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister

V následující tabulce (Tabulka 4) jsou popsány p-hodnoty při porovnávání klidného stoje (klid CH) s představou chůze před reálnou zkušeností (představa CH před) a s představou chůze po reálné zkušenosti (představa CH po). Tato data byla zkorigována podle Bonferroniho korekce ($\alpha=0,05/3=0,017$), která ozřejmila signifikanci dat. Tučně červeně jsou zvýrazněné signifikantní výsledky ($p \leq 0,017$).

Tabulka 4 p-hodnoty při porovnání klidného stoje s představami chůze před a po získání reálné zkušenosti

| p-hodnoty mezi klidným stojem a představami chůze | | | | |
|---|---------|--------------|---------|---------|
| | GM dx. | GM sin. | TA dx. | TA sin. |
| Situace | Klid CH | Klid CH | Klid CH | Klid CH |
| Představa CH před | 0,502 | 0,015 | 0,591 | 0,502 |
| Představa CH po | 0,264 | 0,014 | 0,678 | 0,264 |

Legenda: CH – chůze, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister, p – hladina signifikance

V níže uvedené tabulce (Tabulka 5, s. 44) jsou vypsány p-hodnoty při porovnávání klidného stoje (klid Č) s představou chůze po čáře před reálnou zkušeností (představa Č před) a s představou chůze po čáře po reálné zkušenosti (představa Č po). Tato data byla také

zkorigována podle Bonferroniho korekce ($\alpha=0,05/3= 0,017$), která ozřejmila signifikanci dat. Tučně červeně jsou zvýrazněné signifikantní hodnoty ($p \leq 0,017$).

Tabulka 5 p-hodnoty po Bonferroniho korekci při porovnání mezi klidným stojem a představami chůze po čáře před a po získání reálné zkušenosti

| p-hodnoty mezi klidným stojem a představami chůze po čáře | | | | |
|---|--------------|---------|--------|---------|
| | GM dx. | GM sin. | TA dx. | TA sin. |
| Situace | Klid Č | Klid Č | Klid Č | Klid Č |
| Představa Č před | 0,014 | 0,098 | 0,502 | 0,332 |
| Představa Č po | 0,502 | 0,118 | 0,823 | 0,118 |

Legenda: Č – čára, GM – m.gastrocnemius medialis, TA – m.tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister

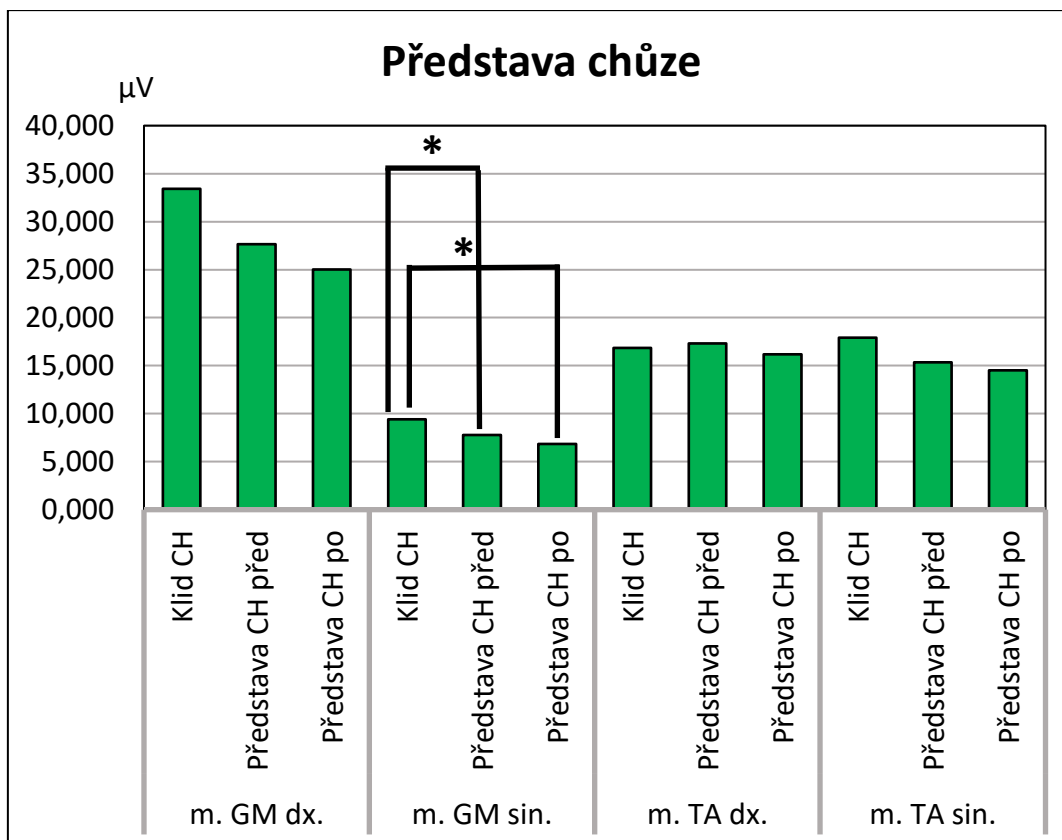
V Tabulka 6 jsou uvedeny p-hodnoty, které byly získány porovnáním představy chůze před a po získání reálné zkušenosti (představa CH před X představa CH po) a dále porovnáním mezi představou chůze po čáře před a po získání reálné zkušenosti (představa Č před X představa Č po). I u těchto dat byla provedena Bonferroniho korekce dat ($p \leq 0,017$).

Tabulka 6 p-hodnoty po Bonferroniho korekci při porovnání mezi představami chůze před a po získání reálných zkušeností

| p-hodnoty při porovnání představy chůze před a po reálné zkušenosti | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | GM dx. | GM sin. | TA dx. | TA sin. |
| Situace | Představa CH před | Představa CH před | Představa CH před | Představa CH před |
| Představa CH po | 0,086 | 0,118 | 0,491 | 0,823 |
| p-hodnoty při porovnání představy chůze po čáře před a po reálné zkušenosti | | | | |
| | GM dx. | GM sin. | TA dx. | TA sin. |
| Situace | Představa Č před | Představa Č před | Představa Č před | Představa Č před |
| Představa Č po | 0,823 | 0,583 | 0,823 | 0,502 |

Legenda: CH – chůze, Č – čára, GM – m.gastrocnemius medialis, TA – m.tibialis anterior, dx. - dexter, sin. – sinister, p – hladina signifikance

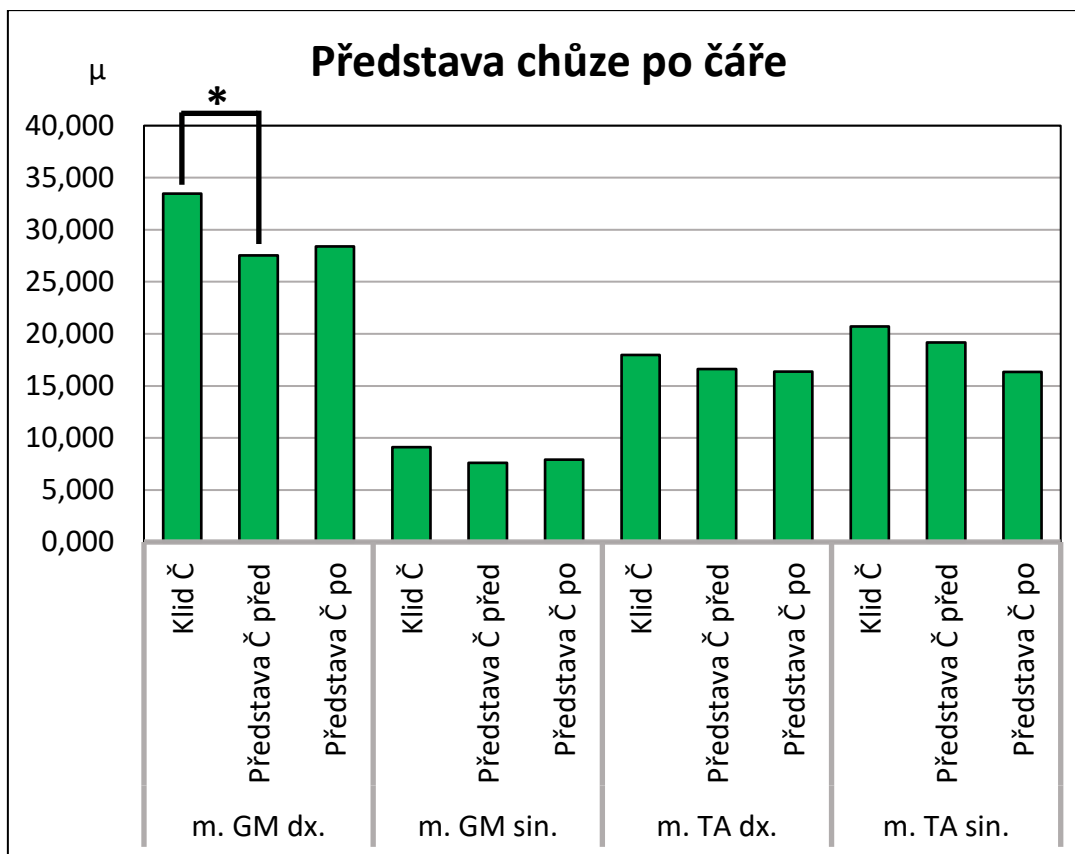
V níže uvedeném grafu (Obrázek 2, s. 45). jsou graficky znázorněny průměrné hodnoty bilaterální svalové aktivity m. gastrocnemius medialis a m. tibialis anterior naměřené během tří situací – klidný stoj, představa chůze před realizací chůze a představa chůze po realizaci chůze. Hvězdičkou jsou označena signifikantní data ($p \leq 0,017$).



Obrázek 2 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů v jednotlivých situacích při představě chůze

Legenda: klid CH – klidný stoj, představa CH před – představa chůze před realizací chůze, představa CH po – představa chůze po realizaci chůze, GM – musculus gastrocnemius medialis, TA – musculus tibialis anterior, m. – musculus, dx. – dexter, sin. – sinister, * – $p \leq 0,017$

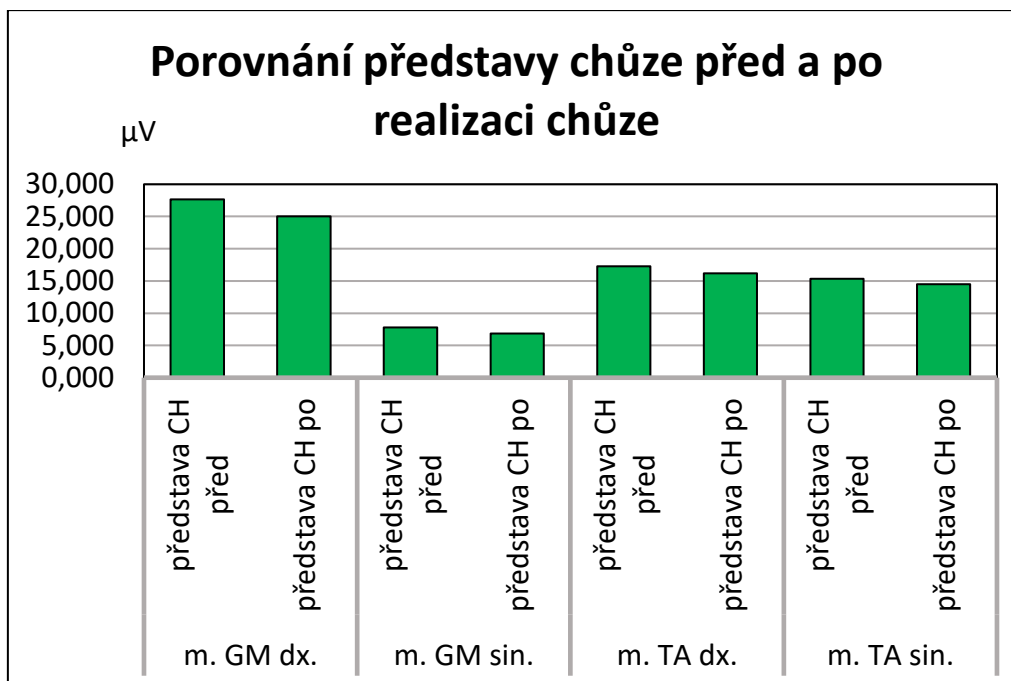
V následujícím grafu (Obrázek 3, s. 46). jsou graficky znázorněny průměrné hodnoty bilaterální svalové aktivity m. gastrocnemius medialis a m. tibialis anterior naměřené během tří situací – klidný stoj, představa chůze po čáře před realizací chůze po čáře a představa chůze po čáře po realizaci chůze po čáře. Hvězdičkou jsou označena signifikantní data ($p \leq 0,017$).



Obrázek 3 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů v jednotlivých situacích při představě chůze po čáře

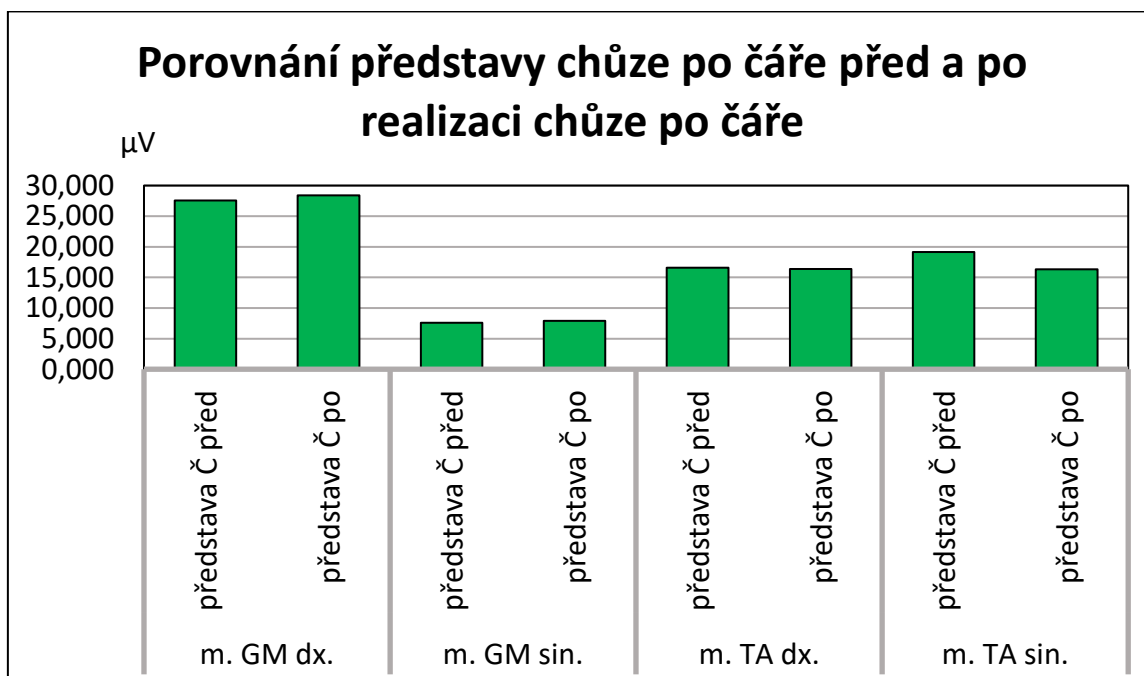
Legenda: klid Č – klidný stoj, představa Č před – představa chůze po čáře před realizací chůze po čáře, představa Č po – představa chůze po čáře po realizaci chůze po čáře, GM – musculus gastrocnemius medialis, TA – musculus tibialis anterior, m. – musculus, dx. – dexter, sin. – sinister, * $p \leq 0,017$

V dále uvedených grafech jsou graficky porovnány průměrné hodnoty bilaterální svalové aktivity m. gastrocnemius medialis a m. tibialis anterior při porovnání představ chůze před a po realizaci chůze (Obrázek 4, s. 47) a při porovnání představ chůze po čáře před a po realizaci chůze po čáře (Obrázek 5, s. 47). Případné signifikantní výsledky jsou znázorněny hvězdičkou ($p \leq 0,017$).



Obrázek 4 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů při porovnání představy chůze před a po realizaci chůze

Legenda: klid CH – klidný stoj, představa CH před – představa chůze před realizací chůze, představa CH po – představa chůze po realizaci chůze, GM – musculus gastrocnemius medialis, TA – musculus tibialis anterior, m. – musculus, dx. – dexter, sin. – sinister



Obrázek 5 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů při porovnání představy chůze po čáře před a po realizaci chůze po čáře

Legenda: klid Č – klidný stoj, představa Č před – představa chůze po čáře před realizací chůze po čáře, představa Č po – představa chůze po čáře po realizaci chůze po čáře, GM – musculus gastrocnemius medialis, TA – musculus tibialis anterior, m. – musculus, dx. – dexter, sin. – sinister

8.1 Vyjádření ke stanoveným hypotézám

Hypotézu **H₀ 1**: „Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (bez získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis sin.* (**klid CH x představa CH před p=0,015**). **Nezamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis dx.* (p=0,502), *m. tibialis anterior dx.* (p=0,591) a *m. tibialis anterior sin.* (p=0,502) viz Tabulka 4 (s. 43).

Hypotézu **H_A 1**: „Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (bez získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis dx.* (p=0,502), *m. tibialis anterior dx.* (p=0,591) a *m. tibialis anterior sin.* (p=0,502). **Nelze zamítnout** pro *m. gastrocnemius medialis sin.* (**klid CH x představa CH před p=0,015**) viz Tabulka 4 (s. 43).

Hypotézu **H₀ 2**: „Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis sin.* (**klid CH x představa CH po p=0,014**). **Nezamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis dx.* (p=0,264), *m. tibialis anterior dx.* (p=0,678) a *m. tibialis anterior sin.* (p=0,264) viz Tabulka 4 (s. 43).

Hypotézu **H_A 2**: „Mezi klidným stojem (bez představy chůze) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis dx.* (p=0,264), *m. tibialis anterior dx.* (p=0,678) a *m. tibialis anterior sin.* (p=0,264). **Nelze zamítnout** pro *m. gastrocnemius medialis sin.* (**klid CH x představa CH po p=0,014**) viz Tabulka 4 (s. 43).

Hypotézu **H₀ 3**: „Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (bez získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis dx.* (**klid Č x představa Č před p=0,014**). **Nezamítáme** pro *m. gastrocnemius medialis sin.* (p=0,098), *m. tibialis anterior dx.* (p=0,502) a *m. tibialis anterior sin.* (p=0,332) viz Tabulka 5 (s. 44).

Hypotézu **H_A 3:** „Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (bez získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro m. gastrocnemius medialis sin. (p=0,098), m. tibialis anterior dx. (p=0,502) a m. tibialis anterior sin. (p=0,332). **Nelze zamítnout** pro m. gastrocnemius medialis dx. (**klid Č x představa Č před p=0,014**) viz Tabulka 5 (s. 44).

Hypotézu **H₀ 4:** „Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **nezamítáme** pro m. gastrocnemius dx. (p=0,502), m. gastrocnemius medialis sin. (p=0,118), m. tibialis anterior dx. (p=0,823) a m. tibialis anterior sin. (p=0,118) viz Tabulka 5 (s. 44).

Hypotézu **H_A 4:** „Mezi klidným stojem (bez představy chůze po čáře) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro m. gastrocnemius dx. (p=0,502), m. gastrocnemius medialis sin. (p=0,118), m. tibialis anterior dx. (p=0,823) a m. tibialis anterior sin. (p=0,118) viz Tabulka 5 (s. 44).

Hypotézu **H₀ 5:** „Mezi stojem při představě chůze (před získáním reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **nezamítáme** pro m. gastrocnemius dx. (p=0,086), m. gastrocnemius medialis sin. (p=0,118), m. tibialis anterior dx. (p=0,491) a m. tibialis anterior sin. (p=0,823) viz Tabulka 6 (s. 44).

Hypotézu **H_A 5:** „Mezi stojem při představě chůze (před získáním reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro m. gastrocnemius dx. (p=0,086), m. gastrocnemius medialis sin. (p=0,118), m. tibialis anterior dx. (p=0,491) a m. tibialis anterior sin. (p=0,823) viz Tabulka 6 (s. 44).

Hypotézu **H₀ 6:** „Mezi stojem při představě chůze po čáře (před získáním reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) neexistují žádné změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **nezamítáme** pro m. gastrocnemius dx. (p=0,823), m. gastrocnemius medialis sin.

($p=0,583$), m. tibialis anterior dx. ($p=0,823$) a m. tibialis anterior sin. ($p=0,502$) viz Tabulka 6 (s. 44).

Hypotézu **H_A 6:** „Mezi stojem při představě chůze po čáře (před získáním reálné zkušenosti) a stojem při představě chůze po čáře (po získání reálné zkušenosti) existují změny v bilaterální svalové aktivitě svalů *mm. gastrocnemii mediales* a *mm. tibiales anteriores*“ **zamítáme** pro m. gastrocnemius dx. ($p=0,823$), m. gastrocnemius medialis sin. ($p=0,583$), m. tibialis anterior dx. ($p=0,823$) a m. tibialis anterior sin. ($p=0,502$) viz Tabulka 6 (s. 44).

9 DISKUSE

Představa pohybu se nejprve používala u zdravých lidí a sportovců jako doplňková tréninková technika především ke zlepšení jejich výkonu (Gentilli, Papaxanthis a Pozzo, 2006, s. 761-772; Zijdwind et al. 2003, s. 168-173). V současné době je větší snaha o zařazení představy pohybu do rehabilitačních plánů, proto je imaginace pohybu předmětem zkoumání mnoha studií. Využití představy pohybu je zdokumentováno u různých skupin lidí – např. u zdravých jedinců (Callow et al., 2017, s. 81-86; Guillot et al., 2009, s. 2157-2172; Miyai et al., 2001, s. 1186-1892; Wilson et al., 2010, s. 417-425), u pacientů po CMP (Dunsky et al., 2006, s. 351-356; García a Cantalapiedra, 2016, s. 43-52; Hwang et al. 2010, s. 514-522; Ietswaart et al., 2011, s.1373-1376), u lidí s Parkinsonovou chorobou (Bek et al., 2019, s. 126-131; Heremans et al., 2013, s. 31-38; Tamira, Dicksteina a Huberman, 2007, s. 68-75), roztroušenou sklerózou (Heremans et al. 2012, s. 1303-1309), bolestivými stavy (Özcan et al. 2019, s. 1-9; Paolucci et al., 2013, s. 1-4, Vrana et al., 2015, s. 1-18). K jejímu využití v rehabilitaci je potřeba schopnosti představy dané činnosti nebo pohybu. Bohužel tato schopnost představy je nelehce změřitelná – jsou využívány zobrazovací metody (fMRI, PET, SPECT), snímání projevů ANS a dotazníková hodnocení. Poslední zmíněná metoda měření je velmi limitující, protože je založena na subjektivním hodnocení jedince a každý jedinec má odlišnou subjektivní stupnici hodnocení.

9.1 Vliv představy na svalovou aktivitu

V následujícím textu jsou uvedené studie, které prokazují, že během představy pohybu či chůze dochází k modulaci aktivity svalů na horních nebo dolních končetinách. Je zajímavé, že představa jednoduchého pohybu (například flexe loketního kloubu) zvyšuje aktivitu svalových skupin zapojujících se do daného pohybu, zatímco představa složitějšího pohybu (například chůze) snižuje svalovou aktivitu na dolních končetinách.

9.1.1 Vliv představy analytického pohybu na svalovou aktivitu

Při porovnání experimentální skupiny a kontrolní skupiny, která obsahovala zdravé jedince a nepropraktikovala žádné mentální ani fyzické cvičení, zvyšuje představa analytického pohybu svalovou sílu, ale nezvyšuje ji na takovou úroveň jako fyzický trénink. Fyzický trénink

pohybu aktivuje nejen sval, ale také nervové spoje řídící motoriku konkrétního svalu. Proto dochází k tréninku jak centrálního, tak i periferního systému. Oproti tomu kombinace představy a fyzického trénování pohybu vyvolává především zvýšenou mozkovou aktivitu v motorických oblastech mozku. Proto má intenzivní fyzický trénink největší efekt na zvýšení svalové síly. Motorická představa pohybu by měla být považována za další tréninkovou možnost k zachování funkce svalů, pokud sportovci nejsou vystaveni maximální tréninkové intenzitě (Paravlic et al., 2018, s. 1166, 1179, 1183). Výsledky systematického review Slimani et al. (2016, s. 445) ukazují, že kombinace představy pohybu s fyzickým tréninkem je efektivnější než pouze fyzický trénink.

Pomalá svalová vlákna (typu I) se aktivují při nízkých frekvencích (5-20 Hz), rychlá svalová vlákna (typu II) jsou aktivována při vyšších frekvencích (30-100 Hz). Proto by mohla intenzita úsilí mentálního tréninku podněcovat různé účinky v aktivaci rychlých a pomalých svalových vláken (Suzo et al., 2015, s. 8).

Ve studii Lebon, Collet a Guillot (2010, s. 1685) se zabývali tím, jestli představa konkrétního pohybu (leg press) zvyšuje sílu svalů dolních končetin. Jejich výsledky naznačují, že představa tohoto pohybu přispívá ke zvýšení svalové síly, a dále zmiňují, že zvýšení síly svalů neprovázely jejich makroskopické strukturální změny. Toto tvrzení vysvětlují tak, že délka pozorování tréninku byla natolik krátká, že se nestihly zaktivovat hypertrofické mechanismy, a tak za jakýkoliv nárůst svalové síly je nejspíše zodpovědná právě představa pohybu, protože u měřených svalů nebyly zaznamenány antropometrické rozdíly, ale byl zaznamenán pouze nárůst jejich síly. Dále je zde uvedeno, že účastníci experimentu měli po představě konkrétního pohybu větší jistotu, že tento pohyb lépe a úspěšněji provedou.

Je zajímavé, že předchozí studie (Sidaway a Trzaska, 2005, s. 1053-1060; Smith, Collins a Holmes, 2003, s. 293-306; Zijdwind et al., 2003, s. 168-173) zabývající se účinky představy pohybu na svalovou sílu distálních a proximálních svalů končetin zdůrazňují, že před svalovou hypertrofií dochází k „neuronálnímu nárůstu síly“ v oblasti motorické kůry konkrétního svalu. Podobný princip nárůstu svalové síly prostřednictvím představy pohybu podporuje i studie Ranganathan et al. (2004, s. 953). Tato studie uvádí, že primárním mechanismem, který je základem pro zvyšování svalové síly, je vylepšení centrálního řízení svalu vyvolané prostřednictvím mentálního tréninku. Data této studie naznačují, že trénink opakovaných mentálních pokusů o maximální svalovou aktivaci zesiluje neuronální spoje mezi mozkiem a svalem.

Účinnost intervence představy pohybu by se zdála být proporcionálně závislá na velikosti oblasti konkrétního svalu v primární motorické kůře. Tzn. že větší nárůst svalové

síly po mentálním tréninku bude ve svalech zabírající větší oblast v primární motorické kůře. A dále že představa pohybu může vyvolat mozkovou reorganizaci, která vede ke zvýšení výkonnosti motorických jednotek nebo k náboru dalších (neaktivních) motorických jednotek. Ale toto téma je stále diskutabilní (Sidaway a Trzaska, 2005, s. 1053-1060; Smith, Collins a Holmes, 2003, s. 293-306; Zijdewind et al., 2003, s. 168-173).

Je pravděpodobné, že ztráta svalové síly, ke které dochází v důsledku imobilizace, je spojena se změnami v CNS – konkrétně se změnami programování a plánování svalové kontrakce. Imobilizace snižuje EMG aktivitu během maximální kontrakce, což může naznačovat, že je snižena i centrální aktivace svalů (Duchateau, 1995 in Newsom, Knight a Balnave, 2001, s. 256).

Představa pohybu může zamezit přílišné ztrátě svalové síly u lidí po CMP nebo sportovců, kteří se zotavují po zranění. Ve shodě s tímto tvrzením je Newsom, Knight a Balnave (2003, s. 249-258), kteří ve svém výzkumu poskytují důkazy o tom, že použití představy pohybu má pozitivní efekt v prevenci ztráty síly flexorů a extenzorů zápěstí po jeho krátkodobé imobilizaci.

Využití představy daného pohybu může být také spolehlivou technikou ke zlepšení kvality výkonu, tj. zvýšení úrovně pozornosti a tím i zvýšení efektivity následného výkonu během přípravného období sportovců na sezónu. Z tohoto úhlu pohledu by mohl být případný nárůst svalové síly spojen spíše s psychologickými účinky představy pohybu než s fyziologickými adaptacemi (Feltz a Landers, 1983, Hall et al., 1990 in Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1686). Představa pohybu může být slibným nástrojem ke zlepšení motivace a sebevědomí sportovce, snížení fyzického tréninku a tím i zabránění případného přetrénování sportovce (Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1686).

Stejně tak Cupal a Brewer (2001, s. 28-43) prokázali, že pokud se využije představy pohybu během rehabilitace předního zkříženého vazů, tak dochází ke zvýšení svalové síly v oblasti kolenního kloubu, ke snížení bolesti a zmenšení možnosti opětovného poranění z důvodu úzkosti jedince. Z tohoto důvodu je zajímavé, že nervová adaptace vede k větší synchronizaci motorických jednotek ve svalech, které zaujímají korespondující oblasti v primární mozkové kůře, a také vede ke zvýšení motivace, sebevědomí a úrovně pozornosti při provádění pohybu.

Z výše uvedených studií je možné vyvodit, že představa analytického pohybu zvyšuje svalovou aktivitu a zmírňuje případnou atrofii při imobilizaci. Proto by se představa pohybu měla využívat během rehabilitace úrazů a i jako prevence opětovného zranění.

9.1.2 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu

Ve Fakultní nemocnici v Olomouci (dále jen FN Olomouc) jsou prováděny několik let výzkumy, jejichž předmětem je zkoumání představy chůze/pohybu jak u zdravých jedinců (Maděrová, 2019, s. 1-98; Ondráčková, 2019, s. 1-97; Polehlová, 2012, s. 1-107; Suchánková, 2016, s. 1-102; Tomsa, 2016, s. 1-91; Trlidová, 2019, s. 1-86), tak i u specifických skupin – např. lidé po CMP (Habermannová, 2014, s. 1-121; Schnitterová, 2020, s. 1-71). Předmětem zkoumání diplomových prací zahrnující zdravé jedince je především vliv představy chůze na aktivitu svalů dolních končetin, některé z nich zkoumaly i případný vliv představy chůze na posturální výchylky.

9.1.2.1 Srovnání svalové aktivity mezi stojem bez představy chůze se stojem při představě chůze

Z výsledků tohoto experimentálního měření lze vyčíst, že aktivita distálních svalů dolních končetin během představy chůze/chůze po čáře má klesající charakter než rostoucí. Nejvyšší svalová aktivita pozorovaných svalů (m. gastrocnemius medialis dx. a sin., m. tibialis anterior dx. a sin.) je naměřena při klidném stoji bez představy (klid), za to nejnižší svalová aktivita je zaznamenána ve stoji při představě chůze po realizaci chůze (po získání zkušenosti) – představa CH po. Podobný pokles svalové aktivity během představy chůze v porovnání s klidným stojem je zaznamenán i v dalších diplomových pracích (Maděrová, 2019, s. 1-98; Ondráčková, 2019, s. 1-97; Polehlová, 2012, s. 1-107; Suchánková, 2016, s. 1-102; Tomsa, 2016, s. 1-91; Trlidová, 2019, s. 1-86).

Konkrétně, v této diplomové práci je zaznamenán signifikantní pokles svalové aktivity m. gastrocnemius sinister při porovnání klidného stoje bez představy se stojem s představami chůze před a po realizaci chůze (klid x představa CH před, klid x představa CH po) – viz Tabulka 4 (s. 43) Obrázek 2 (s. 45). Tato zjištění jsou ve shodě s prací Trlidové (2019, s. 1-86), která také prokázala signifikantní pokles svalové aktivity ve stejných situacích, ale akorát u m. gastrocnemius medialis dx. a navíc u m. tibialis anterior dx. V práci Polehlové (2012, s. 1-107) také nacházíme shodu se sníženou svalovou aktivitou distálních svalů při představě chůze u m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis na dominantní dolní končetině, v této práci je dále zaznamenána snížená svalová aktivita i u jiných distálních svalů dominantní dolní končetiny, a to konkrétně u m. peroneus lognus a m. gastrocnemius lateralis. Oproti tomu práce Suchánkové (2016, s. 1-102) a Tomsy (2016, s. 1-91) neprokazují žádné

signifikantní poklesy svalové aktivity distálních svalů ve srovnání klidového stoje se stojem během představy chůze. V práci Suchánkové (2016, s. 1-102) je prokázáno, že po získání reálné zkušenosti chůze dochází signifikantnímu snížení bilaterální svalové aktivity mm. gastrocnemii mediales v pozici vsedě. S tímto zjištěním je ve shodě i práce Tomsy (2016, s. 1-91), který zjistil pokles aktivity m. gastrocnemius medialis sin. a navíc zjistil pokles svalové aktivity i u m. tibialis anterior dx. a sin. v pozici vsedě. Dále signifikantně prokazuje, že dochází ke snížení bilaterální aktivity svalů mm. tibiales anteriores a mm. gastrocnemii mediales během představy rytmické chůze ve srovnání s představou bez rytmu.

Pokles svalové aktivity je prokázán nejen u distálních svalů dolních končetin, ale i u proximálních svalů. Při porovnání klidného stoje a stoje s představou chůze po její realizaci (klid x představa CH po) dochází ke snížení aktivity v těchto proximálních svalech – m. rectus femoris dx. a sin. (Ondráčková, 2019, s. 1-97) a m. erector spinae dx. (Maděrová, 2019, s. 1-98).

Ale v některých pracích je dokonce zaznamenán i signifikantní vzestup svalové aktivity v porovnání klidu a představy chůze před její realizací (klid x představa CH před). Tato aktivita byla zaznamenána v těchto svalech dominantní dolní končetiny – m. rectus femoris, m. biceps femoris a m. semitendinosus (Polehlová, 2012, s. 1-107). Trlidová (2019, s. 1-86) naměřila zvýšenou svalovou aktivitu m. tibialis anterior dx. při představě chůze po slackline po získání zkušenosti v porovnání s klidovou hodnotou.

Výše zmíněné poklesy svalové aktivity by mohly být vysvětleny na základě „konfliktu“ spinálních a supraspinálních center během představy chůze. Při klidném stoji udržují svaly dolních končetin svalové napětí a vykazují na EMG signálu určitou svalovou aktivitu, která je řízena subkortikálně a je potřebná k udržení vzpřímeného stoje. V momentě, kdy si člověk začne něco představovat (v tomto případě chůzi), tak dochází k zapojení kortikálních center (SMA), které vysílají signály přes subkortikální mozková centra (bazální ganglia, MLR, SLR, a CLR) směrem k bederním oblastem CPG, jejichž funkcí je navození rytmického krokového cyklu (Hetu et al., 2013, s. 946; Jahn et al., 2008, s. 791; La Fugere et al., 2010, s. 1596; Mirelman et al., 2018, s. 126; Takusaki, 2013, s. 1483-1485). Aktivita CPG je ovlivňována prostřednictvím biomechanických informací, které během představy chybí, nebo prostřednictvím vyšších supraspinálních center (Ijspeert, 2008, s. 643-644). Při představě chůze dochází k facilitaci supraspinálních (kortikálních i subkortikálních) oblastí, ale nikoli k facilitaci CPG, a proto nedojde ke zvýšení svalové aktivity jako je tomu u představy analytických pohybů. Oblasti CPG mají mnoho inhibičních synapsí (Murder a Bucher, 2001, s. 988), které se nejspíše aktivují prostřednictvím představy chůze a následně sníží aktivitu

svalů dolních končetin. Proto je naměřena snížená svalová aktivita během představy chůze v porovnání se stojem bez představy. Bohužel tuto domněnku nelze nějak doložit a byla by potřeba dalších výzkumů, které by se věnovaly příčině snížení svalové aktivity během představy chůze.

9.1.2.2 Srovnání svalové aktivity mezi stojem bez představy chůze po čáře se stojem při představě chůze po čáře

Další signifikantní výsledek této diplomové práce je snížení aktivity svalu *m. gastrocnemius medialis dx.* při srovnání klidného stoje a stoje s představou chůze po čáře před její skutečnou realizací (klid x představa Č před) – viz Tabulka 5 (s. 44) a Obrázek 3 (s. 46). S tímto poznatkem nejsem ve shodě s prací Shnitterové (2020, s.1-71), která nezaznamenala žádný signifikantní výsledek u zdravých jedinců v těchto situacích (klid x představa Č před x představa Č po). Ve zmíněných situacích její výsledky poukazují (i když nesignifikantně) na mírně rostoucí svalovou aktivitu *mm. gastrocnemii mediales* a na snižování aktivity proximálních svalů (*mm. recti femores* a *mm. bicipiti femores*). Dále v její diplomové práci lze nalézt signifikantní pokles svalové aktivity neparetického *m. gastrocnemius medialis* u pacientů po CMP při porovnání v situacích klidného stoje a stoje s představou chůze po čáře po získání reálné zkušenosti (klid x představa Č po).

Snížená EMG aktivita *m. gastrocnemius medialis* během představy chůze po čáře v porovnání s klidem by mohla být pravděpodobně způsobena jeho možnou excentrickou funkcí (“brzdí“ přední sklon holenní kosti) při stejné fázi. EMG aktivita excentrické kontrakce (i představa excentrické kontrakce) je nižší v porovnání s koncentrickou kontrakcí (Guillot et al. 2007, s. 24; Enoka, 1996, Kossev a Christova, 1998, Laidlaw, Bilodeau, a Enoka, 2000 in Karagiannakis, Iatridou a Mandalidis, 2020, s. 7), protože dochází k aktivovaní menšího počtu motorických jednotek a ke snížení rychlosti jejich vybíjení (Karagiannakis, Iatridou a Mandalidis, 2020, s. 7). Dalším možným vysvětlením snížení aktivity *m. gastrocnemius medialis* by mohlo být to, že při představě chůze po čáře jsou kladeny vyšší nároky na balanci a k jejímu zachování je potřeba zvýšené aktivity stabilizačních svalů hlezenního kloubu (zejména *m. tibialis anterior* a *m. peroneus brevis* a *longus*) (Karagiannakis, Iatridou a Mandalidis, 2020, s. 7), a kvůli této zvýšené aktivitě by mohlo docházet ke snížení svalové aktivity *m. gastrocnemius medialis*.

9.1.2.3 Vliv realizace chůze/chůze po čáře na svalovou aktivitu během její představy

Výsledky mého experimentu nevykazují žádné signifikantní změny svalové aktivity při představě chůze před a po realizaci chůze (představa CH/Č před x představa CH/Č po) – viz Tabulka 6 (s. 44), Obrázek 4 (s. 47) a Obrázek 5 (s. 47). Tudíž by se dalo předpokládat na základě naměřených dat, že realizace chůze/chůze po čáře (získání zkušenosti/prožitku) mezi představami nijak výrazně neovlivňuje svalovou aktivitu distálních svalů dolních končetin v pozici ve stoje. Z výsledků je však zřejmé, že svalová aktivita měla tendenci spíše klesat než stoupat. Jediný vzestup aktivity je zaznamenán u m. gastrocnemius medialis dx. a sin. při porovnání představ chůze po čáře (představa Č před x představa Č po).

Oproti tomu v jiných diplomových pracích jsou v těchto situacích (představa CH před x představa CH po) naměřeny signifikantní výsledky. A to konkrétně v diplomové práci Trlidové (2019, s. 1-86), která zaznamenala pokles aktivity m. tibialis anterior dx. ve stoje, Suchánkové (2016, s. 1-102), která naměřila snížení aktivity m. gastrocnemius medialis dx. ale v pozici v sedě a Polehlové (2012, s. 1-107), která prokázala pokles svalové aktivity ve stoje u m. tibialis anterior a v pozici vsedě u m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. gastrocnemius lateralis, a m. peroneus longus. Co se týče aktivity proximálních svalů v tých situacích (představa CH před x představa CH po), tak Ondráčková (2019, s. 1-97) a Polehlová (2012, s. 1-107) změřily signifikantní pokles aktivity m. rectus femoris dx. a sin. Proto nelze zcela zavrhnout vliv realizace chůze na svalovou aktivitu během její představy. Případné rozdíly naměřené u m. gastrocnemius medialis by mohly být vysvětlené na základě odlišné pozice elektrod z důvodu rozdílných palpačních schopností měřících. Dalším vysvětlením odlišných nálezů by se mohlo vysvětlit tak, že si probandí představovali a realizovali chůzi po čáře popředu, což je mohlo během představy podněcovat přenést váhu spíše na špičky, čímž došlo následně ke zvýšené aktivitě plantárních flexorů (v tomto případě m. gastrocnemius medialis dx. a sin.), aby nedošlo k případnému pádu.

Pokud zohledníme i subjektivní hodnocení jedinců náročnosti představy chůze, tak zjistíme, že těžší byla pro ně představa chůze/chůze po čáře před její realizací (představa CH/Č před) než představa po její realizaci (představa CH/Č po) – viz Příloha 4. Dále tato příloha poukazuje na to, že nejjednodušší byla pro probandy představa vlastní chůze po jejím skutečném provedení (představa CH po) a nejméně náročná byla pro ně představa chůze po čáře před skutečnou realizací chůze po čáře (představa Č před). Z toho tedy plyne, že představu chůze si lze snadněji představit za méně náročných podmínek a po získání reálného prožitku z chůze, zatímco při těžších podmínkách (určení směru chůze prostřednictvím čáry, styl chůze

– tandemová chůze, vyšší požadavky na balanci, atd.) a absenci reálné zkušenosti byla představa chůze obtížnější.

9.1.3 Porovnání výsledků diplomových prací s ostatními studii

Když porovnáme výsledky diplomových prací (včetně mé) naměřené ve FN Olomouc s ostatními studii, tak se jejich výsledky moc neshodují. Tato neshoda mezi diplomovými pracemi a studii by mohla být z důvodu odlišného typu představovaného pohybu. Diplomové práce jsou zaměřené na složitější pohyb (na představu chůze), zatímco mnoho studií je zaměřeno pouze na představu jednoduchého (analytického) pohybu, jako je například extenze kolenního kloubu (Hutter et al., 2012, s. 166-174; Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1680-1687), dorzální flexe hlezenního kloubu (Sidaway a Trzaska, 2005, s. 1053-1060), flexe kyčelního kloubu (Shackell a Standing, 2007, s. 189-200), kombinace horizontální addukce ramenního kloubu s extenzí lokte – bench press (Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1680-1687), flexe loketního kloubu (Jiang et al, 2016, s. 1-7; Di Rienzo, Joassy a Kanthack, 2019, s. 82-95; Wright a Smith, 2009, 18-31), flexe/extenze zápěstí (Newsom, Knight a Balnave, 2001, s. 249-258) a abdukce malíku na ruce (Smith, Collins a Holmes, 2003, s. 293-306). Při představě chůze dochází převážně ke snížení svalové aktivity svalů dolních končetin, oproti tomu při představě konkrétního pohybu dochází k nárůstu svalové aktivity, ale i síly. Tato odlišnost by mohla být vysvětlena na základě náročnosti představovaného pohybu. Představa analytického pohybu facilituje určitou svalovou skupinu potřebnou k vykonávání pohybu, zatímco při představě chůze je potřeba zapojení více svalových skupin (Marconi et al., 2007, s. 1773-1774), které musí být vůči sobě koordinovány. Obecně je známo, že komplexnější pohyby se hůře představují než pohyby jednodušší, proto bude představa chůze spíše složitější. Dalším vysvětlením rozdílů by mohlo být, že chůze je natolik zautomatizovaný proces, že mu člověk nevěnuje takovou pozornost, a tudíž si při představě chůze nedokáže uvědomit, na jaké konkrétní svaly se má zaměřit. Určitou roli tu bude hrát i již zmíněná aktivita CPG, které se při analytickém pohybu neaktivují, a proto dochází ke zvýšení svalové aktivity v agonistických a synergistických svalech (Marconi et al., 2007, s. 1773-1774). Oproti tomu při představě chůze dochází k jejich aktivaci a snížení aktivity svalů dolních končetin.

Většina studií se zaměřuje spíše na představu jednodušších pohybů a představě chůze je věnována menší pozornost pravděpodobně proto, že je chůze proces zahrnující komplexní pohyby celého těla využívá informace proudící z vnitřního a vnějšího prostředí a je kontrolován několika strukturami nervové soustavy. Chůze je natolik zautomatizovaná z důvodu

každodenního využívání, tak by se předpokládalo, že její představa bude jednodušší v porovnání s analytickými pohyby, ale nejspíše tomu tak není – viz odstavec výše. Zkoumáním vlivu představy chůze se zabývá několik studií (Bakker et al., 2007, s. 497-504; Kunz, Creem-Regehr a Thompson, 2009, s. 1460-1461; Munzert, Blishke a Krüger, 2015, s. 809-816) a experimentálních měření (Habermannová, 2014, s. 1-121; Maděrová, 2019, s. 1-98; Ondráčková, 2019, s. 1-97; Polehlová, 2012, s. 1-107; Schnitterová, 2020, s. 1-71; Suchánková, 2016, s. 1-102; Tomsa, 2016, s. 1-91; Trlidová, 2019, s. 1-86).

9.2 Vliv představy na posturální výchylky

Několik výzkumných měření zkoumá při měření představy jak svalovou aktivitu, tak zároveň posturální výchylky, a to proto, že mezi nimi panuje určitá asociace. Podle jejich výsledných dat se může vyhodnotit, jestli modulace svalové aktivity během představy se změnila v důsledku posturálních výchylek nebo pouze na základě představy pohybu (Lemos, Rodrigues a Vargas, 2014, s. 101-105; Rodrigues et al., 2010, s. 743-750). Pokud výsledky neukáží žádná signifikantní data ohledně posturálních výchylek, tak případná změna svalové aktivity souvisí pouze s vlastní představou. Například aktivitu m. gastrocnemius během stoje lze určit na základě souvislosti mezi EMG záznamem a výchylkami COP nebo COG. Ve studii Lemos, Rodrigues a Vargas (2014, s. 101-105) zkoumali, jestli existuje výrazná asociace mezi posturálními výchylkami a EMG aktivitou m. gastrocnemius lateralis během kinestetické a vizuální představy při představě výponu na špičky. Jejich data ukázala, že zvýšená svalová aktivita předchází výchylce COP a že kinestetická představa vedla k signifikantní asociaci mezi posturálními výchylkami a svalovou aktivitou m. gastrocnemius lateralis, tzn. že došlo ke změně (zvětšení) jak posturálních výchylek, tak i EMG amplitudy. Toto tvrzení potvrzuje výsledky jiné předchozí studie Rodrigues et al. (2003, s. 33-35), ale neshoduje se s výsledky další studie Rodrigues et al. (2010, s. 743-750), ve které neprokázaly signifikantní asociaci mezi posturálními výchylkami a EMG aktivitou – zde uvedli, že došlo ke změně pouze posturálních výchylek nikoli EMG amplitudy. Tato kolísavá odpověď EMG amplitudy na představu pohybu by mohla být odůvodněna individuálními rozdíly v inhibici motorických příkazů během představovaného pohybu (Gulliot et al., 2012 in Lemos, Rodrigues a Vargas, 2014, s. 104) nebo metodickými rozdíly mezi studiemi (např. přesná pozice elektrod).

Pokud bychom tedy vzali v úvahu, že mezi EMG amplitudou a posturálními výchylkami během představy analytických pohybů by mohla panovat určitá propojenost – tzn. že při zvětšení EMG amplitudy dochází také ke zvětšení posturálních výchylek, tak bychom mohli

usuzovat, že v průběhu představy chůze, při jejíž představě dochází ke snížení svalové aktivity (zmenšení EMG amplitudy), by měly klesat i posturální výchylky.

Ale ve většině diplomových pracích je zdokumentováno, že v průběhu představy chůze ve stoji nedochází k signifikantním změnám posturálních výchylek (Ondráčková, 2019, s. 1-97; Suchánková, 2016, s. 1-102; Tomsa, 2016, s. 1-91; Trlidová, 2019, s. 1-86). Oproti tomu je zaznamenán jeden signifikantní výsledek, že při porovnání klidného sedu bez představy chůze se sedem s představou chůze před její realizací (klid x představa CH před) dochází ke snížení posturálních výchylek na levé dolní končetině (Maděrová, 2019, s. 1-98). Na základě výsledků výše zmíněných diplomových prací lze konstatovat, že představa chůze výrazně neovlivňuje posturální výchylky, a tudíž případná modulace svalové aktivity nesouvisí se samotným pohybem, ale právě s vlastní představou pohybu.

Je zajímavé, že charakter představovaného pohybu (stoj na špičkách, největší možný dosah horní končetiny dopředu/do strany) dynamicky ovlivňuje výchylky COG v určitém směru. Variabilita COG v antero-posteriorním směru byla nejvíce zvýšena během představy výponu na špičky a variabilita COG v latero-laterální směru byla vyšší opět při představě stoje na špičkách a při představě laterálního dosahování. Ve srovnání představy dosahu směrem dopředu s dosahem směrem do strany byly výchylky COG vyšší při představě dosahu směrem do strany. Představa pohybu ovlivňuje dynamiku výchylek COG (Lemos et al., 2014, s. 1, 5).

9.3 Vliv výchozí pozice na představu pohybu

Mozek využívá vizuálních, hmatových a propioceptivních informací k orientaci v prostoru (Maravita, Spence a Driver, 2003, s. 531-539). Neopomenutelnou roli v orientaci o aktuálním nastavení organismu zastupuje propiocepce, která mozek informuje o pozici a pohybu jednotlivých segmentů těla (Shenton, Schwoebel a Coslett., 2004, s. 19-24).

Výchozí pozice ovlivňuje svalovou aktivitu během představy chůze. Trlidová (2019, s. 1-86) poukazuje na nárůst svalové aktivity distálních svalů ve stoji v porovnání se sedem, a to jak během klidného stoje (m. gastrocnemius dx. a sin.), tak i během představy chůze ve stoji (m. gastrocnemius dx. a sin., m. tibialis anterior sin.). S tímto nálezem se také shoduje Polehlová (2012, s. 1-107), která naměřila zvýšenou aktivitu ve stoje v porovnání se sedem i u jiných distálních (m. peroneus lognus a m. gastrocnemius lateralis) a proximálních (m. rectus femoris, m. biceps femoris a m. semitendinosus) svalů na dominantní dolní končetině. Toto zjištění by mohlo být odůvodněno tím, že stoj je více posturálně náročný než sed, proto dochází ke zvýšené aktivitě svalů na dolních končetinách.

Výsledky Saimpont et al. (2012, s. 54-55) ukazují, že ačkoliv doby představy chůze byly ve všech podmínkách (představa chůze ve stoje a vsedě) delší než skutečné doby trvání fyzické chůze, tak délka představy chůze trvá kratší dobu při zaujetí pozice ve stoje (pozice koresponduje s představovaným pohybem) ve srovnání s polohou vsedě (pozice nekoresponduje s představovaným pohybem). Toto zjištění je v souladu s nálezy Vargas et al. (2004, s. 1202-1205), kteří ve své studii porovnávali jedince představující si pohyby prstů (spojování špičky palce a malíku na ruce) při zaujetí kompatibilní pozice (palec, ukazovák a malík byly nataženy, ostatní prsty pokrčeny) a nekompatibilní pozice (palec a ukazovák byly nataženy, ostatní prsty pokrčeny) během představovaného pohybu. Výsledkem této studie bylo, že kompatibilní pozice vykazovala vyšší korelaci mezi představovanými a skutečnými časy pohybů. Další studie jsou v souladu s těmito nálezy (Conson, Mazarella a Trojano, 2011, s. 115-122; Ionta et al., 2007, s. 1-7; Lorey et al., 2009, s. 233-243).

Aktuální nastavení těla jedince ovlivňuje představu jednoduchých chůzových pohybů. Motorická představa pohybu je facilitována, když si jedinec osvojí odpovídající posturu/polohu představovaného pohybu. Například lidi mající problémy s představou chůze, by měli zaujmout postavení ve stoje pro zlepšení její představy (Saimpont et al., 2012, s. 56).

Během představy chůze jsou shodné (představa ve stoje) nebo neshodné (představa v sedě) propioceptivní informace získávány především z oblasti boků, dolních končetin a plosek nohou, proto má výchozí pozice vliv na představu pohybu (Vargas et al., 2004, s. 1200-1206; de Lange, Helmich a Toni, 2006, s. 609-617; Lorey et al., 2009, s. 233-243).

Pro tuto diplomovou práci byla zvolena jako výchozí pozice pro představu chůze vzpřímený bipedální stoj s rozkročenými dolními končetinami na šířku pánve. Jak z výše napsaného textu vyplývá, tak stoj je nejvhodnější výchozí pozice pro imaginaci chůze a to z toho důvodu, že dochází k větší facilitaci, k získání nejvíce podobných propioceptivních informací a k lepší představě daného pohybu při zaujetí kompatibilní polohy jako je představovaný pohyb.

9.4 Přínos pro rehabilitační praxi

V této diplomové práci je signifikantně dokázáno, že představa chůze/chůze po čáře ovlivňuje aktivitu distálních svalů dolních končetin, dochází k jejich snížené aktivitě. Sice jsme tento poznatek dokázali jen na malém množství probandů a dále také existuje ne velký počet studií zabývajících se efektem představy chůze, tak i přes to terapie, která využívá představu chůze jako doplňkovou metodu, má velký potenciál, protože skrze představu lze aktivovat podobné

struktury/neuronální okruhy CNS, které jsou potřebné ke konečné realizaci chůze (La Fugere et al., 2010, s. 1589-1598). Tohoto pozitivního efektu lze využít u lidí trpících různými defekty, které například neumožňují v dané situaci skutečnou chůzi. Tímto způsobem (prostřednictvím představy chůze) mohou být tyto potřebné neuronální okruhy trénovány, což by mohlo zabraňovat jejich případnému „zeslabování“ ve strukturách mozkové tkáně (Sidaway a Trzaska, 2005, s. 1053-1060; Ranganathan et al., 2004, s. 944-956; Zijdewind et al., 2003, s. 168-173). Ale je samozřejmě důležité i fyzické trénování chůze.

I když je představě konkrétního pohybu připsán pozitivní efekt ohledně zvyšování svalové síly (Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1680-1687; Newsom, Knight a Balnave, 2003, s. 249-258), tak trénink využívající pouze představu pohybu nemá takový účinek jako samotný fyzický trénink (Paravlic et al., 2018, s. 1165-1187). Proto by představa pohybu neměla zcela nahradit fyzický trénink, ale měla by být využívána pouze jako doplňková metoda, která zvyšuje efektivnost terapie/tréninku. Nejefektivnějším způsobem, jak využít potenciální benefit představy, je trénink využívající kombinaci fyzického tréninku daného pohybu a jeho imaginace (Slimani et al., 2016, s.434-450). Dále lze představu pohybu kombinovat i s jeho observací. Prostřednictvím observace pohybu dochází ke zaktivování sítě zrcadlových neuronů, které napomáhají k lepší imitaci a zdokonalení se v určitém pohybu (Brass a Heyess, 2005, s. 489).

Při kombinaci mentální představy a pozorování činnosti dochází k větší kontrole nad obsahem a živostí simulované akce (Hardwick et al., 2018, s. 39).

Představa pohybu signifikantně moduluje svalovou aktivitu, a proto je vhodné ji využít nejen u vrcholových sportovců (Gentili, Papaxanthis a Pozzo, 2006, s. 761-772; Zijdewind et al. 2003, s. 168-173), kterým napomáhá ke zdokonalování se v určité disciplíně, ale i v rehabilitačních plánech pacientů s různými diagnózami (Bek et al., 2019, s. 126-131; Heremans et al. 2012, s. 1303-1309; Ietswaart et al., 2011, s. 1373-1386), které podporuje k návratu se k jejich běžnému životu. Před zahájením terapie využívající imaginace je nutné zjistit, zda daný pacient je vůbec schopen si konkrétní pohyby představit, protože například Simmons et al. (2008, s. 466) uvádí, že až u 40 % lidí trpících CMP dochází k narušení schopnosti představy pohybu (viz 2.3 Využití představy v rehabilitaci, s. 17). K určení úrovně představivosti se nejčastěji používají subjektivní měřící metody prostřednictvím standardizovaných dotazníků. Typ dotazníků se zvolí na základě pacientovy diagnózy. Hojně využívanými dotazníky jsou MIQ-R, MIQ-RS, KVIQ-20 a jejich variace, které hodnotí vizuální a kinestetickou představu jednoduchých pohybů.

Představu pohybu můžeme rozdělit do několika typů. Na základě charakteru představovaného pohybu a na individuálních schopnostech motorického učení jedince je důležité zvolit vhodný typ představy. Vizuální představu je vhodnější využít při učení se nových pohybů a pro zlepšení posturální stability stoje. Kinestetická představa by měla být zvolena v případech, kdy je potřeba zlepšit timing a koordinaci pohybu (Fery, 2003 in Dickstein a Deutsch, 2007, s. 945). Maximální nárůst svalové síly při využití představy pohybu je vyšší u distálních svalových skupin než u proximálních, a dále také interní (z pohledu 1. osoby) představa pohybu má větší efekt na změnu svalové síly než představa externí (z pohledu 3. osoby). Například po úrazech dochází k určité neuronální reorganizaci, kterou je důležité ovlivnit v období rekonvalescence, aby následně došlo k úspěšnému zotavení. K jejímu ovlivnění může dojít prostřednictvím představy konkrétního pohybu, který nelze v daném období provést například z důvodu imobilizace. Proto v těchto případech, ve kterých chceme zabránit případné atrofii svalstva, by měla být preferována spíše vnitřní představa určitého pohybu před vnější (Slimani et. al., 2016, s. 444, 445).

Dále pokud porovnáme kinematickou a vizuální představu ohledně posturální kontroly, tak kinematická představa pohybu více ovlivňuje posturální kontrolu. K tomuto vlivu dochází především u jedinců s vysokou úrovní živosti představovaného pohybu (Souza et al., 2015, s. 9).

9.5 Limity výzkumu

Hlavním limitem tohoto výzkumného měření je malý počet zúčastněných probandů (20 probandů) – z tohoto důvodu nelze výsledky nějak široce zobecnit. Do této studie byli vybráni zdraví jedinci ve věkovém rozmezí 49-70 let bez jakéhokoli úrazu či výrazné patologie, která by omezovala vlastní fyzickou chůzi či její představu. Jelikož mají probandi v tomto výzkumu neporušené téměř všechny funkce a schopnosti, tak je pro ně mnohem snadnější představa chůze či jiného pohybu na rozdíl od pacientů po CMP, pacientů s poruchou kognitivních funkcí nebo jinými dysfunkcemi. Proto u zdravých jedinců není nutné velkého úsilí ani velké motivace k představě chůze nebo konkrétního pohybu. Bylo by tedy vhodné dalších studií, které by se zabývaly právě vlivem představy chůze u konkrétních diagnóz – například u lidí s poruchou neuromuskulárního systému (CMP, Parkinsonova nemoc, roztroušená skleróza), aby se terapie využívající představu mohla co nejdříve aplikovat do krátkodobých i dlouhodobých rehabilitačních plánů pacientů. Dále by bylo vhodné, aby se úroveň představivosti ozřejmila nejen subjektivním měřením, ale i objektivním měřením.

Je také nutné, aby se během měření co nejvíce minimalizovaly vnější faktory modifikující EMG signál svalové aktivity.

Mezi limity této práce patří použití povrchové elektromyografie ke snímání svalové aktivity. EMG je považována za ne zcela přesnou metodu k určování vlivu představy na svalovou aktivitu, a to z většího množství vnitřních a především zevních faktorů, které by mohly zmodifikovat výsledný EMG signál – například přítomnost elektromagnetických rušivých elementů v okolí EMG přístroje (rušení/zkreslování signálu), špatná adheze elektrody (špatné očištění povrchu pokožky, kvalita elektrody), nepřesné umístění elektrody (nepřesné vypalování svalového bříška měřených svalů), snímání svalových vláken umístěných přímo pod elektrodou a více k povrchu těla – z tohoto důvodu nelze zaznamenat případnou svalovou aktivitu hlouběji uložených svalových vláken. Tento limit jsme se snažili eliminovat tím, že elektrody palpoval a lepil pouze jeden člověk (tím se snížilo případné riziko rozdílného umístění elektrod kvůli odlišným palpačním schopnostem jedinců), elektrody byly důkladně očištěny, pokožka zbavena ochlupení, a z dosahu EMG přístroje byly odstraněny elektromagnetické přístroje.

Neopomenutelným limitem tohoto výzkumu je vyhodnocování úrovně představitosti na základě dotazníkové metody, která je zcela subjektivní a nikoli objektivní. Tato metoda se spoléhá na subjektivní hodnotící škálu každého jedince, což je podstatný limit tohoto měření, protože každý jedinec má odlišnou subjektivní stupnici hodnocení a ne všichni probandi museli říkat pravdu o stupni náročnosti představy konkrétního pohybu během vyplňování dotazníku.

V tomto experimentálním měření jsme zvolili, že při všech dílčích měřených situacích měli probandi neustále otevřené oči a koukali do bílé zdi za účelem minimalizace rušivých elementů. Již během měření nám bylo sděleno několika probandy, že by se jim imaginace konkrétního pohybu či chůze představovala lépe se zavřenýma očima, a to z důvodu lepšího soustředění se na představu. Aby nedocházelo k dalšímu narušení koncentrace probandů, tak byla snaha zachovat klid a ticho v průběhu výzkumného měření.

ZÁVĚR

Chůze je automatický a komplexní pohyb celého organismu využívající informace, které proudí z vnitřního a vnějšího prostředí. Představa chůze aktivuje několik korových, podkorových a míšních center, které jsou nutné pro konečnou samotnou realizaci chůze. Imaginaci chůze ovlivňuje několik faktorů – výchozí pozice, vnější prostředí, individuální schopnosti jedince, typ představy, emoční nastavení jedince.

Představa pohybu lze měřit několika způsoby – objektivními metodami (fMRI, PET, SPECT, měření projevů ANS, EMG) a subjektivními metodami (standardizované dotazníky). V tomto výzkumu jsme měřili efekt představy chůze povrchovou elektromyografií a úroveň imaginace jsme zhodnotili na základě standardizovaných dotazníků (konkrétně MIQ-R a MIQ-RS), kterými lze také zjistit schopnost představy probanda například před terapií využívající imaginaci.

Jako hlavní cíl tohoto experimentálního měření bylo změřit změny bilaterální svalové aktivity distálních svalů dolních končetin (mm. gastrocnemii mediales a mm. tibiales anteriores) během představy chůze, což bylo signifikantně prokázáno ve třech situacích. Konkrétně, významné statistické snížení svalové aktivity bylo naměřeno u m. gastrocnemius medialis sin. při představě chůze před a po jejím skutečném provedení v porovnání s klidovými hodnotami ve stoje. Dále byl zaznamenán signifikantní pokles svalové aktivity m. gastrocnemius dx. během představy chůze po čáře před její samotnou realizací ve srovnání s klidovými hodnotami ve stoje. Dílčím zkoumáním byl také případný vliv realizace chůze/chůze po čáře na svalovou aktivitu. V tomto případě nebyla prokázána žádná signifikantní modulace svalové aktivity měřených svalů.

Tímto i jinými výzkumy byl doložen vliv představy chůze na svalovou aktivitu, proto by se měly účinky její představy nadále objevovat, a to z toho důvodu, že chůze je pro člověka nejdůležitějším prostředkem přemístování. Sice se v nynější době dostává představa pohybu do popředí zájmu zkoumání, ale představa chůze není stále doposud tolik prozkoumána jako představa konkrétního jednoduchého pohybu. Pokud by představa chůze vykazovala pozitivní efekty u zdravých jedinců, tak by mohla být následně zkoumána i u specifických skupin pacientů (například neurologických), a poté by se mohla aplikovat do rehabilitačních plánů pacientů jako doplňková terapie.

Referenční seznam

AGOSTA F., GATTI R., SARASSO E., VOLONTÉ M.A., CANU E., MEANI A., SARRO L., COPETTI M., CATTRYSSE E., KERCKHOFS E., COMI G., FALINI A., FILIPPI M. 2017. Brain plasticity in Parkinson's disease with freezing of gait induced by action observation training. *Journal of Neurology* [online]. 2017; vol. 264(1), s. 88-101. ISSN 03405354. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi:10.1007/s00415-016-8309-7.

BAKKER M., DE LANGE F. P., STEVENS J. A., TONI I., BLOEM B. R. 2007. Motor Imagery of gait: a quantitative approach. *Experimental Brain Research* [online]. 2007; vol. 179 (3), s. 497-504. ISSN 00144819. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0807-x.

BARTRELS A.L., DE JONG B.M., GILADI N., SCHAAFSMA J.D., MAGUIRE R.P., VEENMA L., PRUIM J., BALASH Y., YODIM M.B.H., LEENDERS K.L. 2006. Striatal dopa and glucose metabolism in PD patients with freezing of gait. *Mov. Disord.* [online]. 2006; vol. 21, s. 1326–1332. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1002/mds.20952.

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 and Related Disorders* [online]. 2019; vol. 61, s. 126-131. ISSN 13538020. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.11.001.

BHARTI K., SUPPA A., TOMMASIN S., ZAMPOGNA A., PIETRACUPA S., BERARDELLI A. a PANTANO P. 2019. Neuroimaging advances in Parkinson's disease with freezing of gait: A systematic review. *NeuroImage: Clinical* [online]. 2019; vol. 24, s. 1-16. ISSN 22131582. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.nicl.2019.102059.

BOLLIET O., COLLET C. a DITTMAR A. 2005. Autonomic nervous system activity during actual and mentally simulated preparation for movement. *Applied psychophysiology and biofeedback* [online]. 2005; vol. 30(1), s. 11-20. ISSN 10900586. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.1007/s10484-005-2170-2.

BOHNEN N.I., FREY K.A., STUDENSKI S., KOTAGAL V., KOEPPE R.A., CONSTANTINE G.M., SCOTT P.J.H., ALBIN R.L., MÜLLER M.L.T.M. 2014. Extra-nigral pathological conditions are common in Parkinson's disease with freezing of gait: An in vivo

positron emission tomography study. *Mov. Disord.* [online]. 2014; vol. 29, s. 1118-1124. ISSN 1531-8257. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1002/mds. 25929.

BRASS M. a HEYES C. 2005. Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem? *Trends in cognitive sciences* [online]. 2005; vol. 9(10), s. 489-495. ISSN 13646613. [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: doi:10.1016/j.tics.2005.08.007.

BRAUN S. M., BEURSKENS A.J., KLEYNEN M., OUDELAAR B, SCHOLS J.M. a WADE D.T. 2012. A Multicenter Randomized Controlled Trial to Compare Subacute ‘Treatment as Usual’ With and Without Mental Practice Among Persons With Stroke in Dutch Nursing Homes. *Journal of the American Medical Directors Association* [online]. 2012; vol. 13(1), s. 85-85. ISSN 15258610. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jamda.2010.07.009.

CALLOW N., WATERS A. 2005. The effect of kinesthetic imagery on the sport confidence of flat-race horse jockeys. *Psychology of Sport and Exercise* [online]. 2005; vol. 6(4), s. 443-444. ISSN 14690292. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.psychsport.2004.08.001.

CALLOW N., JIANG D., ROBERTS R., EDWARDS M.G. a JIANG D. 2017. Kinesthetic imagery provides additive benefits to internal visual imagery on slalom task performance. *Journal of Sport* [online]. 2017; vol. 39(1), s. 81-86. ISSN 08952779. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: doi: 10.1123/jsep.2016-0168.

CASPERS S., ZILLES K., LAIRD A.R. a EICKHOFF S.B. 2010. ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *NeuroImage* [online]. 2010; vol. 50(3), s. 1148-1167. ISSN 10538119. [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.112.

CONSON M., MAZZARELLA E. a TROJANO L. 2011. Self-touch affects motor imagery: a study on posture interference effect. *Experimental brain research* [online]. 2011; vol. 215(2), s. 115-122. ISSN 14321106. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-011-2877-7.

CUPAL D.D. a BREWER B.W. 2001. Effects of relaxation and guided imagery on knee strength, reinjury anxiety, and pain following anterior cruciate ligament reconstruction. *Rehabilitation Psychology* [online]. 2001; vol. 46(1), s. 28-43. ISSN 00905550. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1037/0090-5550.46.1.28.

DE LANGE F.P., HELMICH, R. C. a TONI I. 2006. Posture influences motor imagery: an fMRI study. *NeuroImage* [online]. 2006; vol. 33(2), s. 609-617. ISSN 10538119. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2006.07.017.

- DESCHAUMES-MOLINARO C., DITTMAR A. a VERNET-MAURY E. 1992. Autonomic nervous system response patterns correlate with mental imagery. *Physiology* [online]. 1992; vol. 51(5), s. 1021-1027. ISSN 00319384. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.1016/0031-9384(92)90086-h.
- DICKSTEIN, R., DEUTSCH, J. E. 2007. Motor Imagery in Physical Therapist Practice. *Physical Therapy* [on-line]. 2007; vol. 87(7), s. 942–953, [cit. 2021-03-25]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: doi: 10.2522/ptj.20060331.
- DI RIENZO F., COLLET CH., HOYEK N. a GUILLOT A. 2014. Impact of neurologic deficits on motor imagery: A systematic review of clinical evaluations. *Neuropsychology Review* [online]. 2014; vol. 24(2), s. 116-147. ISSN 10407308. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: doi: 10.1007/s11065-014-9257-6.
- DI RIENZO F., JOASSY P., KANTHACK T., et al. 2019. Effects of Action Observation and Action Observation Combined with Motor Imagery on Maximal Isometric Strength. *Neuroscience* [online]. 2019; vol. 418, s. 82-95. ISSN 03064522. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2019.08.025.
- DJALDETTI R., RIGBI A., GREENBAUM L., REINER J., LORBERBYOM M. 2018. Can early dopamine transporter imaging serve as a predictor of Parkinson's disease progression and late motor complications? *J. Neurol. Sci.* [online]. 2018; vol. 390, s. 255-260. ISSN 0022-510X. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10. 1016/j.jns.2018.05.006.
- DUNSKY A., DICKSTEIN R., ARIAV C., MARCOVITZ E. a DEUTSCH J. 2006. Motor imagery practice in gait rehabilitation of chronic post-stroke hemiparesis: Four case studies. *International Journal of Rehabilitation Research* [online]. 2006; vol. 29(4), s. 351-356. ISSN 03425282. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1097/MRR.0b013e328010f559.
- FLOR H. 2003. Cortical reorganisation and chronic pain: Implications for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2003; vol. 35(SUPPL. 41), s. 66-72. ISSN 16501977. [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: doi:10.1080/16501960310010179.
- FUSCO A., IOSA M, GALLOTTA M.C., PAOLUCCI C., BALDARIC. a GUIDETTIL. 2014. Different performances in static and dynamic imagery and real locomotion. An exploratory trial. *Frontiers in human neuroscience* [online]. 2014; vol. 8, s. 1-6. ISSN 16625161. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2014.00760.

GARCÍA C., ABOITIZ CANTALAPIEDRA D. a J. 2016. Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurología (English Edition)* [online]. 2016; vol. 31(1), s. 43-52. ISSN 21735808. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.nrleng.2013.02.008.

GENTILI R., PAPAXANTHIS C., HAN C.E. a SCHWEIGHOFER N. 2010. Motor learning without doing: Trial-by-trial improvement in motor performance during mental training. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2010; vol. 104(2), s. 774-783. ISSN 15221598. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1152/jn.00257.2010.

GENTILI R., PAPAXANTHIS C., POZZO T. 2006. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*. [online]. 2006; vol. 137(3), s. 761-772. ISSN 0306-4522. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.10.013 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.10.013>.

GREGG M., HALL C., BUTLER A. 2007. The MIQ-RS: A Suitable Option for Examining Movement Imagery Ability. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*. [online]. 2007, vol. 7, s. 249-257. ISSN 1017-1193. [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: doi:10.1093/ecam/nem170.

GRÈZES J. a DECETY J. 2001. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping* [online]. 2001; vol. 12(1), s. 1-19. ISSN 10659471. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: doi: 10.1002/1097-0193(200101)12:11::AID-HBM103.0.CO;2-V.

GUILLOT A. a COLLET C. 2005a. Duration of Mentally Simulated Movement: A Review. *Journal of Motor Behavior* [online]. 2005; vol. 37(1), s. 10-20. ISSN 0022-2895. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: doi:10.3200/JMBR.37.1.10-20.

GUILLOT A. a COLLET C. 2005b. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain research. Brain research reviews*. [online]. 2005; vol. 50(2), s. 387-397. ISSN 0165-0173. [cit. 2020-12-9]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.brainresrev.2005.09.004.

GUILLOT A., COLLET CH., NGUYEN V. A., MALOUIN F., RICHARDS C., DOYON J. 2009. Brain Activity During Visual Versus Kinesthetic Imagery: An FMRI study. *Human Brain Mapping* [online]. 2009; vol. 30(7), s. 2157-2172. ISSN 10659471. [cit. 2021-03-03]. Dostupné

z: doi: 10.1002/hbm.20658. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.20658/pdf>.

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: official journal of the International Organization of Psychophysiology* [online]. 2007; vol. 66(1), s. 18-27. ISSN 01678760. [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpsycho.2007.05.009.

GUILLOT A., MOSCHBERGER K. a COLLET CH. 2013. Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behavioral* [online]. 2013; vol. 9(1), s. 1-8. ISSN 17449081. [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: doi:10.1186/1744-9081-9-8.

HABERMANNOVÁ P. *Observace a představa pohybu v terapii neurologicky nemocných* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/iakw1r/?lang=en>. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

HALL, C.R. a MARTIN K.A. 1997. Measuring movement imagery abilities: a revision of the Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Mental Imagery* [online]. 1997; vol. 21, s. 143-154 [cit. 2020-12-09]. ISSN 03645541.

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 and biobehavioral reviews* [online]. 2018; vol. 94, s. 31-44. ISSN 01497634. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neubiorev.2018.08.003.

HEREMANS E., D'HOOGHE A.M., DE BONDT S., HELSEN W. a FEYS P. 2012. The relation between cognitive and motor dysfunction and motor imagery ability in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal* [online]. 2012; vol. 18(9), s. 1303-1309. ISSN 13524585. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1177/1352458512437812.

HEREMANS E., VERCRUYSSSE S., SPILDOOREN J., FEYS P., HELSEN W.F. a NIEUWBOER A. 2013. Evaluation of motor imagery ability in neurological patients: a review. *Movement* [online]. 2013; vol. 82, s. 31-38. ISSN 21185735. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1051/sm/2013097.

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 and Biobehavioral Reviews* [online]. 2013; vol. 37(5), s. 930-949. ISSN 01497634. [cit. 2020-09-15]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2013.03.017.

HUTTER V., ICKE C., GROEN B., GEMMINK A. a SMILDE H. 2012. The effects of imagery training on fast isometric knee extensor torque development. *Journal of sports sciences* [online]. 2012; vol. 30(2), 166-174. ISSN 1466447X. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2011.627369.

HWANG S., HYE-SEON J., CHUNG-HWI Y., OH-YUN K., SANG-HYUN Ch. a SUNG-HYUN Y. 2010. Locomotor imagery training improves gait performance in people with chronic hemiparetic stroke: a controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2010; vol. 24(6), s. 514-522. ISSN 02692155. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: doi: 10.1177/0269215509360640.

IETSWAART M., JOHNSON M., DIJKERMAN H.CH., JOICE S., SCOTT C., MACWALTER R.S. A HAMILTON S. 2011. Mental practice with motor imagery in stroke recovery: randomized controlled trial of efficacy. *Brain* [online]. 2011; vol. 134(5), s. 1373-1386. ISSN 00068950. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: doi: 10.1093/brain/awr077.

IJSPEERT A. J. 2008. Central pattern generators for locomotion control in animals and robots: A review. *Neural Networks* [online]. 2008, 21(4), s. 642-653. ISSN 08936080. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neunet.2008.03.014.

IONTA S., FOURKAS A.D., FIORIO M. a AGLIOTI S.M. 2007. The influence of hands posture on mental rotation of hands and feet. *Experimental brain research* [online]. 2007; vol. 183(1), 1-7. ISSN 00144819. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-007-1020-2.

JAHN, K., DEUTSCHLÄNDER A., STEPHAN T., STRUPP M., WIESMANN M. a BRANDT T. 2004. Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage* [online]. 2004; vol. 22(4), s. 1722-1731. ISSN 10538119. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.05.017.

JAHN K., DEUTSCHLÄNDER A., STEPHAN T., KALLA R., WIESMANN M., STRUPP M. a BRANDT T. 2008. Imaging human supraspinal locomotor centers in brainstem and cerebellum. *NeuroImage* [online]. 2008; vol. 39(2), s. 786-792. ISSN 10538119. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2007.09.047.

JEANNEROD M. 2001. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* [online]. 2001; vol. 14 (1 Pt 2), s. 103-109. ISSN 10538119. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: doi: 10.1006/nimg.2001.0832.

JIANG C., RANGANATHAN V.K., ZHANG J., SIEMIONOW V. a YUE G.H. 2016. Motor effort training with low exercise intensity improves muscle strength and descending command in aging. *Medicine* [online]. 2016; vol. 95(24), s. 1-7. ISSN 15365964. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi:10.1097/MD.0000000000003291.

JOHNSON S.H. 2000. Imagining the impossible: Intact motor representations in hemiplegics. *NeuroReport* [online]. 2000; vol. 11(4), s. 729-732. ISSN 09594965. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1097/00001756-200003200-00015.

KARAGIANNAKIS D. N., IATRIDOU K. I. a MANDALIDIS D.G. 2020. Ankle muscles activation and postural stability with Star Excursion Balance Test in healthy individuals. *Human movement science* [online]. 2020; vol. 69, s. 1-9. ISSN 18727646. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2019.102563.

KIM R., LEE J., KIM Y., KIM A., JANG M., KIM H.J., JEON B., KANG U.J., FAHN S. 2018. Presynaptic striatal dopaminergic depletion predicts the later development of freezing of gait in de novo Parkinson's disease: An analysis of the PPMI cohort. *Parkinsonism Relat. Disord.* [online]. 2018; vol. 51, s. 49–54. ISSN 1873-5126. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.parkreldis.2018. 02.047.

KOLÁŘ P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. s. 1-713. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLÁŘOVÁ B., STACHO J., JIRÁČKOVÁ M., KONEČNÝ P., NAVRÁTILOVÁ L. 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 2., přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019. s. 1-142. ISBN 978-80-244-5403-0.

KUNZ B. R., CREEM-REGEHR S.H. a THOMPSON W.B. 2009. Evidence for motor simulation in imagined locomotion. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance* [online]. 2009; vol. 35(5), s. 1458-1471. ISSN 19391277. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: doi:10.1037/a0015786.

LA FOUGERE C., ZWERGAL A., ROMINGER A., FÖRSTER S., FESL G., DIETERICH M., BRANDT T., STRUPP M., BARTENSTEIN P., JAHN K. 2010. *Real versus imagined locomotion: A [18F]-FDG PET-fMRI comparison*. *NeuroImage*. [online]. 2010; vol. 50(4), s. 1589-1598. ISSN: 1095-9572. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.060.

LEBON F., COLLET CH. a GUILLOT A. 2010. Benefits of motor imagery training on muscle strength. *Journal of Strength* [online]. 2010; vol. 24(6), s. 1680-1687. ISSN 10648011. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181d8e936.

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]. 2012; vol. 37(1), s. 45-51. ISSN 15733270. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-011-9175-9.

LEMOS T., RODRIGUES E.C. a VARGAS C.D. 2014. Motor imagery modulation of postural sway is accompanied by changes in the EMG-COP association. *Neuroscience letters* [online]. 2014; vol. 577, s. 101-105. ISSN 18727972. [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neulet.2014.06.019.

LEMOS T., SOUZA N. S., HORSCZARUK C.H.R., NOGUEIRA-CAMPOS A.A., DE OLIVEIRA L.A.S., VARGAS C.D. a RODRIGUES E.C. 2014. Motor imagery modulation of body sway is task-dependent and relies on imagery ability. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 2014; vol. 8, s. 1-9. ISSN 16625161. [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2014.00290.

LOISON B., MOUSSADDAG A. S., CORMIER J. et al., 2013. Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire - Revised Second Version (MIQ-RS). *Annals of physical and rehabilitation medicine*. [online]. 2013; vol. 56(3), s. 157-173. ISSN 1877-0665. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.rehab.2013.01.001.

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]. 2009; vol, 194(2), s. 233-243. ISSN 14321106. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-008-1693-1.

MADĚROVÁ K. *Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z : <https://theses.cz/id/s5c1sk/?issnlret=P%C5%99edstava%3Bch%C5%AFze%3Bv%3Bobraze%3B;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DP%C5%99edstava%20ch%C5%AFze%20v%20obraze%20povrchov%C3%A9%20elektromyografie%26start%3D1>. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Marek Tomsa.

- MAHMOUD N. 2016. The Efficacy of Motor Imagery Training on Range of Motion, Pain and Function of Patients After Total Knee Replacement. *CUNY Academic Works*. [online]. 2016; s. 1-22. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: https://academicworks.cuny.edu/gc_etds/1235/.
- MARAVITA A., SPENCE C. a DRIVER J. 2003. Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Current biology: CB* [online]. 2003; vol. 13(13), s. 531-539. ISSN 09609822. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1016/s0960-9822(03)00449-4.
- MARCONI B., PECCHIOLI C., KOCH G. A CALTAGIRONE C. 2007. Functional overlap between hand and forearm motor cortical representations during motor cognitive tasks. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2007; vol. 118(8), s. 1767-1775. ISSN 13882457. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.clinph.2007.04.028.
- MARDER E. a BUCHER D. 2001. Central pattern generators and the control of rhythmic movements. *Current Biology* [online]. 2001; vol. 11(23), s. 986-996. ISSN 09609822. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: doi:10.1016/S0960-9822(01)00581-4.
- MARDER E., BUCHER D., SCHULZ D.J. a TAYLOR A.L. 2005. Invertebrate Central Pattern Generation Moves along. *Current Biology* [online]. 2005; vol. 15(17), s. 685-699. ISSN 09609822. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2005.08.022.
- MELOUIN, F., C. L. RICHARDS, P. L. JACKSON, M. F. LAFLEUR, A. DURAND a J. DOYON. 2007. The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT* [online]. 2007; vol. 31(1), s. 20-29. ISSN 15570576. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.1097/01.npt.0000260567.24122.64.
- MIRELMAN A., SHEMA A., MAIDAN S. I., HAUSDORFF J.M. 2018. *Chapter 7 - Gait*. Handbook of Clinical Neurology. [online]. 2018. s. 119–134. ISBN 9780444639165. ISSN 0072-9752. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00007-0.
- MIYAI I., TANABE H. C., SASE I., EDA H., ODA I., KONISHI I., TSUNAZAWA Y., SUZUKI T., YANAGIDA T., KUBOTA K. 2001. Cortical Mapping of Gait in Humans. *NeuroImage* [online]. 2001; vol. 14(5), s. 1186-1192. ISSN 10538119. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi: 10.1006/nimg.2001.0905. Dostupné z: <http://moodle.ncku.edu.tw/mod/resource/view.php?id=57662>.

- MONSMA E. V., SHORT S. E., HALL C. R., et al. 2009. Psychometric Properties of the Revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R). *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*. [online]. 2009; vol. 4(1), s. 1-15. ISSN 1932-0191. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.2202/1932-0191.1027.
- MULDER T., ZIJLSTRA S., ZIJLSTRA W. a HOCHSTENBACH J. 2004. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Experimental Brain Research* [online]. 2004; vol. 154(2), s. 211-217. ISSN 00144819. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: doi: 10.1007/s00221-003-1647-6.
- MULDER T. 2007. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria: 1996)* [online]. 2007; vol. 114(10), s. 1265-1278. ISSN 03009564. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: doi: 10.1007/s00702-007-0763-z.
- MUNZERT J., BLISCHKE K., KRÜGER B. 2015. Motor imagery of locomotion with and additional load: actual load experience does not affect differences between physical and mental durations. *Experimental Brain research* [online]. 2015; vol. 233 (3), s. 809-816. ISSN 1432-1106. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi: 10.1007/s00221-014-4156-x.
- MYERS P. S., MC NEELY M. E., PICKETT K. A., DUNCAN R. P., EARHART G. M. 2018. *Effects of exercise on gait and motor imagery in people with Parkinson disease and freezing of gait. Parkinsonism & Related Disorders*. [online]. 2018; vol.53, s. 89-95. ISSN 18735126. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi:10.1016/j.parkreldis.2018.05.006.
- NEWSOM J., KNIGHT P. a BALNAVE R. 2003. Use of Mental Imagery to Limit Strength Loss After Immobilization. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 2003; vol, 12(3), s, 249-258. ISSN 10566716. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.12.3.249.
- NICHOLSON V., WATTS N., CHANI Y. a WL KEOGH J. 2019. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *Journal of Physiotherapy (Elsevier)* [online]. 2019; vol. 65(4), s. 200-207. ISSN 18369553. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jphys.2019.08.007.
- NICHOLSON V. P. a KEOGH J.W. 2018. Can a single session of motor imagery promote motor learning of locomotion in older adults? A randomized controlled trial. *Clinical interventions in aging* [online]. 2018; vol. 13, s. 713-722. ISSN 11781998. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: doi:10.2147/CIA.S164401.

OLSSON C.J., JONSSON B. a NYBERG L. 2008. Internal imagery training in active high jumpers. *Scandinavian Journal of Psychology* [online]. 2008; vol. 49(2), s. 133-140. ISSN 00365564. [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-9450.2008.00625.x.

ONDRÁČKOVÁ H. *Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: https://theses.cz/id/kse65r/Ondrackova_Hana_Predstava_chuze_v_obraze_povrchove_elektr.pdf. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

ÖZCAN Ö., KUL KARAALI H., ILGIN D., GÜNDÜZ Ö.S. a KARA B. 2019. Effectiveness of motor imagery training on functionality and quality of life in chronic neck pain: a randomized controlled trial. *Journal of Exercise Therapy* [online]. 2019; vol, 6(1), s. 1-9. ISSN 21488819. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=dd866f80-7b00-4ae0-8530-a328f7bb4178%40sessionmgr102>.

PACCALIN C. a JEANNEROD M. 2000. Changes in breathing during observation of effortful actions. *Brain research* [online]. 2000; vol. 862(1-2), s. 194-200. ISSN 00068993. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi: 10.1016/s0006-8993(00)02145-4.

PAOLUCCI T., ZANGR F., ALLEMANINI V., VULPIANI M. CH., SARACENI V. M. 2013. Low Back Pain Rehabilitation Using Motor Imagery. *General Medicine*. [online]. 2013; vol. 1, s. 1-4. ISSN: 2327-5146. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi: 10.4172/2327- 5146.1000119.

PARAVLIC A.H., SLIMANI M, TOD D., MARUSIC U., MILANOVIC Z. a PISOT R. 2018. Effects and Dose -Response Relationships of Motor Imagery Practice on Strength Development in Healthy Adult Populations: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. 2018; vol. 48(5), s. 1165-1187. ISSN 01121642. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: doi: 10.1007/s40279-018-0874-8.

PETERSON D. S., PICKETT K. A., DUNCAN R., PERLMUTTER J., EARTHART, G. M. 2014. *Gait-Related Brain Activity in People with Parkinson Disease with Freezing of Gait*. *PLoS ONE*. [online]. 2014; vol. 9(3), s. 1-9. ISSN 19326203. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0090634.

POLEHLOVÁ K. *Představa pohybu a její vliv na svalovou aktivitu* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/7x457r/?lang=en>. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

RANGANATHAN V.K., SIEMIONOW V., LIU J.Z., SAHGAL V., YUE G.H. 2004. From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia* [online]. 2004; vol. 42(7), s. 944-956. ISSN 00283932. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018.

RODRIGUES E. C., IMBIRIBA L.A., LEITE G.R., MAGALHÃES J., VOLCHAN E. a VARGAS C.D. 2003. Mental stimulation strategy affects postural control. *Revista brasileira de psiquiatria (Sao Paulo, Brazil: 1999)* [online]. 2003; vol. 25(2), s. 33-35. ISSN 1809452X. [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: doi:10.1590/s1516-44462003000600008.

RODRIGUES E.C., LEMOS T., GOUVEA B., VOLCHAN E., IMBIRIBA L.A. a VARGAS C.D. 2010. Kinesthetic motor imagery modulates body sway. *Neuroscience* [online]. 2010; vol. 169(2), s. 743-750. ISSN 03064522. [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2010.04.081.

RUFFINO C., PAPAXANTHIS C., LEBON F. 2017. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives. *Neuroscience*. [online]. 2017; vol. 341, s. 61-78. ISSN 1873-7544. [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2016.11.023.

SACHELI L.M., ZAPPAROLI L., PRETI M., PELOSI C., URSINO N., ZERBI A., BANFI G. a PAULESU E. 2017. Mental steps: Differential activation of internal pacemakers in motor imagery and in mental imitation of gait. *Human brain mapping* [online]. 2017; vol. 38(10), s. 5195-5216. ISSN 10970193. [cit. 2020-12-09]. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.23725.

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]. 2012; vol. 222, s. 49-57. ISSN 03064522. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroscience.2012.06.066.

SAVAKI H. a RAOS V. 2019. Action perception and motor imagery: Mental practice of action. *Progress in Neurobiology* [online]. 2019; vol. 175, s. 107-125. ISSN 03010082. [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pneurobio.2019.01.007.

SCIUTTI A., DEMOUGEOT L., BERRET B., TOMA S., SANDINI G., PAPAXANTHIS CH. a POZZO T. 2012. Visual gravity influences arm movement planning. *JOURNAL*

OF NEUROPHYSIOLOGY [online]. 2012; vol. 107(12), s. 3433-3445. ISSN 00223077. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: doi: 10.1152/jn.00420.2011.

SHACKELL E.M., STANDING L.G. 2007. Mind over matter: Mental training increases physical strength. *North American Journal of Psychology* [online]. 2007; vol. 9(1), s. 189-200. ISSN 15277143. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/mind-over-matter-mental-training-increases/docview/197978352/se-2?accountid=16730>.

SHENTON J. T., SCHWOEBEL J., COSLETT. H.B. 2004. Mental motor imagery and the body schema: evidence for proprioceptive dominance. *Neuroscience letters* [online]. 2004; vol. 370(1), s. 19-24, ISSN 03043940. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neulet.2004.07.053.

SCHNITTEROVÁ K. *Představa chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě aspektem povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2020 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: https://theses.cz/id/8xrokq/?zoomy_is=1. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

SIDAWAY B., TRZASKA A. 2005. Can Mental Practice Increase Ankle Dorsiflexor Torque? *Physical Therapy* [online]. 2005; vol. 85(10), s. 1053-1060. ISSN 00319023. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=81484b06-b739-42c8-93c0-bd45fccdea5d%40sessionmgr10328>.

SIMMONS L., SHARMA N., BARON J.C. a POMEROY V.M. 2008. Motor imagery to enhance recovery after subcortical stroke: Who might benefit, daily dose, and potential effects. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2008; vol. 22(5), s. 458-467. ISSN 15459683. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1177/1545968308315597.

SLIMANI, M., TOD, D., CHAABENE, H., MIARKA, B., CHAMARI, K. 2016. Effects of Mental Imagery on Muscular Strength in Healthy and Patient Participants: A Systematic Review. *Journal of sports science and medicine* [online]. 2016; vol. 15(3), s. 434–450, [cit. 2021-03-25]. ISSN 1303-2968. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974856/>.

SMITH D., COLLINS D., HOLMES P. 2003. Impact and Mechanism of Mental Practice Effects on Strength. *International Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 2003;

vol. 1(3), s. 293-306. ISSN 1612197X. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1080/1612197X.2003.9671720.

SNIJDERS A.H., LEUNISSEN I., BAKKER M., OVERSEEM S., HELMICH R.C., BLOEM B.R., TONI I. 2011. Gait-related cerebral alterations in patients with Parkinson's disease with freezing of gait, *Brain*. [online]. 2011; vol. 134 (1), s. 59–72. ISSN 14602156. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: doi: 10.1093/brain/awq324.

SOUZA N. S., MARTIN A. C. G., CANUTO K. S., MACHADO D., TEIXEIRA S., ORSINI M., MENENDEZ-GONZALEZ M., VELASQUES B., RIBEIRO P., VALE BASTOS V. H., ARIAS-CARRIÓN O. 2015. Postural Control Modulation During Motor Imagery Tasks: A Systematic Review. *International Archives of Medicine* [online]. 2015; vol. 8(43), s. 1-12. ISSN 1755-7682. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi: <http://dx.doi.org/10.3823/1642>. Dostupné z: <http://imed.pub/ojs/index.php/iam/article/view/1076>.

STEFANI A., LOZANO A.M., PEPPE A., et al. 2007. Bilateral deep brain stimulation of the pedunculopontine and subthalamic nuclei in severe Parkinson's disease. *Brain: A Journal of Neurology* [online]. 2007; vol. 130(6), s. 1596-1607. ISSN 00068950. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awl346.

STINEAR C. M., BYBLOW W. D., STEYVERS M., et al. 2006. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *The European journal of neuroscience*. [online]. 2006; vo1. 168, s. 157–164. ISSN 1432-1106. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: doi: 10.1007/s00221-005-0078-y.

SUCHÁNKOVÁ T. *Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: https://theses.cz/id/0r2te4/Suchankova_Tereza_Predstava_chuze_v_obraze_povrchove_elek.txt. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

SUSO-MARTI L., LA TOUCHE R., ANGULO-DIAZ-PARRENO S. a CUENCA-MARTINEZ F. 2020. Effectiveness of motor imagery and action observation training on musculoskeletal pain intensity: A systematic review and meta-analysis. *EUROPEAN JOURNAL OF PAIN* [online]. 2020; vol. 24(5), s. 886-901. ISSN 10903801. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: doi: 10.1002/ejp.1540.

TAKAKUSAKI K. 2013. Neurophysiology of gait: from the spinal cord to the frontal lobe. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* [online]. 2013; vol. 28(11), s. 1483-1491. ISSN 15318257. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: doi: 10.1002/mds.25669.

TAKAKUSAKI K. 2008. Forebrain control of locomotor behaviors. *Brain Research Reviews* [online]. 2008; vol. 57(1), s. 192-198. ISSN 01650173. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.brainresrev.2007.06.024.

TAMIR R., HUBERMAN M. a DICKSTEIN R. 2007. Integration of motor imagery and physical practice in group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2007; vol. 21(1), s. 68-75. ISSN 15459683. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1177/1545968306292608.

TOMSA M. *Představa lokomoce v obraze povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/4u61yy/18293002>. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

TRLIDOVÁ E. *Představa rytmické chůze v obraze povrchové elektromyografie* [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/uigxe7/?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DP%C5%99edstava%20ch%C5%AFze%20v%20obraze%20povrchov%C3%A9%20elektromyografie%26start%3D1;isshlret=ch%C5%AFze%3Bv%3Bobraze%3B>. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc. Vedoucí práce Barbora Kolářová.

VARGAS C. D., OLIVIER E., CRAIGHERO L., FADIGA L., DUHAMEL J.R., SIRIGU A. 2004. The Influence of Hand Posture on Corticospinal Excitability during Motor Imagery: A Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Cerebral Cortex* [online]. 2004; vol. 14(11), s. 1200-1206. ISSN 10473211. [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: doi:10.1093/cercor/bhh080.

VRANA A., HOTZ-BOENDERMAKER S., STÄMPFLI P., HÄNGGI J., SEIFRITZ E., HUMPHREYS B.K., MEIER M.L., SCHALK G. 2015. Differential Neural Processing during Motor Imagery of Daily Activities in Chronic Low Back Pain Patients. *Plos one* [online]. 2015; vol. 10(11), s. 1-18. ISSN 1932-6203. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0142391. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142391>.

WILSON CH., SMITH D., BURDEN A. a HOLMES P. 2010. Participant-generated imagery scripts produce greater EMG activity and imagery ability. *European Journal of Sport*

Science [online]. 2010; vol. 10(6), s. 417-425. ISSN 17461391. [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: doi:10.1080/17461391003770491. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17461391003770491>.

WOLPAW J., TENNISSEN R. 2001. Activity-depent spinal cord plasticity in health and disease. *Annual Review of Neuroscience* [online]. 2001; vol. 24(1), s. 807-843. ISSN 0147006X. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.807.

WRIGHT C.J., SMITH D. 2009. The effect of PETTLEP imagery on strength performance. *International Journal of Sport* [online]. 2009; vol. 7(1), s. 18-31. ISSN 1612197X. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: doi: 10.1080/1612197X.2009.9671890.

ZIJDEWIND I., TOERING S.T., BESSEM B., a DIERCKS R.L. 1003. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle* [online]. 2003; vol. 28(2), s. 168-173. ISSN 0148639X. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1002/mus.10406.

ZIMMERMANN-SCHLATTER A., SCHUSTER C., PUHAN M.A., SIEKIERKA E. a STEURER J. 2008. Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering* [online]. 2008; vol. 5, s. 1-10. ISSN 17430003. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-5-8.

Seznam zkratek

| | |
|---------|---|
| al. | kolektiv |
| ADL | aktivity denního života |
| ANS | autonomní nervový systém |
| BOLD | blood-oxygen-level-dependent |
| CLR | mozečková lokomoční oblast |
| CMP | cévní mozková příhoda |
| CNS | centrální nervový systém |
| COG | center of gravity |
| COP | center of pressure |
| CPG | centrální generátory chůze |
| Č | chůze po čáře |
| DBS | hluboká mozková stimulace |
| dMI | dynamická motorická představa |
| dx. | dexter |
| EMG | povrchová elektromyografie |
| FN | Fakultní nemocnice |
| fMRI | funkční magnetická rezonance |
| GM | musculus gastrocnemius medialis |
| CH | chůze |
| KVIQ-20 | The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire-20 |
| KVIQ-10 | The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire-10 |
| m. | musculus |
| MIQ | The Movement Imagery Questionnaire |
| MIQ-R | The Movement Imagery Questionnaire – Revised |
| MIQ-RS | The Movement Imagery Questionnaire – Revised Second Version |
| mm. | musculi |
| MLR | mezencefalická lokomoční oblast |
| n | počet hodnot |
| PET | pozitronová emisní tomografie |

| | |
|---------|---------------------------------|
| polyEMG | povrchová eletromyografie |
| RP | reálné provedení |
| sin. | sinister |
| SD | směrodatná odchylka |
| SLR | subthalamická lokomoční oblast |
| sMI | statická motorická představa |
| SPECT | jednofotonová emisní tomografie |
| TA | musculus tibialis anterior |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Porovnání řízení reálné a představované chůze..... | 27 |
| Obrázek 2 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů v jednotlivých situacích při představě chůze..... | 45 |
| Obrázek 3 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů v jednotlivých situacích při představě chůze po čáře | 46 |
| Obrázek 4 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů při porovnání představy chůze před a po realizaci chůze..... | 47 |
| Obrázek 5 Grafické znázornění průměrné svalové aktivity vybraných svalů při porovnání představy chůze po čáře před a po realizaci chůze po čáře | 47 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Charakteristika výzkumné skupiny | 37 |
| Tabulka 2 Popisná statistika pro představu chůze..... | 42 |
| Tabulka 3 Popisná statistika pro představu chůze po čáře | 42 |
| Tabulka 4 p-hodnoty při porovnání klidného stoje s představami chůze před a po získání reálné zkušenosti | 43 |
| Tabulka 5 p-hodnoty po Bonferroniho korekci při porovnání mezi klidným stojem a představami chůze po čáře před a po získání reálné zkušenosti..... | 44 |
| Tabulka 6 p-hodnoty po Bonferroniho korekci při porovnání mezi představami chůze před a po získání reálných zkušeností | 44 |

Seznam příloh

| | |
|--|----|
| Příloha 1 Vyjádření Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci | 87 |
| Příloha 2 Informovaný souhlas..... | 88 |
| Příloha 3 Výsledky dotazníků MIQ-R a MIQ-RS..... | 90 |
| Příloha 4 Výsledky subjektivního hodnocení obtížnosti představy chůze a chůze po čáře | 91 |
| Příloha 5 Umístění elektrod..... | 92 |
| Příloha 6 Experimentální situace..... | 93 |
| Příloha 7 Dotazník představy pohybu: MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED (MIQ-R)..... | 94 |
| Příloha 8 Dotazník představy pohybu: MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED SECOND VERSION (MIQ-RS) | 97 |

Příloha 1 Vyjádření Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-125875/1030S-2020

Vážená paní
Bc. Barbora Müllerová

2020-04-08

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslanych dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Efekt představy chůze aspektem povrchové elektromyografie**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,



Mgr. Lenka Mazalová, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta zdravotnických věd
Etická komise
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc

Genius

Příloha 2 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Pro výzkumnou část diplomové práce: Efekt představy chůze aspektem povrchové elektromyografie

Období realizace: červenec 2020 – únor 2021

Řešitelé diplomové práce: Bc. Barbora Müllerová, Bc. Aneta Burešová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás s žádostí o spolupráci na výzkumném šetření k diplomové práci, jejíž cílem je zjištění efektu představy chůze na pohybový aparát. Ke zhodnocení akcelerace a svalové aktivity Vám budou na kožní povrch nalepeny elektrody pomocí hypoalergenního lepicího štítku. Samotné měření bude zahrnovat realizaci chůze, její představu, dále realizaci náročnější variace chůze (chůze po čáře) a opět její představu. Testování bude trvat kolem 50 minut. Z účasti na výzkumu pro Vás vyplývají žádná zdravotní ani jiná rizika. V průběhu měření můžete kdykoliv vyslovit nesouhlas s jeho průběhem a měření bude ukončeno. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, prosíme, 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 a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu:

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: _____

Příloha 3 Výsledky dotazníků MIQ-R a MIQ-RS

Tabulka popisuje vyhodnocení dotazníků MIQ-R a MIQ-RS, jejichž splnění bylo přijímacím kritériem probanda do výzkumu (viz 7.1 Charakteristika výzkumné skupiny, s. 37).

Výsledky dotazníků MIQ-R a MIQ-RS

| Výsledky dotazníků MIQ-R a MIQ-RS | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|-----------------|------------|
| | průměr | nejnižší průměr | nejvyšší průměr | SD průměrů |
| MIQ-R | 6,313 | 4,75 | 7 | 0,601 |
| MIQ-RS | 6,057 | 3,643 | 7 | 0,823 |

Legenda: SD – směrodatná odchylka, MIQ-R – The Movement Imagery Questionnaire Revised, MIQ-RS – The Movement Imagery Questionnaire Revised Second Version

Příloha 4 Výsledky subjektivního hodnocení obtížnosti představy chůze a chůze po čáře

V následující tabulce jsou vyhodnoceny výsledky subjektivního hodnocení obtížnosti představy chůze a chůze po čáře.

Výsledky subjektivního hodnocení obtížnosti představy chůze a představy chůze po čáře

| Subjektivní hodnocení obtížnosti představy chůze a chůze po čáře | | | | | |
|--|--------|--------|---------|---------|-------|
| | průměr | medián | minimum | maximum | SD |
| Představa CH před | 4 | 4 | 2 | 5 | 0,894 |
| Představa CH po | 4,3 | 4,5 | 3 | 5 | 0,781 |
| Představa Č před | 3,75 | 4 | 2 | 5 | 0,942 |
| Představa Č po | 4,25 | 4,5 | 2 | 5 | 0,887 |

Legenda: SD – směrodatná odchylka, představa CH před – představa chůze před realizací chůze, představa CH po – představa chůze po realizaci chůze, představa Č před – představa chůze po čáře před realizací chůze po čáře, představa Č po – představa chůze po čáře po realizaci chůze po čáře

Příloha 5 Umístění elektrod



A – pozice elektrod zepředu (žlutá kolečka)



B – pozice elektrod zezadu (žlutá kolečka)

Příloha 6 Experimentální situace



A – klid, představa chůze/chůze po čáře



B – realizace chůze po místnosti



C – realizace chůze po čáře

Příloha 7 Dotazník představy pohybu: MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED (MIQ-R)

Hodnotící škály

| 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 spatný s horními končetinami podél těla.

POHYB: Ohněte pravé koleno tak vysoko, je to možné. A následně vraťte dolní končetinu do výchozí pozice, abyste opět stál na obou dolních končetinách. Provádějte tento pohyb pomalu.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí polohu. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

2. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a s horními končetinami podél těla.

POHYB: Ohněte se do podřepu, pak vyskočte se vzpaženými horními končetinami nad hlavou. Zkuste vyskočit tak vysoko, jak je to možné. Dopadněte s mírně rozkročenými dolními končetinami a s horními končetinami podél těla.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

3. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný, upažená nedominantní horní končetina (dlaní směrem k zemi a vodorovně se zemí).

POHYB: Pomalu vodorovně předpažujte horní končetinu, dokud nebude přímo před vaším tělem. Během celého pohybu udržujte napnutou horní končetinu. Poté se vraťte do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

4. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a se vzpaženými horními končetinami. Horní končetiny jsou napnuté.

POHYB: Pomalu se předklánějte a snažte se prsty ruky dotknout palců u nohou (pokud je to možné, tak i země). Vraťte se do výchozí pozice (stoj se vzpaženými horními končetinami).

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

5. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a s horními končetinami podél těla.

POHYB: Ohněte se do podřepu, pak vyskočte se vzpaženými horními končetinami nad hlavou. Zkuste vyskočit tak vysoko, jak je to možné. Dopadněte s mírně rozkročenými dolními končetinami a s horními končetinami podél těla.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

6. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný s horními končetinami podél těla.

POHYB: Ohněte pravé koleno tak vysoko, je to možné. A následně vraťte dolní končetinu do výchozí pozice, abyste opět stál na obou dolních končetinách. Provádějte tento pohyb pomalu.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

7. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a se vzpaženými horními končetinami. Horní končetiny jsou napnuté.

POHYB: Pomalu se předklánějte a snažte se prsty ruky dotknout palců u nohou (pokud je to možné, tak i země). Vraťte se do výchozí pozice (stoj se vzpaženými horními končetinami).

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

8. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný, upažená nedominantní horní končetina (dlaní směrem k zemi a vodorovně se zemí).

POHYB: Pomalu vodorovně předpažujte horní končetinu, dokud nebude přímo před vaším tělem. Během celého pohybu udržujte napnutou horní končetinu. Poté se vraťte do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

Příloha 8 Dotazník představy pohybu: MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED SECOND VERSION (MIQ-RS)

Hodnoticí škály

| 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 těžce vnímaná | Těžce vnímaná | Velmi těžce vnímaná |

| 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 těžce viděná | Těžce viděná | Velmi těžce viděná |

1. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný s horními končetinami podél těla.

POHYB: Ohněte pravé koleno tak vysoko, je to možné. A následně vraťte dolní končetinu do výchozí pozice, abyste opět stál na obou dolních končetinách. Provádějte tento pohyb pomalu.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí polohu. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

2. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený sed, položte jednu ruku do klína a udělejte na ní pěst.

POHYB: Zvedněte horní končetinu nad hlavu do jejího úplného natažení. Během tohoto pohybu držte ruku stále v pěst. Poté se do výchozí pozice a stále udržujte pěst ruky.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

3. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný, upažená jedna horní končetina (dlaní směrem k zemi a vodorovně se zemí).

POHYB: Pomalu vodorovně předpažujte horní končetinu, dokud nebude přímo před vaším tělem. Během celého pohybu udržujte napnutou horní končetinu. Poté se vraťte do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

4. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a se vzpaženými horními končetinami. Horní končetiny jsou napnuté.

POHYB: Pomalu se předklánějte a snažte se prsty ruky dotknout palců u nohou (pokud je to možné, tak i země). Vraťte se do výchozí pozice (stoj se vzpaženými horními končetinami).

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

5. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený stoj, předpažte jednu horní končetinu do výšky ramene. Prsty míří ke stropu.

POHYB: Udržte plně nataženou horní končetinu v přepažení (prsty míří ke stropu) a následně nechte spadnout pouze prsty směrem k zemi. Horní končetina je stále v předpažení v úrovni ramen. Poté vraťte ruku no výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat

HODNOCENÍ:

6. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený sed, jedna ruka položená v klíně. Představte si, že před Vámi stojí na stole sklenice s vodou.

POHYB: Sáhněte dopředu směrem ke sklenici, uchopte ji a mírně ji nadzvedněte nad stůl. Poté ji pomalu položte zpět na stůl a vraťte se do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

7. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený stoj s horními končetinami podél těla. Představte si, že jsou před Vámi zavřené dveře s klikou.

POHYB: Sáhněte rukou směrem ke klice, uchopte kliku dveří a otevřete dveře. Poté je pomalu zavřete, pusťte kliku dveří a vraťte se do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

8. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný s horními končetinami podél těla

POHYB: Zvedněte jedno koleno tak vysoko, jak je to možné (koleno stojné dolní končetiny je mírně pokrčené), poté vraťte nohu zpět na zem do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

9. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený sed, položte jednu ruku do klína a udělejte na ní pěst.

POHYB: Zvedněte horní končetinu nad hlavu do jejího úplného natažení. Během tohoto pohybu držte ruku stále v pěst. Poté se do výchozí pozice a stále udržujte pěst ruky.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

10. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj spatný, upažená jedna horní končetina (dlaní směrem k zemi a vodorovně se zemí).

POHYB: Pomalu vodorovně předpažujte horní končetinu, dokud nebude přímo před vaším tělem. Během celého pohybu udržujte napnutou horní končetinu. Poté se vraťte do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

11. VÝCHOZÍ POZICE: Stoj s mírně rozkročenými dolními končetinami a se vzpaženými horními končetinami. Horní končetiny jsou napnuté.

POHYB: Pomalu se předklánějte a snažte se prsty ruky dotknout palců u nohou (pokud je to možné, tak i země). Vraťte se do výchozí pozice (stoj se vzpaženými horními končetinami).

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

12. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený stoj, předpažte jednu horní končetinu do výšky ramene. Prsty míří ke stropu.

POHYB: Udržte plně nataženou horní končetinu v přepažení (prsty míří ke stropu) a následně nechte spadnout pouze prsty směrem k zemi. Horní končetina je stále v předpažení v úrovni ramen. Poté vraťte ruku no výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Snažte si představit a vnímat sám sebe, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

13. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený sed, jedna ruka položená v klíně. Představte si, že před Vámi stojí na stole sklenice s vodou.

POHYB: Sáhnete dopředu směrem ke sklenici, uchopíte ji a mírně ji nadzvednete nad stůl. Poté ji pomalu položte zpět na stůl a vraťte se do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ:

14. VÝCHOZÍ POZICE: Zaujměte vzpřímený stoj s horními končetinami podél těla. Představte si, že jsou před Vámi zavřené dveře s klikou.

POHYB: Sáhnete rukou směrem ke klice, uchopíte kliku dveří a otevřete dveře. Poté je pomalu zavřete, pusťte kliku dveří a vraťte se do výchozí pozice.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Zkuste si představit a vidět sám sebe v zrcadle, jak výše zmíněný pohyb vykonáváte, aniž byste ho reálně provedli. Nyní ohodnoťte úroveň obtížnosti, se kterou jste byli schopni tento mentální úkol vykonat.

HODNOCENÍ: