UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav klinické rehabilitace

Bc. Anežka Novotná

IMAGINACE NÁROČNĚJŠÍCH VARIACÍ CHŮZE U ZDRAVÝCH JEDINCŮ

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Hana Haltmar

Olomouc 2022

Anotace

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Imaginace náročnějších variací chůze u zdravých jedinců

Název práce v AJ: Motor imagery of more demanding gait variations in healthy individuals

Datum zadání: 2021-01-30

Datum odevzdání: 2022-07-29

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Bc. Anežka Novotná

Vedoucí práce: Mgr. Hana Haltmar

Oponent práce: Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Úvod: Trénink imaginace pohybu má pozitivní vliv na motoriku člověka a lze využít v mnoha oborech.

Cíl: Cílem diplomové práce bylo zhodnotit změny elektromyografické (EMG) aktivity distálních svalů obou dolních končetin (m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis) při představě chůze na čáře a představě chůze na slackline.

Metodika: Do studie bylo zahrnuto 20 zdravých účastníků s průměrným věkem 24 ± 1,35 let, průměrnou výškou 164,5 ± 11,15 cm a průměrnou váhou 62 ± 14,22 kg. Schopnost dobré pohybové představivosti byla otestována dle dotazníku Movement Imagery Questionnaire-Revised. V rámci experimentu byla měřena EMG aktivita m. gastrocnemius medialis a m. tibialis anterior při představě chůze na čáře a při představě chůze na slackline. Svalová aktivita byla snímána pomocí povrchové elektromyografie. Porovnávány byly průměrné hodnoty EMG aktivity ve fázi klidu a ve fázi představy pohybu. Subjekty byly náhodně rozděleny do dvou skupin: experimentální skupina, která absolvovala trénink imaginace pohybu a kontrolní skupina netrénujících.

Výsledky: V rámci experimentální skupiny byla po kontrolním měření chůze na čáře zaznamenána signifikantní změna EMG aktivitiy v případě m. gastrocnemius medialis dx. a m. tibialis s anterior sin. V kontrolní skupině nebyly zjištěny po druhém měření chůze na čáře signifikantní změny EMG aktivity. Efekt tréninku imaginace chůze na čáře byl v meziskupinovém porovnání statisticky potvrzen u svalu m. tibialis anterior dx.

Pro imaginaci chůze na slackline nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly EMG aktivity.

Závěr: Trénink imaginace pohybu ovlivnil EMG aktivitu některých svalů. Bylo pozorováno snížení i zvýšení EMG aktivity.

Abstrakt v AJ:

Introduction: Motor imagery training has a positive effect on the humans motor skills and can be used in many fields.

Aim: The aim of the thesis was to evaluate the changes in the EMG activity of the distal muscles of both lower limbs (m. tibialis anterior and m. gastrocnemius medialis) during motor imagery of gait on a line and gait on a slackline.

Methods: 20 healthy participants with an average age of 24 ± 1,35 years, an average height of 164.5 ± 11,15 cm and an average weight of 62 ± 14,22 kg were included in the study. The ability of good motor imagery was tested according to the Movement Imagery Questionnaire-Revised. As part of the experiment, the EMG activity of the gastrocnemius medialis muscle and tibialis anterior muscle was measured while imagining walking on a line and while imagining walking on a slackline. Muscle activity was measured using surface electromyography. The average values of EMG activity in the phase of rest and in the phase of motor imagery were compared. Subjects were randomly divided into two groups: an experimental group that received motor imagery training and a non-training control group.

Results: Within the experimental group, a significant change in EMG activity was recorded in the case of the right gastrocnemius medialis muscle and the left tibialis anterior muscle after the control measurement of gait on the line. In the control group, no significant changes in EMG activity were detected after the second measurement of gait on the line. The effect of motor imagery training of gait on a line was statistically confirmed in the intergroup comparison for the right tibialis anterior muscle. No statistically significant differences in EMG activity were recorded for motor imagery of gait on the slackline.

Conclusion: Motor imagery training affected the EMG activity of some muscles. Both decreases and increases in EMG activity were observed.

Klíčová slova v ČJ: imaginace pohybu, elektromyografie, povrchová elektromyografie, chůze, chůze na čáře, chůze na slackline

Klíčová slova v AJ: motor imagery, electromyography, surface electromyography, gait, gait on the line, gait on the slackline

Rozsah: počet stran 85/počet příloh 4

Prohlášení

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

Olomouc 29. července 2022 ..…….

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své diplomové práce paní Mgr. Haně Haltmar za odborné vedení, trpělivost, přínosné rady a konzultace. Děkuji také rodině za podporu během studia.

Obsah

ÚVOD 9
1 IMAGINACE POHYBU 11
1.1 Definice 11
1.2 Dělení imaginace pohybu 11
1.3 Aplikace imaginace 12
1.4 Svalová aktivita během imaginace 14
1.5 Reakce CNS při imaginaci pohybu 14
1.6 Trénink imaginace pohybu 16
2 MOŽNOSTI HODNOCENÍ IMAGINACE POHYBU 18
2.1 Chronometrická data 18
2.2 Hand rotation task (úkol rotace ruky) 18
2.3 Dotazníky 19
2.3.1 The Questionnaire on Mental Imagery (QMI) (Betts, 1909) 19
2.3.2 The Gordon Test of Imagery Control (GTIC) 19
2.3.3 Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ) 19
2.3.4 Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R) 19
2.3.5 The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) 20
2.3.6 Movement Imagery Questionnaire-Revised second version (MIQ-RS) 20
2.4 Funkční magnetická rezonance 20
2.5 Elektroencefalografie 21
3 POVRCHOVÁ EMG 23
3.1 EMG aktivita při imaginaci pohybu 23
4 CHŮZE 26
5 POSTURÁLNÍ STABILITA 28
5.1 Možnosti hodnocení postury 28
6 SLACKLINE 30

6.1 Využití slackline v praxi 30
7 CÍLE A HYPOTÉZY 32
7.1 Cíle 32
7.2 Hypotézy 32
7.2.1 Hypotézy pro představu chůze po čáře 32
7.2.2 Hypotézy pro představu chůze na slackline 33
8 METODIKA 34
8.1 Charakteristika experimentální skupiny 34
8.2 Realizace výzkumu 34
8.3 Příprava 34
8.4 Průběh výzkumu 35
8.5 Trénink imaginace pohybu 36
8.6 Zpracování dat 36
8.6.1 Zpracování dat povrchové elektromyografie 36
8.6.2 Statistické zpracování dat 36
9 VÝSLEDKY 38
9.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického vyhodnocení 43
10 DISKUSE 45
10.1 Imaginace u vybraných diagnóz a ve sportu 45
10.2 EMG aktivita při imaginaci pohybu 46
10.2.1 EMG aktivita při imaginaci chůze na čáře 48
10.2.2 EMG aktivita při imaginaci chůze na slackline 49
10.2.3 EMG aktivita v závislosti na tréninku imaginace pohybu 49
10.3 Trénink imaginace pohybu 51
10.4 Imaginace pohybu v kontextu posturální stability 53
10.5 Limity studie 54
10.6 Přínos do praxe 54

11 ZÁVĚR 56
REFERENČNÍ SEZNAM 58
Seznam zkratek 74
Seznam obrázků 75
Seznam tabulek 76
Seznam příloh 77
PŘÍLOHY 78

ÚVOD

Imaginace pohybu neboli představa pohybu je předmětem zkoumání mnoha oborů. Ve fyzioterapii je zkoumán její vliv na motorické dovednosti jedince. Přestože je imaginace zkoumána v mnoha studiích, stále je toto téma opředeno množstvím otázek, které nejsou jasně vysvětleny.

Cílem této diplomové práce je zhodnotit změny elektromyografické aktivity distálních svalů obou dolních končetin (m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis) při představě chůze na čáře a při představě chůze na slackline.

Teoretická část práce se zabývá definicí imaginace pohybu a možnostmi jejího hodnocení. Dále je popisována elektromyografie, chůze, postura a slackline jako obtížnější varianta chůze, která byla využita i v experimentální části. Lokomoce je základním znakem živých organismů. Přestože je chůze považována za běžnou součást života, jedná se o komplexní složitý děj. Již malé odchylky při chůzi nám mohou pomoci odhalit přítomnost patologie.

V praktické části jsou zkoumány změny EMG aktivity vybraných svalů při představě pohybu, dalším cílem práce je zhodnotit efekt tréninku imaginace náročnějších variací chůze (chůze na čáře a chůze na slackline). Obsahuje metodiku měření i získané výsledky. Probandy pro měření tvořili mladí zdraví jedinci, z tohoto důvodu byly pro imaginaci pohybu zvoleny náročnější varianty chůze.

K vyhledávání odborných článků pro vytvoření práce byly použity následující databáze: EBSCO, Google Scholar, PubMed, Science Direct a Web of Science. Pro vyhledávání v databázích byla zvolena klíčová slova: imaginace pohybu, elektromyografie, povrchová elektromyografie, chůze, chůze na čáře, chůze na slackline. Z důvodu vyhledávání v zahraničních zdrojích byly užívány anglické ekvivalenty klíčových slov: motor imagery, electromyography, surface electromyography, gait, gait on the line, gait on the slackline. Vyhledávání literatury probíhalo v období roku 2021-2022, vyhledávány byly zejména články publikované rozmezí od 1. 1. 2000 do 1. 7. 2022. Jako vstupní literatura pro hlubší orientaci v problematice byly využity také následující knižní zdroje:

BETTS, G. H. 1909. *The distribution and functions of mental imagery*. New York: Teachers College, Columbia University. ISBN 0404550266, 9780404550264

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

VAUGHAN, C. L., DAVIS, B. L., O'CONNOR, J. C. 1999. *Dynamics of human gait.* Cape Town, South Africa, Kiboho Publishers. ISBN 0620235586 9780620235587,

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

WINTER, D. A. 2009. *Biomechanics and motor kontrol of human movement*.(4th ed.), Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-470-39818-0

1 IMAGINACE POHYBU

1.1 Definice

Imaginace neboli představa pohybu je definována jako mentální simulace dané akce bez jejího provedení. Jedná se o vědomý přístup k záměru pohybu, který probíhá nevědomě během přípravy na pohyb. Vědomé motorické představy a nevědomá motorická příprava sdílejí společné mechanismy a jsou funkčně ekvivalentní (Jeannerod, 1994, s. 212; Jeannerod a Decety, 1995, s. 727).

Motorická představa a motorická příprava mají různý subjektivní obsah. Motorická příprava je zcela nevědomý proces. Pouze konečný výsledek je otevřen úsudku subjektu, který může uznat, zda vykonaná akce odpovídá nebo neodpovídá jeho záměru. Naproti tomu motorická představa probíhá vědomě (Jeannerod, 1994, s. 190). Představy byly často popisovány jako „obrazy v mysli“, jako objekty v neobyčejném světě, s nimiž lze v určitém ohledu zacházet jako s daty pocházejícími z fyzicky přítomných objektů neboli vjemy, které jsou prožívány, vyhodnocovány, reagují na ně a věnují se paměti jako např. další smyslové události. Představa pohybu však zahrnuje klíčovou, složku – volní kontrolu ze strany představujícího jako činitele, která přesahuje prostou péči o objekt vědomí. Různé imaginární akce zahrnují jak volní manipulaci s imaginárními předměty, tak imaginární manipulaci s fyzicky přítomnými předměty, řízený postup imaginárním prostorem a imaginární variace v držení těla. (Annett, 1995, str. 1395)

1.2 Dělení imaginace pohybu

Existují 2 typy imaginace pohybu:

- **vnější – vizuální**, kdy si jedinec představuje pohyb z pohledu externího pozorovatele, někdy nazývané mentální video
- **vnitřní – kinestetické**, kdy si jedinec představuje pocity pohybu ve svém vlastním těle (Anett, 1995, s. 1398, Carrasco a Cantalapiedra, 2016, s. 44).

V běžném každodenním chování jsou různé smyslové modality a motorický systém úzce propojeny. Při interakci s naším prostředím používáme vizuální informace o předmětech kolem nás spolu s kinestetickým vstupem o konfiguraci našeho těla k řízení našich akcí (Lacey a Lawson, 2013, s. 97).

Kinestetické a vizuální strategie imaginace mají rozdílné účinky na kortikospinální excitabilitu. Kinestetické představy fázového pohybu vyvolávají svalově specifickou a časově modulovanou facilitaci kortikospinální dráhy ve srovnání s klidem. Naproti tomu při vizuální představě stejného pohybu nejsou zaznamenány žádné významné účinky. Kromě toho kinestetická představa dokáže modulovat excitabilitu kortikospinální dráhy v nepřítomnosti jakýchkoli detekovatelných změn v excitabilitě na spinální úrovni, jak dokazují nezaznamenané změny v pozadí EMG aktivity (Stinear et al., 2005, s. 161).

Vizuální představy se zaměřují na vnější aspekty se zvláštním zřetelem na vztah těla a prostředí, zatímco motorické představy se zaměřují na vnitřní stavy dynamiky pohybu a vytváření síly. Tyto rozdíly mohou vysvětlit, proč imaginace pohybu specificky aktivuje motorické oblasti mozku. Pozornost je přitahována k vlastnímu pohybu, a tedy k ději. To způsobuje aktivaci kortikálních motorických oblastí a subkortikálních oblastí, které jsou integrovány v cerebello-thalamo-kortikálních smyčkách (Munzert, Lorey a Zentgraf, 2009, s. 320). Při reálném provedení pohybu jsou kinestetické vjemy úzce spojeny s hmatovými informacemi vnímanými během aktivního zkoumání objektů (Lederman a Klatzky 1987, s. 366). V rámci motorické přípravy na pohyb může být obtížné některé náročnější pohyby slovně popsat, nabízí se tedy v tomto případě využití vizuální imaginace (Jeannerod, 1994, s. 189).

1.3 Aplikace imaginace

Imaginace pohybu se používá jako technika k vylepšení motorického učení a ke zlepšení rehabilitace u neurologických pacientů např. u pacientů s cévní mozkovou příhodou (CMP) (Nicholson et al., 2019, s. 4). Praktikování imaginace může být úspěšně používáno k usnadnění rozvoje dovedností, není však zcela zřejmé, v jakém bodě během procesu učení by mělo být cvičení prováděno, aby bylo dosaženo co největšího přínosu (Bohan, Pharmer a Stokes, 1999, s. 652). Při učení nového úkolu, ve kterém jsou základní motorické dovednosti již dobře nacvičené (a tím také snadno přenositelné), může být cvičení s představami dostatečné ke zlepšení motorického výkonu bez přidání dalšího fyzického cvičení nebo s přidáním cvičení pouze v malém množství. Za takových podmínek může být nácvik imaginace implementován v rané fázi procesu učení, aniž by bylo potřeba mnoho skutečných předchozích zkušeností s úkoly. Pokud však úkol vyžaduje použití koordinovaných motorických procesů, které nejsou dobře naučené, může být cvičení imaginace efektivnější v pozdějších fázích učení, kdy dochází k větší automatizaci pohybu (Bohan, Pharmer a Stokes, 1999, s. 657).

Prostřednictvím motorických představ dochází k ovlivnění kognitivních funkcí, což se projeví změnou provedení, soustředění pozornosti nebo připravování různých neuromuskulárních systémů k vykonání činnosti (Annett, 1995, s. 1414). Instrukce pro představy, které obsahují přesné pokyny a návrh odpovědí, které si máme představit, vytvářejí větší fyziologickou odezvu než imaginace, které primárně zahrnují pouze instrukce (Bakker, Boschker, Chung, 1996, s. 322). Pokyny, které poskytují přesnější informace (např. „představte si, že jsou skutečné“), mohou urychlit emoční zpracování. Zpracovaná představa je sada odpovědí. Vnější podnět tedy aktivuje celkovou informační jednotku, včetně určeného zjevného chování. Je možné definovat konkrétní podmínky, které takové zpracování podpoří. Velké části jednotky lze vytvořit tak, že subjektům je dán pokyn, aby si představovaly, že interagují se skutečnými podněty (Lang, 2016, s. 699, 700). Při instrukcích musí být přesně nasměrována pozornost účastníka na požadovaný vjem nebo akci. (Munzert, Lorey a Zentgraf, 2009, 309, 311).

Přesné provedení určité činnosti během jejího vykonávání může vyžadovat pozornost mnoha aspektů. Nejvíce se to projevuje při osvojování nové motoriky. Mnohé z našich činností se však staly automatickými, například chůze nebo jízda na kole. Nemusíme jim tedy věnovat pozornost, když je provádíme. Také v našem každodenním životě často provádíme dvě nebo více akcí paralelně, zatímco zaměřujeme svou pozornost pouze na jednu z nich. (Binkofski et al., 2002, s. 514).

K vyvolání motorických představ lze použít několik strategií, například pomocí verbálních scénářů prezentovaných vizuálně nebo ve zvukovém proudu. (Anett, 1995, s. 1404). Scénář snímků musí nasměrovat pozornost k požadovanému pocitu, který má být mentálně simulován. Pro motorické představy to znamená, že pozornost může být zaměřena buď na vizuální, nebo na kinestetické/somatosenzorické vjemy pohybu. Například typ vjemu, který je nejvíce zdůrazňován, lze změnit tím, že účastníkům dáte pokyn, aby si představovali akce z pohledu třetí osoby nebo pohledu první osoby. (Munzert, Lorey a Zentgraf, 2009, s. 309, 311).

Pro reprezentaci sebe sama v pohybu je vyžadováno, aby si jednotlivec představoval tělo jako zdroj působících sil a nejen jako účinky těchto sil na vnější svět. Podobným způsobem je imaginace užívána při běžných denních situacích (např. napodobování pohybu, předvídání účinků akce, pociťování kinestetických či tělesných vjemů (Jeannerod, 1994, s. 189).

1.4 Svalová aktivita během imaginace

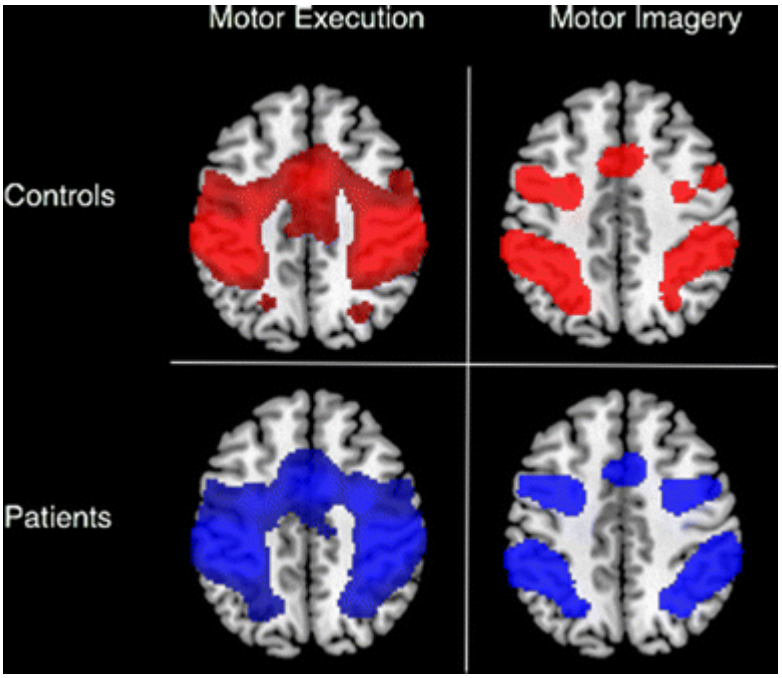
Imaginace pohybu aktivuje motorickou dráhu. Během představy se často zvyšuje svalová aktivita ve srovnání s hodnotami v klidu. V tomto případě je elektromyografická (EMG) aktivita omezena na ty svaly, které se účastní simulované akce. (Wehner, Vogt a Stadler 1984, s. 398). Během imaginace pohybu je vyvoláván nárůst EMG aktivity, k výraznějšímu nárůstu dochází při využití kinestetické představy (Hale, 1982, s. 323).

Uvědomování vlastní svalové aktivity je zprostředkováno pomocí emočního prožitku pohybu. Prožitek by měl být příjemný, čemuž musí odpovídat adekvátní intenzita soustředění, která nesmí vést ke křečovitému vnímání. Opakovaným vnímáním spojeným s prožitkem pohybu dochází k zúžení široké oblasti emočního prožitku na vědomý lokální prožitek pohybu. Tím je vnímání přesněji zacíleno na jednotlivé svaly či jejich části (Véle, 2006, s. 118). Některé osoby mohou vycvičit kontrolu nad izolovanými motorickými jednotkami na takovou úroveň, kdy s vyloučením vizuálních i sluchových podnětů mohou na povel a v libovolném pořadí vyvolat kontrakci kterékoli určené motorické jednotky. Svůj úspěch v zacílení nedokážou vysvětlit jinak než konstatováním, že mysleli na danou motorickou jednotku. Při této činnosti je dosažena úroveň kontroly nejvyššího řádu, protože subjekt musí být schopen vyvolat okamžitou reakci na povel ke kontrakci určité jednotky, aniž by zasahoval do činnosti sousedních; také musí být schopen jednotku libovolně „vypnout“ a „zapnout“ (Basmajian, 1967, s. 137)

1.5 Reakce CNS při imaginaci pohybu

Motorická imaginace se často používá v kombinaci s neurozobrazovacími technikami ke studiu kognitivní kontroly chůze. Bylo zjištěno, že při představě chůze dochází k aktivaci sítě senzomotorických oblastí mozku viz Obrázek 1(Van der Meulen et al., 2012, s. 455).

Při provádění pohybu dochází k aktivaci v primárním motorickém cortexu. Během imaginace pohybu jsou aktivovány doplňkové motorické oblasti (superiorní a mediální frontální kortex, dorzolaterální prefrontální kortex), byla také zaznamenána aktivita bazálních ganglií (nucleus caudatus, putamen). Vermální a paravermální mozeček je aktivován jak při imaginaci pohybu, tak i během reálného provedení pohyu. Mozkový kmen je výrazněji aktivován při představě pohybu (La Fougére et al., 2010, 1593, 1594, 1595).



Obrázek 1 Hlavní efekt při provedení pohybu a pohybové představě úkolu. Aktivace oblastí mozku jsou zobrazeny na standardní šabloně MNI (Montreal Neurological Institute, MNI) s prahovou hodnotou p <0,05 (Gandola et al., 2017)

Vyšší centra řízení motoriky, představují základní koncepty dovednosti a jsou aktivována během fyzického i imaginárního provádění pohybu. Nižší centra CNS jsou aktivována pouze během skutečného provádění pohybu. Tímto způsobem je pozitivní účinek tréninku imaginace na pohybový výkon přičítán zvýšené míře aktivace center vyšší úrovně, což zvyšuje celkovou rychlost odezvy (Bohan, Pharmer a Stokes. 1999, s. 652).

Neurologická literatura obsahuje četné zprávy o ztrátě mentálních představ po poškození mozku. Farah (1984, s. 268) ve své studii uvádí konzistentní vzorec deficitu u podskupiny pacientů, který lze přičíst ztrátě složky generování obrazu v představě. Vyšetření míst lézí u této podskupiny pacientů ukázalo, že oblast v zadní levé hemisféře je kritická pro proces generování představy. Analýza také poskytla důkaz, že dlouhodobé vizuální vzpomínky používané v představách se také používají k rozpoznávání a že představy ve snech a bdění sdílejí některé zásadní procesy.

Komplexní kortiko-subkortikální síť přispívá k motorickým procesům, jako je imaginace pohybu. Tyto vícenásobné reprezentace spolu s procesy neuroplasticity mozku pomáhají generovat nejlepší možný motorický výkon systému. Například lze tvrdit, že hyperexcitabilita oblastí mozku po lézi je součástí kompenzační strategie implementované v motorickém systému (Munzert, Lorey a Zentgraf, 2009, s. 316)

1.6 Trénink imaginace pohybu

Trénink imaginace pohybu je proces učení, při kterém jsou pohyby reprodukovány pouze vnitřně, aniž by byly fyzicky prováděny. Cílem tréninku je zlepšení výkonu. (Jackson, 2001, s. 1133). Při provádění pohybu jsou aktivována motorická mozková centra, během imaginace pohybu jsou aktivovány stejné oblasti mozku (viz Obrázek 1, s. 15). Díky facilitaci motorických center mozku se zvyšuje činnost svalů aktivovaných v představě, což vede ke zvýšení svalové síly a rychlosti. (Van der Meulen et al., 2012, s. 455, Guillot et al., 2009, s. 2169, La Fougére et al, 2009, 1594, 1595, Mizuguchi, Nakata a Kanosoue, 2014, s. 3). Z tohoto důvodu jsou imaginace pohybu využívány ke zlepšení výkonu u sportovců a podpoře funkční obnovy u pacientů se sníženou zátěží bez potřeby cvičebního vybavení nebo přítomnosti terapeutů. Trénink lze tak snadno provádět v domácím prostředí, slouží proto jako vhodná intervence starších osob či pacientů, kteří se nemohou účastnit denních cvičebních programů (Dunsky et al. 2008, s. 1584).

Primární účinky tréninku představy pohybu vedou k vyšší svalové aktivaci a silovému výkonu (Di Rienzo et al., 2015, s. 146). Specifický balanční trénink s dodatečným tréninkem představy pohybu může vést k lepším rehabilitačním výsledkům chůze a rovnováhy než samotný balanční trénink (Bae et al., 2015, s. 3247). První výsledky efektu tréninku imaginace pohybu mohou být znatelné již po jednom týdnu každodenního tréninku imaginace (Grosprêtre et al. 2017, s. 217).

Existuje několik forem tréninku představy pohybu. Je však důležité využívat známé cvičení zaměřené na daný úkol, protože motorické neurony jsou aktivovány pomocí cvičení souvisejících s jasnými cíli a motivací. (Kim et al., 2010, s. 142, 143).

Cvičení zaměřené na úkoly (task-oriented trénink je založeno na motorickém učení a na teorii systému motorického chování. Jedná se o efektivní zásah v oblasti rehabilitace, protože pacienty motivuje k aktivnějšímu řešení problémů prostřednictvím cvičebních programů, které jsou zaměřeny spíše na funkční úkoly než na opakované a jednoduché tréninkové pohyby. Pro dosažení maximální efektivity by forma tréninkového úkolu měla být podobná formě úkolu viděného v reálných situacích a měla by být pro subjekty smysluplným a důležitým úkolem. Jednotlivé zásahy prostřednictvím tréninku motorických obrazů jsou tedy navrženy tak, aby zlepšily rovnováhu a chůzi (Rensink et al., 2009, s. 750, Malik, Ghazal a Amjad, 1969, s. 986). V poslední době se objevují výzkumy pro prevenci pádů starších osob a zlepšení jejich každodenních činností a rovnováhy (Kalcinski, 2013, s. 7). Představa pohybu bývá využita při vyšetření pohybové kontroly v klinických studiích a k identifikaci funkčních

mozkových sítí zapojených při provádění motorického úkolu pomocí funkčních zobrazovacích metod (Iseki et al., 2008, s. 1029). Snížená schopnost udržovat stabilní postavení těla, snížená rychlost chůze a dynamická rovnováha může úzce souviset s výskytem pádů (Tinetti, Speechley a Ginter, 1988, s. 1705, 1706). Výcvik imaginace pohybu a trénink zaměřený na úkoly (task-oriented trénink) se používají jako intervence založené na důkazech v různých oblastech rehabilitace (Nicholson, 2019, s. 7).

Trénink motorických představ, přidaný k běžné rehabilitaci, měl efekt u pacientů po totální endoprotéze kolenního kloubu. Bylo prokázáno dlouhodobé zlepšení chůze a omezení vzniku nových pádů u pacientů v pooperační akutní fázi. V časném období po operaci může být provedení přímého fyzického tréninku limitováno např. pooperační imobilizací, sníženou fyzickou silou či zvýšenou bolestivostí. Díky své jednoduchosti, absenci jakéhokoli rizika a omezeným nákladům by měl být trénink imaginace pohybu začleněn do rutinní rehabilitace těchto pacientů (Zapparoli et al., 2020, s. 6).

Imaginace pohybu u pacientů po CMP jsou účinné, pokud jsou kombinovány s konvenční terapií, které nezkrátí čas trvání, ale jako doplněk zvyšují celkovou dobu terapie. Co se týče dávky, doporučuje se její postupné zvyšování, protože vyžaduje vysokou pozornost a soustředění. Z tohoto důvodu je nutné adekvátně posoudit pacienty po cévní mozkové příhodě, identifikovat ty, kteří mají dobrou mentální představivost a také dostatečnou kognitivní úroveň, aby měli z této terapie prospěch. Nesprávná analýza schopností pohybové představivosti pacientů by mohla způsobit neúčinnost techniky. Při chůzi dochází ke zlepšení časoprostorových parametrů, zvláště v kombinaci se specifickými technikami, dále je snižován strach z pádu a pacienti jsou schopni dřívější vertikalizace. Byly zaznamenány také změny v kvalitě a kvantitě pohybu paretické paže, zvyšuje se její funkčnost a využití v činnostech každodenního života. Mentální cvičení je bezpečná a nízkonákladová technika, která může zvýšit funkčnost hemiplegických pacientů sekundárně po cévní mozkové příhodě (Carrasco a Cantalapiedra, 2016, s. 51).

2 MOŽNOSTI HODNOCENÍ IMAGINACE POHYBU

Motorická mentální představivost je studována pomocí různých experimentálních přístupů. Protože děj probíhá mentálně, je těžké získat vhled do strategie účastníka, která se používá k vytvoření požadovaného obrazu. Samotný proces lze proto pozorovat pouze nepřímo prostřednictvím behaviorálních (např. reakční doby, přesnost úkolu) nebo neurálních měření (např. funkční magnetická resonance nebo elektroencefalografie). Kromě toho je možné použít dotazníky hodnotící schopnosti účastníka provést požadovaný úkol imaginací (Lacey a Lawson, 2013, s. 97).

2.1 Chronometrická data

Chronometrická měření mohou být použita k odhalení vlastností mentálních reprezentací a k získání znalostí užitečných v neuropsychologickém prostředí. Předpokládá se, že tělesné schéma slouží kritickým integračním funkcím při organizování a udržování prostorové orientace pro vnímání a jednání (Parsons, 1994, s. 726).

Skóre mentální chronometrie se vypočítá jako průměr absolutních časových rozdílů mezi skutečnými a představovanými pokusy během motorických představ. Neschopnost subjektu zachovat si časové charakteristiky reálného pohybu během imaginace pohybu naznačuje, že je obtížné si akci představit (Guillot et al., 2008, s. 1473).

2.2 Hand rotation task (úkol rotace ruky)

Testovaní jedinci mají před sebou počítač, který zobrazuje jednotlivé podněty. Na počítači uprostřed obrazovky se objevují obrázky rukou prezentované v pohledu z dlaně i zezadu. Ruce byly prezentovány náhodně v krocích po 45◦ v rozmezí 0◦ až 360◦ a zůstávají na obrazovce, dokud není zaznamenána odpověď stisknutím určené klávesy na klávesnici počítače nebo neuplynulo 10 s. Účastníci mají co nejrychleji a nejpřesněji rozhodnout, zda je každý prezentovaný podnět levá nebo pravá ruka (Williams, 2012, s. 370). Například ve vzorku subjektů ve studii Williamse (et al., 2012, s. 372) byly doby odezvy na mediálně rotované stimuly výrazně rychlejší než reakce na laterálně rotované stimuly, což naznačuje, že v případě laterálně rotovaných obrázků rukou byly prováděny motorické představy.

Ačkoli úloha rotace ruky neposkytuje explicitní pokyny pro představu pohybu, účastníci hlásí, že si představují vlastní ruce v pozici ruky na obrazovce, aby učinili požadované rozhodnutí o laterální straně (Parsons, 1987, 239).

2.3 Dotazníky

2.3.1 The Questionnaire on Mental Imagery (QMI) (Betts, 1909)

Test se skládá z 65 otázek, z nichž 24 se týká vizuálních představ, 8 sluchových, 8 kožních, 3 kinestetických, 6 chuťových, 8 čichových a 8 různých a organických představ. Pro hodnocení jasnosti a živosti je použito pět stupňů: velmi slyšený a živý, dobrý, uspokojivý, slabý a žádný. Při provádění výpočtů jsou libovolné číselné hodnoty uvedeny v různých stupních takto: Velmi jasné a živé = 1, dobré = 2, uspokojivé = 3, slabé = 4, žádné = 5 (Betts, 1909, s. 11)

Sheehan vydal roku 1967 zkrácenou verzi Bettsova dotazníku (SQMI). Pokyny byly upraveny tak, aby vyhovovaly různým modalitám. Představy objektů byly hodnoceny na Bettsově sedmibodové škále, která se pohybovala od „vůbec žádný obraz“ = 7 po „dokonale jasné a živé“ = 1. Doba potřebná k administraci testu byla přibližně 55 minut (Sheehan, 1967, s. 387).

2.3.2 The Gordon Test of Imagery Control (GTIC)

Test obsahuje v dvě části. První část hodnotí míru kontroly představivosti, zda je představa vždy dobře pod kontrolou testovaného nebo zda měla občas tendenci jít vlastním směrem bez ohledu na vědomá přání a touhy. Druhá část zkoumá povahu imaginací a hodnotí, zda subjekt správně vyhodnocuje představy nebo se jedná pouze o výsledek zkušeností a emocionálních prožitků (Gordon, 1949, s. 166).

2.3.3 Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ)

Dotazník obsahuje 24 položek relevantních pro představu pohybu: vizuálního pohybu a kinestetické představy pohybu. Subjekty si představují každou položku vizuálně i kinesteticky. Položky obsahují pohybové situace základních pohybů těla i pohyby vyžadující přesnost a kontrolu v náročnějších situacích. Pro hodnocení se užívá sedmi bodová škála (Isaac, Marks a Russell, 1986, s. 24, 25).

2.3.4 Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R)

Jedná se o upravenou verzi Movement Imagery Questionnaire – MIQ (Hall, 1983) ve snaze minimalizovat čas potřebný k vyplnění MIQ a odstranit fyzicky náročnější úkoly. Dotazník byl zkrácen z původních 18 položek na 8 (4 položky pro vizuální a 4 položky pro kinestetickou představu) a přejmenován na MIQ-R. Hodnotící škála má 7 stupňů (7 = velmi snadno vidět/ vnímat, 1 = velmi špatně vidět/vnímat) (Hall, 1997 in Malouin et al., 2007, s. 21).

2.3.5 The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ)

Vzhledem k vysoké fyzické náročnosti některých položek jsou MIQ a MIQ-R nevhodné pro osoby s tělesným postižením. Z tohoto důvodu byl vyvinut dotazník kinestetické a vizuální imaginace (KVIQ). KVIQ je dotazník představy pohybu přizpůsobený pro osoby, které z různých důvodů musí být doprovázeny při hodnocení svých představ a které nejsou schopny stát nebo provádět složité pohyby. Stejně jako MIQ byl KVIQ vyvinut k posouzení jak vizuálních, tak kinestetických rozměrů motorických představ. Na rozdíl od MIQ, hodnotící škála KVIQ posuzuje schopnost imaginace na pětibodové stupnici (Malouin et al., 2007, s. 21).

2.3.6 Movement Imagery Questionnaire-Revised second version (MIQ-RS)

MIQ-RS je verzí MIQ-R, která je vhodnější pro pacienty s pohybovým omezením. MIQ-RS vyžaduje pohyby horních i dolních končetin, čímž se posuzuje schopnost zobrazení hrubé motoriky. Navíc tím, že se představy neomezí pouze na pohyby horní končetiny, mají pacienti příležitost zlepšit své celkové motorické pohyby pro aktivity každodenního života. Nejprve byly odstraněny dvě položky (jedna vizuální a jedna kinestetická) na MIQ-R, které znamenaly vyskočení do vzduchu, protože lidé s určitým pohybovým postižením (např. nedávní pacienti s CMP) by tyto akce nemohli provádět. V důsledku vymazání těchto položek obsahovala každá subškála dotazníku pouze tři položky. To bylo považováno za nedostatečné pro konstruktivní zhodnocení. Následně bylo přidáno osm položek (čtyři vizuální a čtyři kinestetické), které odrážely každodenní pohyby: předklánění, tlačení (předmět jako dveře), tahání (předmět jako klika dveří) a dosahování a uchopování (předmět jako sklenice na pití). Pokyny a stupnice hodnocení pro MIQ-RS jsou stejné jako pro MIQ-R (Gregg, Hall a Butler, 2010, s. 251).

2.4 Funkční magnetická rezonance

Pomocí funkční magnetické rezonance (fMRI) lze zobrazit aktivované oblasti mozku během imaginace pohybu. Během představy byla zachycena aktivita v primární motorické kůře, doplňkové motorické oblasti, frontální a parietální oblasti, přední inzule a mozečku. (Van der Meulen et al., 2012, s. 455). Pomocí fMRI bylo ověřeno, že při představě pohybu jsou aktivovány motorické oblasti mozku, přestože reálné provedení pohybu není zcela možné (Gandola et al., 2017, s. 3239). Při zkoumání mentálních představ v průběhu dospělého života byly prezentovány vzorce fMRI, které ilustrují změny imaginace pohybu spojené se stárnutím. Dle výsledků je naznačen kvalitativní rozdíl mezi staršími a mladšími jedinci. Rozdíly ve fMRI byly pozorovány také při skutečném provádění motorického úkolu, což

jasně ukazuje, že provádění jednoduchých motorických úkonů, dokonce i jednoduchých pohybů prstů, se stává stárnutím méně automatickou (tj. více kognitivní) aktivitou (Zapparoli et al., 2013, s. 532, 533).

Při imaginaci chůze byla pomocí fMRI zaznamenána aktivita v suplementární motorické oblasti a premotorické kůře. Aktivita v těchto oblastech se účastní vizuomotorické kontroly chůze, lze tedy předpokládat, že také odráží aktivaci vizuomotorického programu pro kognitivní analýzu vizuálních informací, které souvisí s chůzí. Dorzální premotorická kůra a suplemetrární motorická oblast se ukázaly jako relevantní pro kontrolu chůze, proto hrají určitou roli také při imaginaci chůze (Iseki et al., 2008, s. 1029).

Pomocí funkční magnetické rezonance byla porovnávána aktivace mozkových center u osob, které již využívaly imaginaci pohybu a osob, které prováděli imaginace bez předchozích zkušeností. Všichni účastníci byli vyzváni k reálnému provedení sekvence pohybu prstů a následně se pokusili o představu stejného pohybu. Rozdíly ve schopnostech představy byly hodnoceny na základě dotazníků a chronometrických měření. U obou skupin byla zaznamenána aktivace dolního a horního parietálního laloku. Dále došlo k aktivaci oblastí souvisejících s pohybem, včetně laterálního a mediálního premotorického kortexu, byla zaznamenána aktivita mozečku a putamen. V rámci porovnání obou skupin došlo ke zjištění, že dobrá schopnost imaginace souvisí s větší aktivitou parietální a ventrolaterální premotorické oblasti, které mají zásadní vliv na vytváření mentálních obrazů. Špatná schopnost imaginace souvisí s aktivitou mozečku, orbito-frontální a zadní cingulární kůry, vrcholy aktivací se jsou lokalizovány pouze v levé hemisféře (Doyon et al., 1996, s. 645, 646, Guillot et al., 2008, s. 1471, 1475, 1479).

Schopnost imaginace se u jednotlivců značně liší, což ovlivňuje vzor cerebrálního náboru během představy. V aktivaci oblastí mozku se objevují specifické rozdíly v závislosti na schopnosti mentální představivosti. Osoby s dobrou představivostí vykazují silnější aktivaci než osoby se špatnou představivostí. Osoby s dobrou představivostí jsou schopny lépe zacílit motorické oblasti během představy, ale také aktivovat prefrontální výkonnou oblast, která integruje informace z těla a prostředí a podílí se na kontrole chůze vyššího řádu (Van der Meulen et al., 2012, s. 455, 465).

2.5 Elektroencefalografie

Hodnocení elektroencefalografické (EEG) aktivity může být využito jako zpětná vazba při hodnocení tréninku imaginace pohybu. Motorická excitabilita při provedení pohybu může

být po nácviku imaginace účinně usnadněna právě díky kortikální zpětné vazbě v reálném čase během tréninku (Bai et al., 2014, s. 361).

Absence zjevného chování během imaginace způsobuje metodologický problém pro hodnocení motorických představ. Neexistuje žádný vnější podnět, ze kterého by bylo možné časově určit hodnoty EEG vztažené přímo k představě pohybu. Je však možné požádat subjekty, aby signalizovaly buď začátek, nebo konec simulace pohybu a tím usnadnily hodnocení výsledků EEG (Jeannerod, 1994, s. 205).

Se zahájením představy pohybu ruky EEG zobrazuje desynchronizaci nebo pokles výkonu v kontralaterální primární senzomotorické oblasti ruky. Významné změny EEG byly lokalizovány v primární senzomotorické oblasti a nebyly pozorovány v premotorických a parietálních oblastech (Pfurtscheller a Neuper, 1997, s. 66).

3 POVRCHOVÁ EMG

Nervové řízení pohybu nelze oddělit od pohybu samotného a v elektromyogramu (EMG) poskytuje informace týkající se konečného řídícího signálu každého svalu. EMG poskytuje informaci o tom, který sval nebo svaly jsou zodpovědné za svalový moment nebo zda probíhá antagonistická aktivita. Kvůli vztahu mezi svalovým EMG a jeho napětím se vyvinula řada biomechanických modelů. EMG má také informace týkající se náboru různých typů svalových vláken a stavu únavy svalu (Winter, 2009, s. 11,12). Klinické vyšetření může být klamné, protože samotné vyšetření je podnětem k reaktivní svalové kontrakci. Svaly se rychle uvolní a zůstanou uvolněné, dokud na ně nevznikne reflexní nebo volní požadavek. EMG odhaluje značnou svalovou aktivitu v denervovaném svalu, kterou nelze běžnými vyšetřeními zjistit (Basmajian, 1967, s. 133).

V průběhu let se vyvinulo mnoho typů EMG elektrod, ale obecně je lze rozdělit do dvou skupin: povrchové a vnitřní (intramuskulární) elektrody (Winter, 2009, s. 251). Data zaznamenaná z povrchových elektrod představují konstantnější měření svalové aktivity a jsou spolehlivější při porovnávání dat než data zaznamenaná z dříve používaných bipolárních intramuskulárních drátěných elektrod (Kadaba et al., 1985, s. 350). Výhodou povrchové elektromyografie je snadná použitelnost. Povrchové elektrody jsou neinvazivní, pokud je povrch kůže dobře připraven, poskytnou dobrou indikaci základní svalové aktivity. Nevýhodou povrchových elektrod však je, že nelze sledovat činnost hlubokých svalů (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 50).

3.1 EMG aktivita při imaginaci pohybu

Během představy pohybu lze zaznamenat podprahové hodnoty EMG aktivity ve všech svalech zahrnutých v měření. Bylo zjištěno, že tento vzorec svalové odezvy celkově odráží konfiguraci EMG aktivity zaznamenané během různých typů fyzických kontrakcí ve srovnání s klidovým stavem, zatímco goniometrická data neodhalila žádný pohyb. Přestože byla hodnota EMG podprahová, bylo zjištěno, že velikost této aktivace koreluje s mentálním úsilím potřebným k mentálnímu vykonání pohybové činnosti. Signály pro nastavení EMG aktivity mají původ v centrálním nervovém systému, což naznačuje, že účinek představy pohybu lze vysvětlit plasticitou centrálního nervového systému po mentálním cvičení (Guillot et al., 2007, s. 24). Když se subjekt, ležící uvolněně se zavřenými víčky, zapojí do mentální aktivity, jako je imaginace nebo vzpomínání, dochází ke kontrakci (obvykle mírné a prchavé) ve specifických svalech. Je tedy poskytován důkaz, že fyziologie mentální aktivity není

omezena na uzavřené okruhy v mozku, ale že se účastní svalové oblasti. Během vizuální představy nebo vzpomínání se svaly, které pohybují očima, stahují, jako by se subjekt díval na představovaný předmět. Při imaginaci nebo vzpomínce na pohybové činnosti dochází ke kontrakci některých svalových vláken, která by se zapojila do skutečného provedení pohybu. Během určité mentální aktivity zůstávají svaly klidně ležícího subjektu, které jsou trénované k relaxaci, zpravidla neaktivní, s výjimkou těch, které jsou specificky zapojené v mentální aktivitě. Elektrické záznamy spolu se subjektivním hodnocením naznačují, že během celkové progresivní svalové relaxace se představa a procesy myšlení zmenšují a mizí. Uvolnění specifických svalových kontrakcí přítomných během určité mentální aktivity vede k vymizení této činnosti (Jacobson, E., 1932, s. 693, 694).

Výskyt EMG aktivity v cílových svalech během představy motorického úkolu není jednoznačnou událostí. EMG aktivita během nácviku imaginace pohybu může být, ale nemusí být nutně rozeznatelná v jednom nebo více cílových svalech u všech účastníků (Dickstein et al., 2005, s. 480). Výkyvy EMG jsou výraznější s rychlejším a silnějším imaginárním úsilím. Tyto poznatky spojuje výskyt EMG výkyvů s aktem nácviku pohybů (Gandevia et al., 1997, s. 262). Bylo zjištěno, že schopnost pohybové představy a hodnoty svalové aktivity při imaginaci pohybu nezávisí na pohlaví (Guillot et al., 2007, s. 21, Guillot et al., 2008, s. 1474).

V klidových podmínkách bylo pozorováno, že amplitudy povrchové EMG při koncentrické kontrakci jsou vyšší než hodnoty při excentrické kontrakci v důsledku vlivu rychlosti na kapacitu generování síly (Potvin, 1997, s. 150). Při zvažování různých typů kontrakcí byly zaznamenány selektivní změny v EMG aktivitě. Zejména představovaná excentrická svalová kontrakce vyvolává výrazně slabší svalovou aktivitu než izometrická a koncentrická kontrakce. Silná koncentrická kontrakce vyvolává vyšší svalovou aktivitu než lehká koncentrická kontrakce (Guillot et al., 2007, s. 22, 23). Izometricky kontrahovaný sval ukazuje přímý vztah mezi vyvinutým mechanickým napětím a integrovanou EMG aktivitou (Basmajian, 1967, s. 134).

Úroveň dovedností ovlivňuje hodnotu EMG aktivity při imaginaci, protože pokročilí jedinci vykazují větší EMG aktivitu, než jedinci, kteří se s aktivitou nově seznamují (Harris a Robinson, 1986, s. 109).

Pokud je imaginace nasměrována na určitou končetinu nebo sval, dojde ke zvýšení EMG aktivity. To znamená, že představa pohybu vede k prostorově diferencované doprovodné svalové aktivitě. Kromě toho EMG aktivita během imaginace odráží silové charakteristiky představy (Bakker, Boschker, Chung, 1996, s. 322).

Během mentálního tréninku lze pozorovat hodnoty EMG relaxované paže specifické pro daný úkol (Wehner, Vogt a Stadler, 1984, s. 398). Při imaginaci extenze zápěstí byly zaznamenány nárůsty EMG aktivity. Tyto změny v EMG nastaly navzdory instrukcím, aby nedošlo k reálnému pohybu (Gandevia et al., 1997, s. 261) Během představy chůze došlo ke zvýšení EMG aktivity m. rectus femoris a m. biceps femoris ve srovnání s klidovým stavem (Kolářová et al., 2018, s. 276 in press).

4 CHŮZE

Chůze je pro člověka základním typem lokomoce (Véle, 2006, s. 347). Předpoklady pro charakter chůze se tvoří již v ontogenezi podle zásad fylogeneze a postupně se stává stereotypem (Kolář, 2009, s. 48). Lokomoce zajišťuje uspokojení základních životních potřeb, ale je lidskou součástí také při práci. Pro bezpečnou a jistou chůzi je zapotřebí udržení vzpřímené polohy těla v klidu i při pohybu. Centrální nervová soustava udržuje pomocí svalstva stabilní polohu těla. Udržení polohy a vykonávání pohybu při chůzi zajišťují antigravitační svaly. Při pohybu dochází k rytmickým kontrakcím svalů, které střídavými tahy a uvolněním přibližují a oddalují od sebe určité segmenty kostry. Chůze obsahuje soubor fází, které se cyklicky opakují. Díky tomu mohou odchylky chůze odhalit pohybové nebo nerovové patologie (Véle, 2006, s. 347, 348).

Nervový impuls v CNS dává podnět pro zahájení chůze. Celý proces je ukončen generováním pozemních reakčních sil. Celý lokomoční děj je tedy založen na příčině a následku (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 2). Nervový impuls je přenesen do mozkového kmene a míchy. Dochází k aktivaci nižších nervových center, které dávají příkaz pro aktivaci svalů. Vznikající pohyby jsou modifikovány díky senzorické zpětné vazbě z receptorů, svalů a kloubů (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 2).

Jednotlivé části těla (např. stehno, lýtko, chodidlo) se pohybují na základě kloubních sil a momentů. Při pohybu vzikají síly, které vyvíjí tlak na vnější prostředí. Vzniku chůze předchází sled událostí. V CNS je zaregistrován impuls pro zahájení chůze a dochází k aktivaci povelu pro vznik chůze. Signál se šíří do periferního nervového systému. Aktivací svalstva vzniká svalové napětí. V kloubech jsou vytvořeny síly a momenty sil. Kloubní síly a momenty jsou upravovány dle anatomických možností jednolivých segmentů. Jednotlivé segmenty pohybem proti sobě tvoří komplexní cyklus pohybů, který je vyhodnocen jako chůze. Působením na vnější okolí vznikají pozemní reakční síly (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 3).

Lidská chůze má povahu cyklického stereotypu. Právě cyklická povaha lidské chůze je velmi užitečný ukazatel pro hlášení různých parametrů (reakční síla země, svalová aktivita atd.) (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 12).

Fáze krokového cyklu dle Perryho (1992) (Kolář, 2009, s. 48).

1. počáteční kontakt – initial kontakt
2. reakce na zatížení – loading response

3. střed stojné fáze – midstance
4. konečný stoj – terminal stance
5. předšvihová fáze – preswing phase
6. počáteční švih – initial swing
7. střed švihové fáze – midswing
8. konečný švih – terminal swing

Během jednotlivých fází chůze byla zaznamenávána svalová aktivita. Bylo zjištěno, že EMG aktivita m. rectus femoris se zvyšuje těsně po úderu stejnostranné končetiny. Protože m. rectus femoris je flexor kyčle a extenzor kolena, sval v tomto okamžiku působí excentricky. Během středu stojné fáze se aktivita podstatně snižuje a znovu se zvyšuje během konečného stoje a počátečního švihu. Během tohoto období se ohýbají kyčle i koleno. M. rectus femoris je ve středu švihové fáze opět relativně klidný, ale jeho aktivita se zvyšuje před druhým úderem stejnostranné paty (Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 13).

5 POSTURÁLNÍ STABILITA

Postura je popisována jako klidová poloha těla, která má určité uspořádání pohyblivých segmentů. Udržování postury je dynamický děj, přestože vnějším pozorováním se jeví staticky ve srovnání s fyzickým pohybem (Véle, 2006, s. 100). Postura není přítomná pouze v případě vzpřímeného stoje, ale můžeme ji pozorovat při jakékoli poloze těla i pohybu, tvoří tak základní podmínku pohybu (Kolář, 2009, s. 38).

Posturální stabilita může být chápána jako nepřetržité zaujímání stálé polohy. Neprobíhá jednorázově, ale nepřetržitě (Kolář, 2009, s. 39). Pro posturální kontrolu během stoje působí na míšní centra nízká intenzita cerebelární nervové aktivity a motorické kontroly prostřednictvím thalamu a bazálních ganglií. Kortikální motorické řízení v tomto modelu zajišťuje komplexní interakci mezi lokomocí a prostředím (Jahn et al., 2004, s. 1729).

Trénink rovnováhy vede ke snížení excitability na spinální, kortikospinální a kortikální úrovni. Se zlepšenou stabilitou postoje korelují pouze změny v kortikální dráždivosti, což ukazuje, že za posturální zlepšení jsou zodpovědné spíše supraspinální než spinální mechanismy (Taube et al., 2007, s. 356).

5.1 Možnosti hodnocení postury

Postura může být hodnocena pomocí senzorů akcelerometru a gyroskopu (Kiprijanovska, Gjoreski a Gams, 2020, s. 17). Nové možnosti přináší rozvoj současných technologií a zařazení akcelerometrických a gyroskopických senzorů např. do chytrých hodinek (Kiprijanovska, 2020, Gjoreski a Gams, s. 2). Další hodnocení postury nabízí sledování odchylek centre of pressure (COP) při chůzi (Newell et al., 1993, s. 229).

Dle Newell et al. (1993, s. 229) nelze považovat pouze variabilitu centre of pressure (COP) za věrohodné měřítko pro posouzení posturální stability, alespoň bez dodatečných testů rozměrnosti dynamiky podporující akci. Samotná variabilita COP není dostatečně přesným měřítkem stability.

Nejpřesnější výsledky analýzy chůze přináší kombinace akcelerometru, gyroskopu a rotačních vektorových dat, čímž je dosaženo přesnosti 88,9 %, senzitivity 90,6 % a specificity 86,2 %. Tyto výsledky jsou výrazně lepší než výsledky dosažené s daty z jednoho snímače a naznačují, že začlenění signálů více snímačů do modelu vede k vyšší přesnosti. (Kiprijanovska, Gjoreski a Gams, 2020, s. 17).

Nukala et al. (2016, s. 20) pro svoji studii vytvořili zakázkově navržený bezdrátový senzor analýzy chůze (Wireless Gait Analysis Sensor – WGAS), kterýá měří lineární

zrychlení a úhlové rotace pohybů těla. WGAS je složený z tříosého integrovaného obvodu akcelerometru, jednoosého integrovaného obvodu gyroskopu a dvouosého integrovaného obvodu gyroskopu pro měření 3D translace a rotace lidského těla během chůze. Bezdrátový senzor analýzy chůze s velmi vysokou přesností a téměř okamžitě dokáže úspěšně klasifikovat/odhalit pacienty s poruchami rovnováhy od zdravých jedinců (Nukala, 2016, s. 20).

V současné době se v hojné míře rozšířilo používání chytrých hodinek či jiných zařízení, která vyhodnocují pohyb těla. Nedávný pokrok v osobních nositelných zařízeních z nich činí atraktivní alternativní přístup pro hodnocení rizika pádu, který může snížit náklady a značně zjednodušit postup hodnocení rizika pádu. V současnosti taková nositelná zařízení kombinují výpočetní schopnosti a různé senzory, které nabízejí výhodu nepřetržitého monitorování chůze v reálném čase. Navíc je může uživatel běžně nosit po většinu dne s minimálním nepohodlím, čímž poskytuje pravidelný přehled o riziku pádu během každodenního života (Kiprijanovska, 2020, Gjoreski a Gams, s. 2). Chytré hodinky jsou stále populárnější, hlavně proto, že lidé jsou na nošení hodinek zvyklí, díky čemuž je zápěstí jedním z nejméně rušivých míst pro nošení zařízení. Neinvazivní chytré hodinky nebo podobná zařízení nošená na zápěstí lze použít v kombinaci s metodami hlubokého učení k detekci deficitů rovnováhy a změn lidské chůze, které souvisí s rizikem pádu (Kiprijanovska, Gjoreski a Gams 2020, s. 2).

6 SLACKLINE

Slackline je 2,5 – 5 cm široký pruh nylonového popruhu. Popruh je natažený mezi dvěma kotevními body. Oproti chůzi po laně je slackline utažena jen mírně, můžeme ji dle potřeby natáhnout a pruží (Huber a Kleindl, 2010, s. 1, Granacher et al., 2012, s. 718).

Obtížnost chůze na slackline lze měnit úpravou napětí lana (změní se amplituda a frekvence kolébání lana). Při chůzi na slackline je poskytnuta malá nepevná základna, vznikají tak vysoké nároky na balanční schopnosti (Pfusterschmied et al., 2013, s. 49, Granacher et al., 2012, s. 718). Vzhledem k podobnosti mezi balančním tréninkem a slackline tréninkem, se předpokládá, že slackline trénink produkuje podobná zlepšení v posturální kontrole a svalové síle jako balanční trénink (Granacher et al., 2012, s. 718).

6.1 Využití slackline v praxi

Řízený trénink na slackline zlepšuje posturální stabilitu (Pfusterschmied et al., 2013, s. 49, 51). Celkově 18 sezení strukturovaného a progresivního tréninku na slackline v průběhu 6 týdnů vedlo k velkému zlepšení rovnováhy. Bylo zaznamenáno specifické zlepšení pro slackline během stoje na jedné a dvou končetinách. Svaly trupu a na dolních končetinách vykazovaly snížení aktivity. Absolutní a mediolaterální posturální výchylky vzpřímeného stoje se výrazně nezměnily stejně jako silový výkon (Donath et al., 2016, s. 6).

Cvičení slacklinningu může vést ke zlepšení rovnováhy při chůzi na slackline u dětí ve školním věku. Při každodenním opakování je neuromuskulární systém adaptován velice specificky pro danou činnost. Tradiční balanční trénink se neprokázal u dětí dostatečně účinný z důvodu neatraktivity. Inovativní přístupy se zdají být pro děti atraktivnější a lze je zařadit do multimodálních přístupů k fyzické aktivitě. V tomto ohledu může slackline sloužit jako účinný a proveditelný nástroj (Donath et al 2013, s. 1098).

Po šestitýdenním slackline tréninku došlo ke zvýšení konektivity v rozsáhlé síti kortikálních a subkortikálních oblastí, které úzce souvisejí s plánováním pohybu, přípravou, prováděním, hodnocením a opravou, stejně jako do určité míry s motorickým učením. Zvýšená neurální propojenost souvisí s vysoce specifickým zlepšením výkonu u trénovaného balančního úkolu, u netrénovaného ke zlepšení nedochází. Tato zlepšení výkonu specifická pro daný úkol byla doprovázena určitými změnami ve spinnální excitabilitě Ia aferentních drah během provádění balančního úkolu (Giboin et al., 2019, s. 8).

Keller et al. (2011, s. 475) ve své studii uvedli, že před tréninkem nebyl žádný ze subjektů schopen udržet rovnováhu na slackline po dobu 20 s v žádném ze tří pokusů.

Po uplynutí čtyřtýdenního tréninku na slackline mohly všechny subjekty balancovat bez dopomoci na slackline alespoň 20 sekund, což svědčí o zlepšené posturální kontrole.

Slackline nachází využití také u neurologických pacientů. U pacientů s Parkinsonovou chorobou došlo po tréninku chůze na slackline ke snížení rizika pádu a ke zvýšení jistoty v souvislosti se strachem z pádu. Trénink na slackline dále vedl ke snížení celkové únavy a svalové únavy hlavních svalů dolních končetin a bederních svalů. Nejčastěji používanými svaly jsou m. gastrocnemius, hamstringy, m. soleus, m. quadriceps femoris, m. tibialis anterior a bederní svalstvo. Slacklining byl označen jako jednoduchý a bezpečný tréninkový a rehabilitační nástroj pro pacienty s Parkinsonovou chorobou. Mohl by být tedy zaveden do jejich rutiny fyzické aktivity (Santos et al., 2016, s. 1577, 1579).

7 CÍLE A HYPOTÉZY

7.1 Cíle

Cílem práce je zhodnotit změny EMG aktivity distálních svalů obou dolních končetin (m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis) při představě chůze na čáře a představě chůze na slackline.

7.2 Hypotézy

7.2.1 Hypotézy pro představu chůze po čáře

Hypotéza H_{01}: Trénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{A1}: Trénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{02}: Netrénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis při druhém měření při chůzi po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{A2}: Netrénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis při druhém měření při chůzi po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{03}: Při chůzi po čáře se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu neliší.

Hypotéza H_{A3}: Při chůzi po čáře se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu liší.

7.2.2 Hypotézy pro představu chůze na slackline

Hypotéza H_{04}: Trénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{A4}: Trénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{05}: Netrénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{A5}: Netrénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou.

Hypotéza H_{06}: Při chůzi na slackline se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu neliší.

Hypotéza H_{A6}: Při chůzi na slackline se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu liší.

8 METODIKA

8.1 Charakteristika experimentální skupiny

Do studie bylo zahrnuto 20 zdravých účastníků ve věku od 20 do 29 let. Jednalo se převážně o studenty fyzioterapie Univerzity Palackého v Olomouci. Průměrný věk probandů byl 24 ± 1,35 let, průměrná výška 164,5 ± 11,15 cm a průměrná váha 62 ± 14,22 kg. Podmínkou pro zařazení do výzkumu byla nepřítomnost ortopedického či neurologického onemocnění, akutního poúrazového stavu, akutní bolesti, užívání léků ovlivňujících chůzi nebo rovnováhu či jiných okolností, které by mohly ovlivnit objektivní výsledky měření.

Vstupním kritériem byla dále schopnost dobré pohybové představivosti, která byla otestována dle dotazníku Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R) (viz Příloha 3, str. 81). Dotazník je navržen tak, aby zhodnotil schopnost subjektu představit si dané úkoly. Bodová hranice pro zařazení do výzkumu byla stanovena dosažením průměru v minimální hodnotě 4 bodů. Na základě vyšetření měli všichni probandi dobrou motorickou představu o průměru 6,04 ± 0,85. Podmínkou pro zařazení byla také dosavadní nezkušenost s chůzí na slackline.

8.2 Realizace výzkumu

Měření bylo prováděno na stejném místě, a to v Olomouci v prostorách kineziologické laboratoře na oddělení RHB tak, aby bylo zajištěno klidné prostředí, stabilní osvětlení a teplota. Vybraní jedinci prováděli dva typy úkolů – reálná chůze po čáře a chůze na slackline, jejich představa a klid.

Během měření byla sbírána data ukazující EMG aktivitu svalů m. gastrocnemius a m. tibialis anterior přístrojem od firmy Delsys Trigno (Natic, MA, USA). Subjekty byly rozděleny do dvou skupin, kdy jedna prováděla trénink představy chůze a po čáře a chůze na slackline, druhá skupina trénink neprováděla (kontrolní skupina). Na konci bylo provedeno výstupní měření pro zhodnocení efektu tréninku imaginace.

8.3 Příprava

Před zahájením měření vyjádřili účastníci informovaný souhlas s účastí. Následně byli otestování dle dotazníku MIQ-R. Probandi byli náhodně rozděleni do jedné ze dvou experimentálních skupin. Před umístěním povrchových elektrod EMG byla pomocí izometrické kontrakce vypalpována svalová bříška. V místě kontaktu elektrody nad svalovým bříškem byla kůže oholena (v případě nutnosti, zvláště u mužů), očištěna alkoholovým

přípravkem, aby se zlepšil kontakt mezi kůží a elektrodami, ale také se snížila impedance kůže. Na takto připravené místo byla nalepena EMG elektroda tak, aby šipka znázorněná na elektrodě směřovala kraniálně (Dickstein et al., 2005, s. 477, Guillot et al., 2007, s. 21, Vaughan, Davis a O'Connor, 1999, s. 50).

8.4 Průběh výzkumu

V prvním úkolu byla hodnocena chůze na čáře.

Testovaný jedinec zaujal výchozí pozici, která byla pro všechny stejná – vzpřímený stoj před bílou clonou, do které je směřován zrak, s chodidly na šířku pánve, horní končetiny jsou volně podél těla.

Měření bylo uskutečněno v pěti za sebou následujících krocích:

1. Klid – testovaný jedinec zaujal výchozí pozici a v duchu mu zněla píseň (Hodně štěstí, zdraví. Proband se nesměl pohybovat do rytmu.
2. Reálné provedení – proband si prohlédl prostor a následovalo reálné provedení chůze po čáře po dobu 1 minuty a 30 s.
3. Představa – po provedení pohybu byl vyzván, aby zaujal výchozí pozici a po dobu 30 s si co nejvěrněji představoval právě prováděnou chůzi po čáře (Bakker, 2008a, s. 1001).

Pro stanovení subjektivního hodnocení imaginace byl proband požádán o hodnocení kvality představy na stupnici od 1 do 5, kde 1 znamená žádnou imaginaci a 5 imaginaci natolik zřetelnou jako reálná situace.

V druhém typu úkolu byla hodnocena chůze na slackline.

1. Klid – testovaný jedinec zaujal výchozí pozici a v duchu mu zněla píseň (Hodně štěstí, zdraví). Proband se nesměl pohybovat do rytmu.
2. Reálné provedení – proband si prohlédl prostor a následovalo reálné provedení chůze na slackline po dobu 1 minuty a 30 s.
3. Představa – po provedení pohybu byl vyzván, aby zaujal výchozí pozici a po dobu 30 s si co nejvěrněji představoval právě prováděnou chůzi na slackline.

Pro stanovení subjektivního hodnocení imaginace byl proband požádán o hodnocení kvality představy na stupnici od 1 do 5.

8.5 Trénink imaginace pohybu

Probandi zařazeni do experimentální skupiny měli za úkol provádět 5 dní v týdnu trénink imaginace pohybu po dobu dvou týdnů (Dickstein, Dunsky a Marcovitz 2004, s. 1171). Každý trénink probíhal jednou denně v klidné místnosti po dobu 15 minut. Pro domácí cvičení obdrželi probandi fotografii reálného prostředí laboratoře, kde probíhalo měření (viz Příloha 4, s. 85). Před zahájením tréninku měli probandi za úkol postavit se proti bílé stěně, s nakročenou dominantní nohou a dívali se na fotografii pro věrné mentální navození prostředí laboratoře. Následně byla fotografie odložena. První 2 minuty a 30 s byla fáze klidu pro uklidnění a navození maximální soustředěnosti. Následoval 5 minut trénink imaginace chůze na čáře a 5 minut imaginace chůze na slackline (Hosseini et al., 2012, s. 264, Oh et al., 2010, s. 309, Yoo a Chung, 2006, s. 390, 396). Po zbylé 2 minuty a 30 s nastala opět fáze klidu. Během mentálního cvičení měli probandi nakročenou dominantní nohu, stáli vzpřímeně s otevřenýma očima a zrak směřoval dopředu do bílé stěny. Trénující byli poučeni, aby se během představy nepohybovali a zachovali maximální soustředěnost.

8.6 Zpracování dat

8.6.1 Zpracování dat povrchové elektromyografie

Data povrchové elektromyografie byla zaznamenána pomocí bezdrátového systému od firmy Delsys Trigno (Natic, MA, USA). Úprava surových dat probíhala v programu EMGworksAnalysis. Nezpracovatelné EMG signály byly usměrneny a byla vypočtena střední kvadratická hodnota EMG (root mean square – RMS) pomocí časového průměrování periody, kde velikost okna byla nastavena na 0,125 s a překrytí okna nastaveno na 0,625 s. Upravená data byla uložena v programu MicrosoftExcel, kde byl použit vzorec pro výpočet průměru (Bakker, 2008a, s. 1001, Guillot et al. 2007, s. 21, Oh et al., 2010, s. 309).

8.6.2 Statistické zpracování dat

Statistická analýza dat byla provedena pomocí programu Statistica 13.4 EN. Nejprve byla provedena popisná statistika hodnocených parametrů. Pomocí Shapiro-Wilkova testu byla ověřena normalita distribuce hodnot. Většina dat vykazovala nenormální rozdělení hodnot, proto byly v průběhu analýzy použity neparametrické testy. Hladina statistické významnosti byla nastavena na hodnotu $p = 0,05$. Výsledky, jejichž hodnota statistické významnosti byla $p < 0,05$ byly označeny jako statisticky významné.

Pro ověření statistické významnosti rozdílu hodnot svalové aktivity mezi klidem a imaginací byl použit Wilcoxonův test (Hypotéza 1, 2, 4 a 5).

Pro ověření významnosti interakce mezi skupinami (tréninku) byla použita metoda mnohonásobného opakování – ANOVA (Hypotéza 3 a 6).

9 VÝSLEDKY

V Tabulkách (1-4) jsou uvedena data popisné statistiky spolu s p-hodnotami. Pokud je velikost p-hodnoty menší než 0,05, pak je hodnota uvažována jako statisticky významná. V Tabulce 1 jsou zmíněna data experimentální skupiny při chůzi na čáře. Tabulka 2 popisuje data kontrolní skupiny při chůzi na čáře. V Tabulce 3 jsou uvedena data experimentální skupiny při chůzi na slackline. V Tabulce 4 jsou obsažena data kontrolní skupiny při chůzi na slackline. V Tabulkách 5 a 6 jsou porovnána data mezi experimetnální a kontrolní skupinou. V Tabulce 5 jsou porovnána data obou skupin při chůzi na čáře, V Tabulce 6 data obou skupin při chůzi na slackline.

Tabulka 1 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na čáře – experimentální skupina a p – hodnoty

n = 10	**Průměr**	**Medián**	**Minimum**	**Maximum**	**SD**	**p**
GM dx Kch rozdíl	-5,98	0,18	-32,24	3,46	12,77	**0,021825**
GM dx Pch rozdíl	-0,89	0,74	-12,06	4,65	4,91	
GM sin Kch rozdíl	2,22	2,48	-21,05	16,57	12,43	0,646463
GM sin Pch rozdíl	4,98	4,69	-8,12	16,49	9,07	
TA dx Kch rozdíl	-5,94	-1,37	-30,74	10,58	12,72	0,14129
TA dx Pch rozdíl	1,58	0,81	-7,2	12,46	4,89	
TA sin Kch rozdíl	2,90	1,52	-8,46	11,9	6,30	**0,046854**
TA sin Pch rozdíl	6,57	7,09	-0,86	14,4	5,83	

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, Kch – klid před představou chůze na čáře, Pch – představa chůze na čáře, SD – směrodatná odchylka, p – p hodnota

Tabulka 2 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na čáře – kontrolní skupina a p – hodnoty

n = 10	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD	p
GM dx Kch rozdíl	-2,08	-0,61	-29,52	6,91	10,46	0,507625
GM dx Pch rozdíl	2,12	0,45	-2,75	16,77	5,64	
GM sin Kch rozdíl	10,29	11,39	-6,33	36,60	12,01	0,646463
GM sin Pch rozdíl	9,10	10,22	-0,11	18,65	6,61	
TA dx Kch rozdíl	4,74	4,70	-8,97	18,51	7,33	0,202623
TA dx Pch rozdíl	2,37	3,80	-2,97	5,10	2,88	
TA sin Kch rozdíl	9,41	11,38	-2,27	17,35	6,52	0,721277
TA sin Pch rozdíl	9,31	12,18	-0,27	13,90	5,41	

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, Kch – klid před představou chůze na čáře, Pch – představa chůze na čáře, SD – směrodatná odchylka, p – p hodnota

Tabulka 3 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na slackline – experimentální skupina a p – hodnoty

n = 10	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD	p
GM dx Ks rozdíl	1,02	1,11	-9,80	13,31	5,71	0,507625
GM dx Ps rozdíl	0,36	-0,58	-5,69	8,96	4,45	
GM sin Ks rozdíl	8,77	8,95	-0,28	19,25	7,80	0,284504
GM sin Ps rozdíl	7,86	10,80	-2,98	16,39	7,53	
TA dx Ks rozdíl	2,62	1,67	-2,72	15,07	4,77	0,241122
TA dx Ps rozdíl	2,12	1,93	-3,96	11,54	4,18	
TA sin Ks rozdíl	8,11	9,43	-3,66	20,55	7,51	0,44587
TA sin Ps rozdíl	7,55	11,07	-0,96	14,96	6,71	

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, Ks – klid před představou chůze na slackline, Ps – představa chůze na slackline, SD – směrodatná odchylka, p – p hodnota

Tabulka 4 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na slackline – kontrolní skupina a p – hodnoty

n = 10	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD	p
GM dx Ks rozdíl	1,25	1,98	-6,09	4,15	3,00	0,959354
GM dx Ps rozdíl	0,96	1,21	-3,97	3,45	2,022	
GM sin Ks rozdíl	10,15	11,54	-1,26	20,50	7,21	0,074463
GM sin Ps rozdíl	7,2	8,30	-1,93	17,23	6,68	
TA dx Ks rozdíl	1,42	1,70	-5,34	4,67	3,25	0,284504
TA dx Ps rozdíl	2,40	3,02	-0,91	4,43	1,84	
TA sin Ks rozdíl	6,86	9,02	-0,80	13,18	5,90	0,284504
TA sin Ps rozdíl	8,30	10,70	-1,61	13,94	6,07	

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, Ks – klid před představou chůze na slackline, Ps – představa chůze na slackline, SD – směrodatná odchylka, p – p hodnota

Tabulka 5 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny při chůzi na čáře

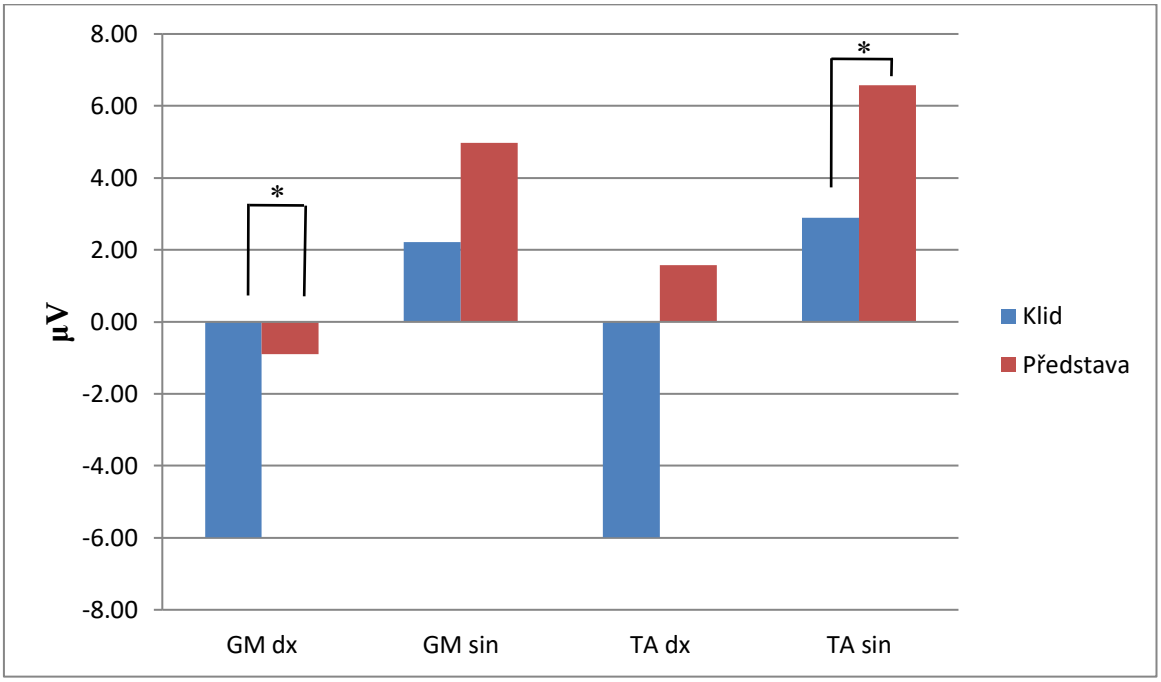
n = 20	p
GM dx	0,829121
GM sin	0,406976
TA dx	**0,045262**
TA sin	0,082474

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, p – p hodnota

Tabulka 6 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny při chůzi na slackline

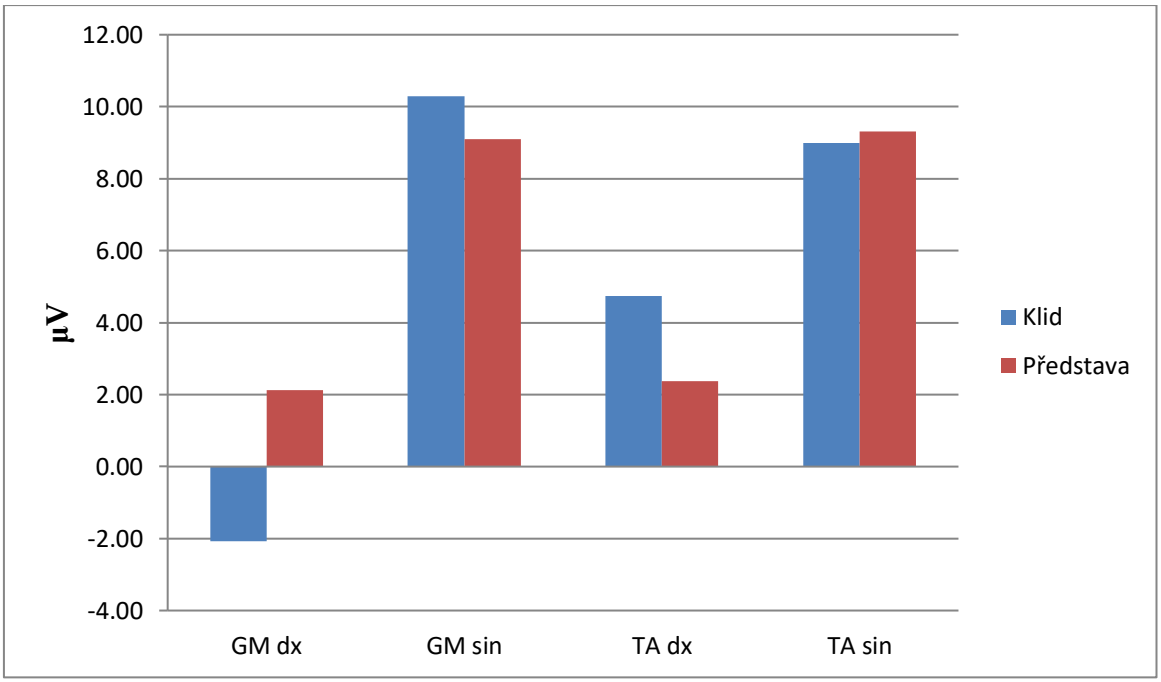
n = 20	p
GM dx	0,85207
GM sin	0,361716
TA dx	0,145967
TA sin	0,444318

Legenda: n – počet probandů, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior, dx – dexter, sin – sinister, p – p hodnota



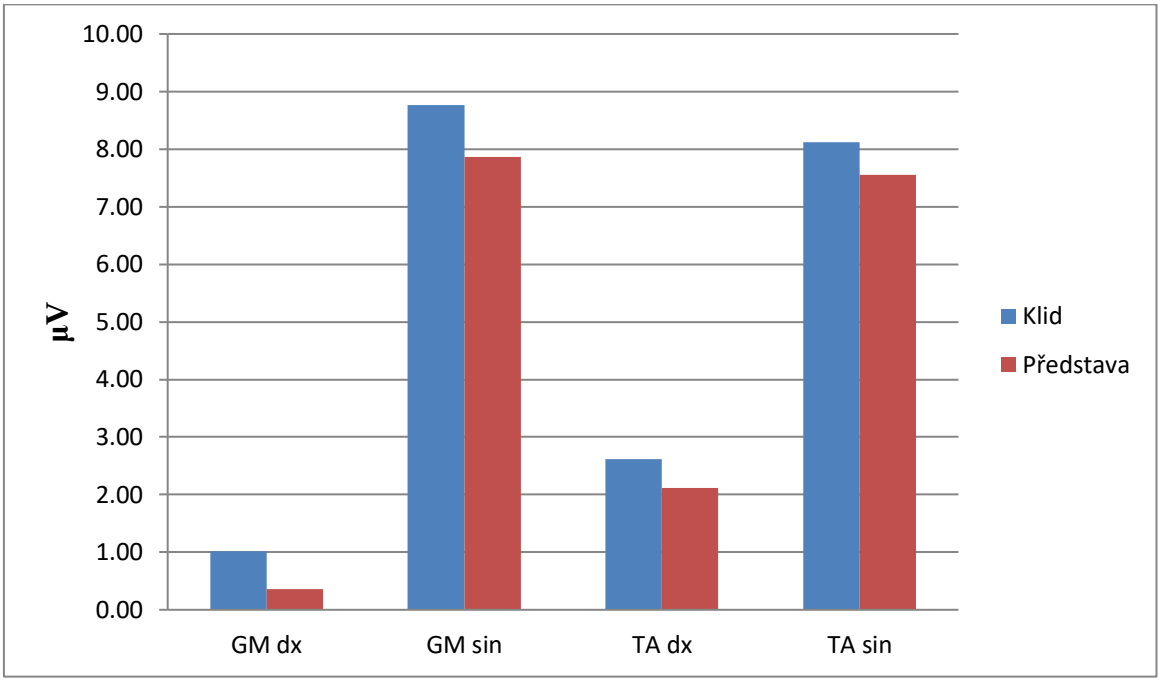
Obrázek 2 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku experimentální skupiny při chůzi na čáře

Legenda: Klid – klid před představou chůze na čáře, Představa – představa chůze na čáře, GM – gastrocnemius medialis, TA – tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister, ∗ – p< 0,05

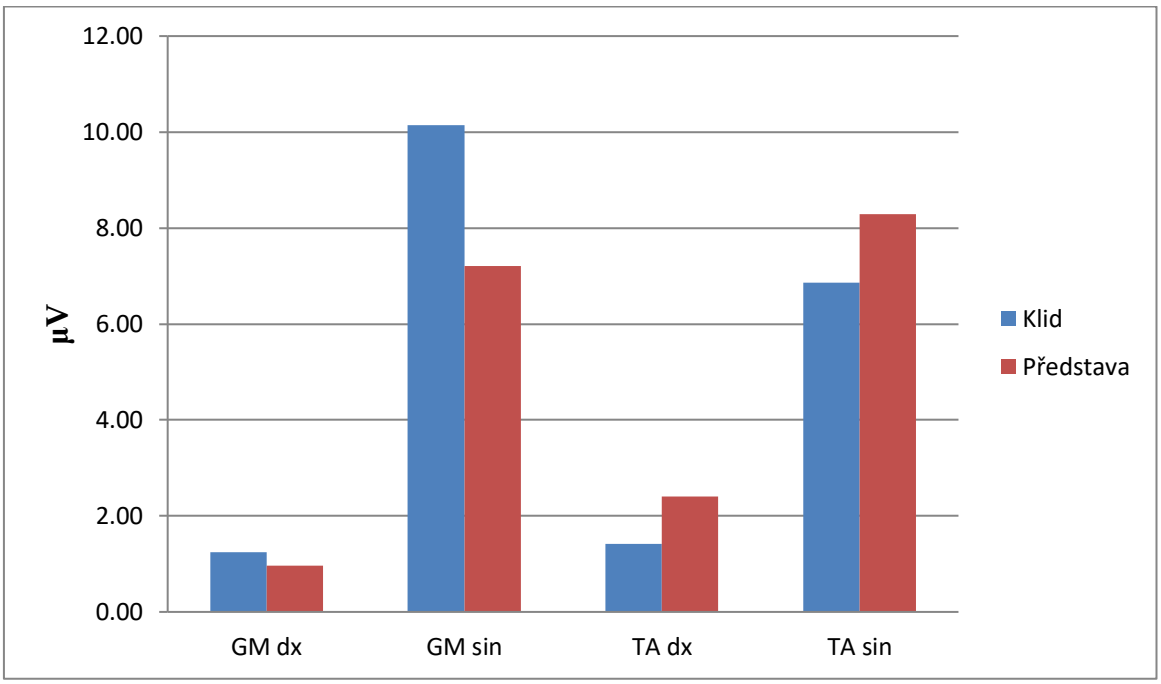


Obrázek 3 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku kontrolní skupiny při chůzi na čáře

Legenda Klid – klid před představou chůze na čáře, Představa – představa chůze na čáře, GM – gastrocnemius medialis, TA – tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister



Obrázek 4 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku experimentální skupiny při chůzi na slackline
Legenda Klid – klid před představou chůze na slackline, Představa – představa chůze na slackline, GM – gastrocnemius medialis, TA – tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister



Obrázek 5 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku kontrolní skupiny při chůzi na slackline
Legenda Klid – klid před představou chůze na slackline, Představa – představa chůze na slackline, GM – gastrocnemius medialis, TA – tibialis anterior, dx. – dexter, sin. – sinister

9.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického vyhodnocení

Hypotézu H_{01}: „Trénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," zamítáme pro m. gastrocnemius medialis dx. ($p = 0{,}021825$) a pro m. tibialis anterior sin. ($p = 0{,}046854$). Nelze zamítnout pro m. gastrocnemius medialis sin, a m. tibialis anterior dx.

Hypotézu H_{A1}: „Trénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," zamítáme pro m. gastrocnemius medialis sin. a m. tibialis anterior dx. Nelze zamítnou pro m. gastrocnemius medialis dx. a m. tibialis anterior sin.

Hypotézu H_{02}: „Netrénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis při druhém měření při chůzi po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

Hypotézu H_{A2}: „Netrénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis při druhém měření při chůzi po čáře během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," zamítáme pro všechny testované svaly.

Hypotézu H_{03}: „Při chůzi po čáře se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu neliší," zamítáme pro m. tibialis anterior dx. ($p = 0{,}045262$), nelze zamítnou pro m. gastrocnemius medialis dx. i . m. gastrocnemius medialis sin. a m. tibialis anterior sin.

Hypotézu H_{A3}: „Při chůzi po čáře se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu liší," zamítáme pro m. gastrocnemius medialis dx. i. m. gastrocnemius medialis sin a m. tibialis anterior sin., nelze zamítnout pro m. tibialis anterior dx.

Hypotézu H_{04}: „Trénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," nezamítáme pro žádný z testovaných svalů.

Hypotézu H_{A4}: „Trénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," zamítáme pro všechny testované svaly.

Hypotézu H_{05}: „Netrénující jedinci mají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

Hypotézu H_{A5}: „Netrénující jedinci nemají svalovou aktivitu m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis po tréninku chůze na slackline během klidové fáze a fáze představy pohybu stejnou," zamítáme pro všechny testované svaly.

Hypotézu H_{06}: „Při chůzi na slackline se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu neliší," nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

Hypotézu H_{A6}: „Při chůzi na slackline se svalová aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis trénujících a netrénujících jedinců při druhém měření během klidové fáze a fáze představy pohybu liší," zamítáme pro všechny testované svaly.

10 DISKUSE

Hale (1982, s. 323) uvádí, že během imaginace pohybu je vyvoláván nárůst EMG aktivity, zvláště při využití kinestetické představy. V našem experimentu jsme proto uplatnili stejnou strategii imaginace pohybu pro posouzení změn EMG aktivity. Diplomová práce je zaměřená na změny EMG aktivity během imaginace pohybu. Většina studií, které se zabývají technikami imaginace, zkoumaly vliv představy na celkové pohybové dovednosti jedince. Studovány byly schopnosti imaginace u zdravých osob, pacientů či sportovců.

10.1 Imaginace u vybraných diagnóz a ve sportu

Gandola et al. (2017, s. 3227) ve své studii posuzovali, zda se u pacientů s rhizartrózou projeví známky abnormální mozkové reprezentace pohybů rukou. Studovali pacienty s rhizartrózou, postihující převážně jednu ze dvou rukou, a porovnávali je se zdravými subjekty. Všichni testovaní podstoupili jak behaviorální, tak fMRI měření mozkové aktivity během zjevně prováděných nebo imaginárních pohybů palce. Pacienti s rhizartrózou byli oproti kontrolní skupině pomalejší jak v motorickém provedení, tak i v představivosti. Měření pomocí fMRI ukázala sníženou aktivaci motorických oblastí u pacientů pouze během reálně vykonávaných pohybů. To platilo pro obě ruce, ale ještě více pro ty nejvíce postižené. Při představě pohybu nebyly pozorovány žádné významné rozdíly. Tyto výsledky přináší zajímavé zjištění, že ortopedická porucha, omezující motoriku pacientů při absenci neurologického postižení, je dostatečná k vyvolání neurofunkčních změn v kortikální reprezentaci pohybů rukou. Podstatné zachování imaginace pohybu odlišuje neurologické vzorce rhizartrózy od vzorů úplné imobilizace nebo amputace, což naznačuje, že imaginace pohybu může být použita k posílení motorického zotavení u rhizartrózy po chirurgické léčbě (Gandola et al., 2017, s. 3227, 3235, 3237).

Pacienti se sclerosis multiplex (SM) mají dle Heremans et al. (2012, s. 1308) zachovanou stejně kvalitní schopnost tvorby imaginací pohybu jako zdraví jedinci. Pacienti se SM však vykazovali významné rozdíly v přesnosti imaginací a časové organizaci. Přesnost motorické představy pacientů se odvíjela od stavu kognitivních funkcí, ale nesouvisela s motorickými zdatnostmi. Doba potřebná pro tvorbu imaginace se lišila mezi jednotlivými částmi těla, což předpokládá souvislost s poruchou motorických funkcí.

Jowdy a Harris (1990, s. 199) zaznamenali na základě subjektivního hodnocení velké individuální rozdíly, mezi subjekty při imaginaci žonglování. Subjekty se nejvíce lišily v tom, co si skutečně představovaly. Bez ohledu na úroveň dovedností někteří jedinci uváděli

schopnost cítit, jak se míčky dotýkají jejich rukou nebo cítit, jak se jejich paže pohybují, zatímco jiní ne. Někteří měli imaginaci nekontrolovanou a měli problém představit si rychlost pohybu.

Harris a Robinson (1986, s. 105) zkoumali imaginaci u karatistů. Předmětem studie bylo, zda svalová aktivita během imaginace byla specifická pro svaly potřebné pro skutečné provedení pohybu a zda jedinci s různou úrovní dovedností využívající dvě perspektivy imaginace vykazovali různé množství svalové aktivity. Úroveň dovedností účastníka byla důležitým určujícím faktorem pro množství svalové eference přítomné během imaginace. Pokročilí studenti produkovali během představy více svalové eference a lépe reagovali na pokyny pro imaginaci. Získané zkušenosti v tréninku karate jim usnadnily schopnost efektivně využívat techniky imaginace. Výsledky tohoto výzkumu naznačují, že svalová aktivita během imaginace byla specifická pro sval, který by byl aktivován při zjevném provádění úkolu. Navzdory tomu, že byly sledovány párové svaly, sval na končetině použitý při imaginárním zdvihu paže vykazoval mnohem větší EMG aktivitu (Harris a Robinson, 1986, s. 109). V rozporu s uvedeným vlivem úrovně dovedností sportovce na množství svalové aktivity během imaginace pohybu jsou výsledky studie Jowdy a Harris (1990, s. 195). Při porovnávání EMG aktivity během imaginace pohybu žonglérů nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi zkušenými žongléry a začátečníky. Zkoumán však byl pouze m. biceps brachii, který v případě žonglérů nemusí poskytnout přesné znázornění dovedností. Na základě pozorování bylo evidentní, že subjekty s vyšší kvalifikací dovedností vyžadovali mnohem méně pohybu a používali k provedení dovednosti jiné svaly než začátečníci (Jowdy a Harris, 1990, s. 198).

10.2 EMG aktivita při imaginaci pohybu

Záznamy povrchové EMG mohou být ovlivněny typem a polohou svalových vláken. Aktivita pomalých tonických vláken nemusí být zaznamenána povrchovou EMG. Záznam EMG může zároveň postrádat aktivitu svalových vláken uložených v hloubce (Jeannerod a Frak, 1999, s. 738, Dickstein et al., 2005, s. 481). Přímé měření pomocí intramuskulární EMG, by mohlo poskytnout pohled na diferenciaci svalových vláken aktivovaných během imaginace pohybu (Guillot et al. 2008, s. 184).

Bakker et al. (1996, s. 318) zkoumali EMG aktivitu svalů paže, při představě zvedání činky. V průběhu imaginace byla zaznamenána výrazně vyšší EMG aktivita na aktivní paži na rozdíl od pasivní paže. Při imaginárním zvedání těžší činky (9 kg) byly naměřeny vyšší hodnoty EMG aktivity než při imaginaci zvedání lehčí činky (4 kg). Tyto poznatky potvrzují

výsledky Guillot et al. (2007, s. 24), kdy svalová aktivita při silné koncentrické kontrakci je významně vyšší než EMG aktivita při lehké koncentrické kontrakci. Nárůst EMG aktivity při imaginaci silově náročnějšího pohybu potvrzují také Guillot et al. (2008, s. 184). Hodnoty EMG aktivity byly vyšší, když si subjekty představovaly zvedání činky, než během klidového stavu. Během koncentrických kontrakcí došlo k nárůstu EMG aktivity ve srovnání s jinými typy kontrakcí.

V dřívějších studiích byl zkoumán také vliv výchozí polohy při představě pohybu na změny hodnot EMG aktivity. Kolářová et al. (2016, s. 424) uvedli, že u všech testovaných svalů byla ve většině experimentálních podmínek EMG aktivita během imaginací chůze v sedě významně nižší než svalová aktivita během imaginací chůze ve stoje. Poloha ve stoji ve srovnání s polohou vsedě měla tedy excitační účinek na svalovou aktivitu během představy chůze.

Allali et al. (2014, s. 1393) se ve své studii zaměřili na změny imaginace pohybu (konkrétně imaginace chůze) v závislosti na věku. Při hodnocení EMG aktivity během imaginace nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly mezi mladými a staršími jedinci. Mladí a starší účastníci vykazovali podobnou svalovou aktivitu během imaginace pohybu. Na základě výsledků lze tedy odhadnout, že hodnoty EMG aktivity během imaginace pohybu nezávisí na věku probandů.

Vand der Meulen et al. (2012, s. 461, 467) porovnávali efekt imaginace chůze ve skupině probandů s dobrou schopností imaginace a ve skupině probandů se špatnou schopností imaginace. Při sledování EMG aktivity nebyly zaznamenány signifikatní rozdíly mezi skupinami. Osoby s dobrou schopností imaginace pohybu však vykazovaly dle fMRI vyšší aktivitu motorických oblastí v mozku oproti osobám se špatnou schopností imaginace. Bylo také dokázáno, že schopnost pohybové představy a hodnoty svalové aktivity při imaginaci pohybu nevykazují závislost na pohlaví (Guillot et al., 2007, s. 21, Guillot et al., 2008, s. 1474).

Oku et al. (2011, s. 987, 991) zaznamenali signifikatní nárůst EMG aktivity při imaginaci pohybu zápěstím optori klidovým hodnotám. Se zvýšením EMG aktivity pozitivně korelovalo zvýšení kortikospinální excitability. Lze proto usoudit, že facilitacce kortikospinální excitability vyvolaná imaginací pohybu alespoň částěčně závisí na svalové aktivitě. Pomocí transkraniální magnetické stimulace byla ověřována kortikospinální excitabilita při imaginaci pohybu. Při zkoumání účinků imaginace dorzální flexe nohy došlo ke zjištění, že během imaginace dorzální flexe nohy se zvýšila kortikospinální excitabilita jak u svalu souvisejícího s pohybem (m. tibialis anterior) tak i u svalu nesouvisejícího s pohybem

(první m. interosseus dorzalis). Větší účinek nárůstu excitability byl pozorován u svalu, který vykonával pohyb. Velikost přírůstku kortikospinální dráždivosti v m. tibialis anterior během imaginace dorzální flexe nohy predikovala velikost přírůstku kortikospinální dráždivosti v m. TA během imaginace chůze (tj. subjekty s větším přírůstkem kortikospinální dráždivosti v m. TA během imaginární dorziflexe nohy také vykazovaly větší nárůst kortikospinální dráždivosti v m. TA během imaginární chůze). Toto pozorování naznačuje, že kortikospinální účinky jednoduchého úkolu imaginace mohou předpovídat kortikospinální účinky složitějšího úkolu imaginace pohybu zahrnujícího stejný sval. (Bakker et al., 2008b, s. 2523).

Cílem naší studie bylo ověřit změny svalové aktivity při imaginaci náročnějších variací chůze ve srovnání s klidovými hodnotami. Hypotéza 1 a hypotéza 2 se zabývají změnou EMG aktivity experimentální (trénující) skupiny a kontrolní (netrénující) skupiny ve fázi klidu a představy chůze na čáře v rámci vstupního a kontrolního měření. Výchozí polohou pro testování byl stoj (viz kapitola 8, str. 35).

10.2.1 EMG aktivita při imaginaci chůze na čáře

Z grafu (viz Obrázek 2, str. 41) lze vyčíst nárůst hodnot EMG aktivity při představě pohybu ve srovnání s klidovými hodnotami. Statisticky významný rozdíl by zaznamenán u svalů m. gastrocnemius dx. a m. tibialis anterior sin. Tyto poznatky souhlasí se studií Guillot et al. (2007, s. 23), kde odhalili, že při imaginaci pohybu byla zaznamenána větší EMG aktivita než v klidu. Výsledky korelují se studií Kolářová et al. (2018, in press), kdy se EMG aktivita zvýšila pro úlohu imaginace chůze ve srovnání s klidovým stavem. Hodnoceny byly proximální svaly dolních končetin – m. rectus femoris a m. biceps femoris. Suchánková (2016, s. 41) uvádí nesignifikantní zvýšení EMG aktivity v případě m. gastrocnemius medialis bilaterálně., u svalu m. tibialis anterior bilaterálně uvádí nesignifikantní pokles svalové aktivity.

V případě kontrolní skupiny (hypotéza 2) se hodnoty EMG liší. Z grafu (viz obrázek 3, str. 41) vidíme, že při chůzi na čáře došlo ke zvýšení EMG hodnot při představě oproti klidu u svalů m. gastrocnemius medialis dx. a m. tibialis anterior sin. Snížení svalové aktivity nastalo u svalů m. gastrocnemius medialis sin. a m. tibialis anterior dx. Statisticky významný rozdíl však nenastal u žádného z testovaných svalů. Z dřívějších studií je popisováno jak zvýšení EMG aktivity (Guillot et al., 2007, s. 23 a Kolářová et al., 2018, in press), tak i snížení EMG aktivity (Kolářová et al., 2016, s. 420). Gandevia et al. (1997, s. 261) uvádí, že během imaginární extenze zápěstí byly zaznamenány malé nárůsty EMG aktivity.

10.2.2 EMG aktivita při imaginaci chůze na slackline

Hypotézy 4 a 5 se zabývají změnou svalové aktivity během klidové fáze a fáze představy chůze na slackine.

V rámci experimentální skupiny došlo k poklesu svalové aktivity v průběhu imaginace pohybu ve srovnání s klidem (Viz Obrázek 4, s. 42). Signifikace výsledků však nebyla statisticky ověřena. Tyto poznatky jsou v rozporu s nedávnou studií Ondráčková (2019, s. 53), kde byla zaznamenána tendence ke zvýšení svalové aktivity při představě chůze na slackline. Hodnoceny však byly proximální svaly dolních končetin – m. rectus femoris a m. biceps femoris. Při představě chůze byly zaznamenány inhibiční účinky na svalovou aktivitu u svalu m. gastrocnemius lateralis a m. tibialis anterior (Kolářová, 2016, s. 420)

Při představě chůze na slackline v kontrolní skupině došlo k poklesu EMG aktivity oproti klidovým hodnotám ve svalech m. gastrocnemius medialis bilaterálně. Zvýšení svalové aktivity nastalo v případě m. tibialis anterior bilaterálně (viz Obrázek 5, s. 42). Suchánková (2016, s. 41) uvádí opačné výsledky – narůst svalové aktivity u m. gastrocnemius medialis bilaterálně a pokles svalové aktivity u m. tibialis anterior bilaterálně. Hodnocena však byla představa prosté chůze.

10.2.3 EMG aktivita v závislosti na tréninku imaginace pohybu

Zde uvádíme Hypotézu 3 a Hypotézu 6, které se týkají efektu tréninku imaginace pohybu napříč experimentální a kontrolní skupinou při chůzi na čáře (Hypotéza 3) a při chůzi na slackline (Hypotéza 6).

Při ověřování efektu tréninku imaginace chůze na čáře v rámci experimentální a kontrolní skupiny byly potvrzeny signifikantní výsledky v případě m. tibialis anterior dx. (Tabulka 5, s. 40). U všech ostatních testovaných svalů se neprokázal statisticky významný rozdíl. Signifikantní zvýšení EMG aktivity m. tibialis anterior po tréninku imaginace pohybu zaznamenali Cramer et al. (2007, s. 237). Zkoumali efekt tréninku imaginace pohybu u pacientů s chronickým poraněním míchy. Byla měřena EMG aktivita m. tibialis anterior. Ve skupině zdravých probandů se při pohybu EMG aktivita m. tibialis anterior signifikantně zvýšila v porovnání s klidovými hodnotami. Ve skupině pacientů s poraněním míchy se EMG aktivita při pokusu o pohyb nezvýšila.

Pro chůzi na slackline nebyl v rámci meziskupinového porovnání zaznamenán statisticky významný efekt tréninku imaginace.

Smith et al. (2019, s. 1924) se zabývali efektem imaginace a observace pohybu na svalovou aktivitu svalů horních končetin. Odhalili, že průměrná EMG aktivita

v experimentální skupině, trénující imaginaci pohybu spolu s observací pohybu, významně poklesla ve větší míře než u kontrolní skupiny.

Během imaginace chůze je realizovatelné EEG dekódování fází stoje a švihu. Nejpřesnějších výsledků dekódování je dosaženo při kombinovaném použití představy pohybu spolu s observací pohybu. Zlepšená přesnost dekódování může být odvozena ze současného zapojení kortikálních aktivací souvisejících se senzomotorickými, vizuálními a akčními systémy spojenými s imaginací a observací pohybu (Yokoyama et al., 2021, s. 7).

Task-oriented kruhový trénink v kombinaci s představou pohybu, byl prospěšnější pro zlepšení chůze u pacientů s cévní mozkovou příhodou ve srovnání s konvenčním rehabilitačním programem. Došlo ke zlepšení celkové funkční chůze, rychlosti chůze, vytrvalosti a ADL související s chůzí. Bylo také pozorováno snížení abnormální odchylky chůze (Verma et al., 2011, s. 629).

Individualizovaný, specifický funkční task-oriented mentální trénink přidaný ke konvenční fyzikální terapii, podpořil lepší funkci paretické horní končetiny a zvýšil kinestetické a vizuální schopnosti motorické představy u jedinců s chronickou cévní mozkovou příhodou. Po tréninku motorických představ došlo ke zvýšení rychlosti chůze. Toto zjištění naznačuje, že specifický mentální trénink by mohl zvýšit mobilitu. Všechny subjekty hlásily zlepšení související s jejich primárními potížemi, např. začali používat svou paretickou horní končetinu během denních funkcí a snížili své vzorce flexe HK během postoje a chůze. Tyto posturální změny a zvýšení rychlosti chůze mohou být způsobeny zvýšeným používáním paretické končetiny k provádění manuálních úkolů, čímž se snižuje jeho potřeba posturálních úprav. Současné funkční změny mají potenciální klinický význam a naznačují, že takové změny by mohly být pozorovány bez intenzivní fyzické praxe a/nebo drahého vybavení, což může být v klinickém kontextu nepraktické (Santos-Couto-Paz, Teixeria-Salmela a Tierra-Criollo, 2013, s. 569).

Beauchet et al. (2014, s. 3, 6) využili pro svoji studii s využitím imaginace Timed Up and Go Test (TUG test). Porovnávána byla skupina zdravých probandů, jedinců s mírnou kognitivní poruchou a jedinců s Alzheimerovou chorobou a souvisejícími poruchami. Nejprve byli účastníci požádáni o reálné provedení TUG testu. Následně klidně seděli na židli a snažili se právě provedený TUG test představovat. Doba provedení obou situací byla měřena stopkami. Z výsledků vyplývá, že jedinci s mírnou kognitivní poruchou prováděli představovaný TUG rychleji než reálné provedení TUG testu ve srovnání se zdravými jedinci. Na základě výsledků lze použít představovaný TUG test jako biomarker mírné kognitivní poruchy u starších dospělých.

10.3 Trénink imaginace pohybu

Trénink imaginace pohybu je podrobněji prozkoumán v souvislosti s učením či zdokonalováním určitých dovedností. Dále je využíván jako prevence pádů nebo úrazů při sportovních výkonech.

Ze studií, které zkoumaly účinky imaginace pohybu ve sportu, vyplynulo po tréninku imaginace usnadnění učení dovedností, strategie či provedení. Dále modifikace kognitivních funkcí spojených se sebevědomím, sebedůvěrou, úsilím nebo s motivací. Bylo dosaženo také regulace soutěživé úzkosti. Fontani et al. (2007, s. 814, 815) uvádí, že během motorických činnosti a imaginací došlo ke snížení rychlosti svalové kontrakce současně se zvýšením svalové síly. Zlepšení svalové síly a výkonu vede k závěru, že pohybové imaginace by mohly být užitečnou metodou k učení a osvojování motorických dovedností. Imaginace se jeví jako vhodná strategie ve sportech, zejména pokud jsou založeny na specifických technických dovednostech. Využití se zdá být přínosné pro budování a upevnění motorických sekvencí a ke zlepšení svalového výkonu. Zbývá však upřesnit optimální množství a trvání tréninku imaginace v rámci celkového tréninkového programu (Fontani et al., 2007, s. 823).

Schopnost vytvářet přesné mentální představy je pro každého individuální, což naznačuje, že osoby s dobrou a špatnou schopností imaginace pohybu nemusí dosahovat podobného zlepšení výkonu po tréninku imaginací (Guillot a Collet, 2008, s. 32). Zlepšení výkonu lze dosáhnout správným stanovení rozsahu tréninku imaginace. Cvičení motorických představ ve vyšší míře prokázala lepší motorické učení ve srovnání s těmi, kteří absolvovali trénink motorických představ s nižší mírou. Navíc jedinci, kteří cvičili složité úkoly, zlepšili motorické učení mnohem lépe než ti, kteří cvičili jednoduché úkoly (Heena et al., 2021, s. 8).

Chen et al. (2022, s. 606) popisuje imaginaci pohybu jako vhodný přístup k obohacení tréninku baseballistů. Pokud je cílem sportovního tréninku rozvoj nebo zdokonalení pálkařských technických dovedností, je imaginace pohybu spolu s video projekcí a virtuální realitou vhodným přístupem.

Oh a Choi (2021, s. 7) se zabývali ve své studii účinky tréninku imaginace pohybu na rovnováhu a chůzi. Porovnávali mezi sebou tři skupiny probandů, kdy první skupina prováděla trénink imaginace pohybu, druhá skupina prováděla task-oriented trénink a třetí byla kontrolní skupina. Pro hodnocení chůze byl použit Timed Up and Go Test (TUG test). Výsledky post-hoc analýzy ukázaly, že nejvýraznější pokles času pro provedení TUG testu ze všech tří skupin vykazovala skupina trénující imaginaci pohybu. Hodnocení chůze před a po intervenci odhalilo významné zvýšení rychlosti, kadence a délky kroku u obou

experimentálních skupin ve srovnání s kontrolní skupinou. Velikost báze opory významně poklesla po intervenci pouze u skupiny trénující imaginaci pohybu. Podle výsledků se délka kroku prodloužila významně více u osob trénujících imaginaci ve srovnání s kontrolní skupinou. V rámci porovnání experimentálních skupin však nebyl žádný významný rozdíl (Oh, Choi 2021, s. 8).

Z výsledků některých studií vyplývá, že nejefektivnějších výsledků je dosaženo při kombinaci tréninku imaginací pohybu spolu s observací pohybu. Šestitýdenní trénink, při kterém se střídala imaginace pohybu s observací, vedl ke zlepšení výkonu ve větší míře než samotné intervence observace a imaginace pohybu. Studie Smith et al. (2019, s. 1925) vykazovala významné snížení agonistického m. biceps brachii během fáze flexe až do bodu uvolnění a m. triceps brachii během fáze flexe do extenze pohybu při vrhu šipek. Kombinace observace spolu s imaginací pohybu také vedla k významnému snížení maximální úhlové rychlosti ve srovnání s nezávislými observacemi, imaginacemi a kontrolní skupinou v úloze vrhu šipkami. Tato studie proto poskytuje důkaz, že kombinace intervencí observace a imaginace pohybu v šestitýdenním období tréninku může způsobit mírné, ale v praxi důležité změny ve svalové aktivaci a kinematických parametrech pohybu.

Efekt tréninku imaginace pohybu může být patrný již po jednom týdnu každodenního tréninku. Grosprêtre et al. (2017, s. 217) zaznamenali po týdnu tréninku imaginace zlepšení svalového výkonu. Tento větší výkon byl doprovázen větší EMG aktivitou zaznamenanou ve svalech m. soleus a m. gastrocnemius medialis. Paralelně s tímto zvýšením byly také pozorovány spinální a supraspinální adaptace ve smyslu zvýšení supraspinálního řízení a zvýšené spinální excitabilitě v klidu. Bae et al. (2015, 3246, 3247) odhalili po čtyřtýdenním tréninku zahrnujícím balanční trénink v kombinaci s imaginací, že kombinace fyzického a mentálního tréninku má lepší účinek na chůzi a rovnováhu než samostatný balanční trénink u pacientů v subakutní fázi CMP. Podobných výsledků dosáhli také Cho, Kim a Lee (2013, s. 677, 678). U pacientů s chronickou CMP byla šestitýdenní intervence imaginace pohybu v kombinaci s tréninkem chůze účinnější než samostatný trénink chůze. Dosaženo bylo zlepšení chůze a zlepšení schopností rovnováhy. Trénink imaginace pohybu se jeví jako vhodný doplněk pro obnovu funkce horních končetin u dětí s hemiparetickou dětskou mozkovou obrnou (Souto et al., 2020, s. 59).

Dvouměsíční dodatečný trénink imaginace pohybu spolu s observací pohybu vedly k lepším výsledkům funkční a kognitivní rehabilitace u pacientů s totální endoprotézou kyčelního kloubu než s využitím samotného standardního rehabilitačního programu. Kombinace prostředků vedla k urychlení a zlepšení akutní fáze rehabilitace. Intervenční

skupina měla lepší výsledky než kontrolní subjekty v testech, které měřily funkční mobilitu a překračování překážek, což byly úkoly, které byly součástí mentálního tréninku. U úkolů, které nebyly mentálně trénovány (statická rovnováha) nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi intervenční a kontrolní skupinou. Tyto poznatky podtrhují specifičnost úkolu intervence mentálního tréninku (Marusic et al., 2018, s. 4-5).

10.4 Imaginace pohybu v kontextu posturální stability

Cvičení imaginace pohybu může významně zvýšit motorický výkon komplexního posturálního úkolu. Již malé množství procvičování představ pohybu bez jakékoli fyzické praxe může být dostatečné k ovlivnění posturální kontroly (Saruco et al., 2017 s. 4).

Oh a Choi (2021, s. 7) zkoumali vliv tréninku imaginace na prevenci pádů u starších jedinců. Pro predikci rizika pádu použili Berg Balance Scale. Významné zvýšení skóre škály bylo zaznamenáno u skupiny provádějící trénink imaginace pohybu a u skupiny provádějící task-oriented trénink ve srovnání s kontrolní skupinou. Podle výsledků post-hoc analýzy se skóre významně zvýšilo u skupiny trénující imaginaci pohybu ve srovnání s oběma skupinami.

Z výsledků studie Grangeon, Guillot a Collet (2011, s. 54) vyplývá, že imaginace pohybu ovlivňuje posturální kontrolu snížením posturálních výchylek a délky dráhy. Snížení posturálních výchylek může být vysvětleno zaměřením pozornosti na mentální úkol, čímž je zajištěna automatičtější a efektivnější posturální kontrola. Potenciální podprahová svalová aktivita při představě pohybu naznačuje absenci inhibice posturálních úprav během imaginace. V důsledku toho, zatímco příkazy pro provedení pohybu mohou být blokovány, příkazy pro řízení nastavení polohy, nikoli. Tyto výsledky otevírají možnost použití imaginace pohybu k prozkoumání neurofyziologických korelátů kontroly chůze u neurologických pacientů s poruchami chůze. Při využití imaginace pohybu u pacientů po CMP se v experimentální i kontrolní skupině významně zlepšila funkční mobilita a rovnováha. V experimentální skupině s tréninkem imaginace pohybu však byly rozdíly významně větší než v kontrolní skupině. Z fáze sledování se ukázalo, že efekt mentálního cvičení přetrvává i přes ukončenou intervenci tréninku imaginace. Tyto účinky mohou souviset se skutečností, že pacienti po ukončení intervence pokračují v používání imaginace jako strategie (Hosseini et al., 2012, s. 265).

10.5 Limity studie

Limitem naší studie může být malý vzorek probandů (20 osob), což může ovlivnit především meziskupinové srovnání efektu tréninku imaginace. Počet probandů ovlivnila náročnost plánování a časová náročnost vstupního i výstupního měření pro zachování stejných podmínek u všech probandů. Konečné množství osob také ovlivnila pandemie Covid-19 z důvodu vládních nařízení, uzavřeného přístupu do kineziologické laboratoře či případných onemocnění a karantén účastníků experimentu.

Možným limitem studie je také vznik chyby při přípravě na měření. Nepřesnost může vzniknout nesprávnou palpací bříška svalu, což vede k nepřesnému nalepení elektrody, dále nedostatečným očištěním kožního povrchu, který způsobí nedokonalé přilnutí elektrody. Zmíněné situace mohou ovlivnit kvalitu EMG signálu.

V souvislosti s trénikem imaginací jsme závislí na zpětné vazbě a slovním hodnocení probanda. Stejně tak samotná imaginace pohybu je velice subjektivním dějem, který nejsme schopni v podmínkách laboratoře objektivně kontrolovat. Konečné výsledky mohou být touto skutečností jistě ovlivněny.

Určitým limitem studie může být zvolení metody povrchové elektromyografie, která nezaznamená EMG aktivitu ze svalových vláken uložených hlouběji. Povrchová EMG však byla zvolena z důvodu jednoduché a rychlé aplikace a zároveň zachování neinvazivního charakteru měření. V některých z minulých studií zkoumajících představu pohybu je doporučeno užití intramuskulární EMG pro zvýšení přesnosti měření.

Některé studie umožňují představu pohybu se zavřenýma očima. V našem případě byla zvolena imaginace při otevřených očích, kdy zrak směřoval do bílého plátna. Někteří probandi udávali, že se zavřenýma očima se jim představa pohybu provádí lépe. Otevřené oči v průběhu imaginace tak mohly ovlivnit subjektivní schopnost představy, protože provedení imaginace je pro každého jedince značně individuální.

10.6 Přínos do praxe

Imaginace pohybu je uživána v rámci mnoha oborů, mezi které patří medicína, vzdělávání, psychologie, hudba či sport (Schuster et al., 2011, s. 3). Využití může být jak u zdravých osob, tak i u těžce postižených jedinců.

Využití metod imaginace je časté u neurologicky nemocných pacientů či osob jinak postižených, kteří nejsou schopni aktivně vykonávat náročnější pohybové aktivity. Díky přítomnosti podrahové svalové aktivity a facilitace motorických center mozku se imaginace jeví jako účinný doplňek pasivní terapie těžce postižených jedinců. U pacinetů po akutních

úrazech může být imaginace nápomocná pro zachování motorické paměti dříve naučených pohybových stereotypů. Je tak usnadněna následná rehabilitace a návrat do života. Protože byla potvrzena podprahová svalová aktivita související přímo s představovaným pohybem, díky cvičení v představě může být po zlepšení celkového stavu organismu usnadněna vertikalizace a chůze. U neurologických pacientů byly zaznamenány zráty mentálních představ, je tedy třeba před zahájením tréinku imaginace ověřit zachování schopností pohybové imaginace (Farah, 1984, s. 268).

Zajímavé je využití motorických imaginací ve sportu pro naučení a osvojení nových dovedností. Praktické je pojetí představy jako příprava na pohyb, což snižuje riziko vzniku úrazů. Zbývá doplnit přesné podmínky pro cvičení imaginace a časové zařazení do celkového tréninkového plánu (Fontani et al., 2007, s. 823). Otázkou je zachování míry motivace cvičení v představě pro mladé a zdravé jedince.

Výhodou cvičení v představě je snadná použitelnost metody a srozumitelnost pro pacienty. Bezproblémové pochopení vychází z předchozí zkušenosti se stereotypními pohyby. Metoda imaginace je ekonomicky nenáročná a bezpečná (Carrasco a Cantalapiedra, 2016, s. 51). Díky snadnému pochopení a nenáročnosti provedení mohou být cvičící pozitivně motivováni k provádění imaginací bez dohledu a pomoci další osoby (Kim et al., 2010, s. 142, 143).

11 ZÁVĚR

Imaginace pohybu se stává častým předmětem zkoumání. Probandy pro měření v diplomové práci tvořili mladí, zdraví jedinci. Většina předchozích studijí popisujících imaginaci pohybu se zabývá zkoumáním neurologických pacientů či starších jedinců. Efekt imaginace je často hodnocen přímým zlepšením motorických schopností, zlepšení schopností chůze, zlepšením balančních schopností i celkového výkonu.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv tréninku imaginace pohybu na změny EMG aktivity distálních svalů obou dolních končetin (m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis) při představě chůze na čáře a představě chůze na slackline. Obě situace byly měřeny ve výchozí poloze ve stoji při zachování konstantních podmínek měření.

V rámci diplomové práce byly v případě experimentální skupiny při imaginaci chůze na čáře zjištěny signifikantní změny EMG aktivity u m. gastrocnemius medialis dx. a m. tibialis anterior sin. Svalová aktivita během imaginace chůze na čáře měla tendenci se zvyšovat oproti klidovým hodnotám. Během imaginace chůze na slackline nebyly zaznamenány signifikantní změny svalové aktivity, svalová aktivita během imaginace chůze na slackline měla klesající tendenci oproti klidovým hodnotám.

Kontrolní skupina nevykazovala signifikantní změny EMG aktivity při představě chůze na čáře. Svalová aktivita měla rostoucí tendenci v případě m. gastrocnemius dx. a m. tibialis anterior sin, klesající tendence jevila svalová aktivita m. gastrocnemius medialis sin. a m. tibialis anterior dx. Při druhém testovaném úkolu – při představě chůze na slackline kontrolní skupiny nebyly zaznamenány signifikantní změny ve všech z testovaných svalů. EMG aktivita měla klesající tendenci u svalů m. gastrocnemius medialis dx. a sin., stoupající hodnoty lze vyčíst u svalů m. tibialis anterior dx. a sin.

Součástí měření byl trénink imaginace pohybu po dobu 14 dní. Z výsledku vyplývá, že signifikantní výsledky efektu tréninku imaginace byly zaznamenány při imaginaci chůze na čáře v případě pravého m. tibialis anterior. U ostatních zkoumaných svalů nebyly přítomny statisticky významné rozdíly v rámci meziskupinového porovnání. Pro stanovení efektu tréninku imaginace chůze na slackline nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly EMG aktivity ve všech z testovaných svalů.

Na základě výsledků naší studie můžeme vyvodit, že imaginace chůze má vliv na změny EMG aktivity svalů dolních končetin. Také při zkoumání efektu tréninku

imaginace byla zaznamenána signifikantní změna, což svědčí o pozitivním účinku tréninku imaginace.

Imaginaci pohybu lze považovat za použitelnou a účinnou metodu ke zlepšení funkční mobility a posturální rovnováhy. Přínosná může být hlavně snadná použitelnost a srozumitelnost pro pacienty i zdravé jedince. Aplikace imaginace pohybu díky ekonomické proveditelnosti spolu s tím, že je považována za bezpečnou metodu terapie, může podpořit klinické kompetence fyzioterapeutů a ostatních zdravotníků.

REFERENČNÍ SEZNAM

ALLALI, G., VAN DER MEULEN, M., BEAUCHET, O., RIEGER, S. W., VUILLEUMIER, P., ASSAL, F. 2014. The Neural Basis of Age-Related Changes in Motor Imagery of Gait: An fMRI Study. *The Journals of Gerontology: Series A* [online]. 69(11), 1389-1398 [cit. 2022-07-26]. ISSN 1758-535X. Dostupné z: doi:10.1093/gerona/glt207

ANNETT, J. 1995. Motor imagery: Perception or action?. *Neuropsychologia* [online]. 33(11), 1395-1417 [cit. 2022-01-18]. ISSN 00283932. Dostupné z: doi:10.1016/0028-3932(95)00072-B

BAE, Y.-H., KO, Y., HA, H., AHN, S. Y., LEE, W., LEE, S. M. 2015. An efficacy study on improving balance and gait in subacute stroke patients by balance training with additional motor imagery: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 27(10), 3245-3248 [cit. 2022-01-13]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.3245

BAI, O., HUANG, D., FEI, D.-Y., KUNZ, R. 2014. Effect of real-time cortical feedback in motor imagery-based mental practice training. *NeuroRehabilitation* [online]. 34(2), 355-363. Dostupné z: doi: 10.3233/nre-131039

BAKKER, F. C., BOSCHKER, M. S. J., CHUNG, T. 1996. Changes in Muscular Activity while Imagining Weight Lifting Using Stimulus or Response Propositions. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 18(3), 313-324 [cit. 2022-01-25]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.18.3.313

BAKKER, M., DE LANGE, F.P., HELMICH, R. C., SCHEERINGA, R., BLOEM, B. R., TONI, I. 2008a. Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait. *NeuroImage* [online]. 41(3), 998-1010 [cit. 2022-05-17]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.020

BAKKER, M., OVEREEM, S., SNIJDERS, A. H., BORM, G., VAN ELSWIJK, G., TONI, I., BLOEM, B. R. 2008b Motor imagery of foot dorsiflexion and gait: Effects on corticospinal excitability. *Clinical Neurophysiology* [online]. 119(11), 2519-2527 [cit. 2022-05-9]. ISSN 13882457. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2008.07.282

BEAUCHET, O., LAUNAY, C. P., SEJDIĆ, E., ALLALI, G., ANNWEILER, C. 2014. Motor imagery of gait: a new way to detect mild cognitive impairment?. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 11(1), 1-7 [cit. 2022-07-15]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/1743-0003-11-66

BASMAJIAN, J. V. 1967. Electromyography: Its Structural and Neural Basis [online]. In:Elsevier, 129-140 [cit. 2022-01-29]. *International Review of Cytology*. ISBN 9780123643216. Dostupné z: doi:10.1016/S0074-7696(08)60813-X

BETTS, G. H. 1909. The distribution and functions of mental imagery. New York: Teachers College, Columbia University. ISBN 0404550266, 9780404550264, https://archive.org/details/distributionfunc00bettuoft/page/16/mode/2up

BINKOFSKI, F., FINK, G. R., GEYER, S., BUCCINO, G., GRUBER, O., SHAH N.J., TAYLOR, J. G., SEITZ, R. J., ZILLES, K. 2002. Neural Activity in Human Primary Motor Cortex Areas 4a and 4p Is Modulated Differentially by Attention to Action. *Journal of Neurophysiology* [online]. 88(1), 514-519 [cit. 2022-01-26]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.2002.88.1.514

BOHAN, M., PHARMER, J. A., STOKES, A. F. 1999. When Does Imagery Practice Enhance Performance on a Motor Task?. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 88(2), 651-658 [cit. 2022-05-25]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/pms.1999.88.2.651

CARRASCO, D. G., CANTALAPIEDRA, J. A. 2016. Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurologia (Barcelona, Spain)* [online]. 31(1), 43-52, [cit. 2021-01-29]. ISSN 15781968. Dostupné z: doi:10.1016/j.nrl.2013.02.003

CRAMER, S. C., ORR, E. L. R., COHEN, M. J., LACOURSE, M. G. 2007. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Experimental Brain Research* [online]. 177(2), 233-242 [cit. 2022-07-16]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0662-9

DICKSTEIN, R., DUNSKY, A., MARCOVITZ, E. 2004. Motor Imagery for Gait Rehabilitation in Post-Stroke Hemiparesis. *Physical Therapy* [online]. 84(12), 1167-1177 [cit. 2022-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/84.12.1167

DICKSTEIN, R., GAZIT-GRUNWALD, M.. PLAX, M., DUNSKY, A., MARCOVITZ, E. 2005. EMG Activity in Selected Target Muscles During Imagery Rising on Tiptoes in Healthy Adults and Poststroke Hemiparetic Patients. *Journal of Motor Behavior* [online]. 37(6), 475-483 [cit. 2022-01-29]. ISSN 00222895. Dostupné z: doi: 10.3200/JMBR.37.6.475-483.

DI RIENZO, F., BLACHE, Y., KANTHACK, T. F. D., MONTEIL, K., COLLET C., GUILLOT, A. 2015. Short-term effects of integrated motor imagery practice on muscle activation and force performance. *Neuroscience* [online]. 305, 146-156 [cit. 2022-01-12]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2015.07.080

DONATH, L., ROTH, R., RUEEGGE, A., GROPPA, M., ZAHNER, L., FAUDE, O. 2013. Effects of Slackline Training on Balance, Jump Performance & Muscle Activity in Young Children. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 34 (12), 1093-1098 [cit. 2022-01-28]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-0033-1337949

DONATH, L., ROTH, R., ZAHNER, L., FAUDE, O. 2016. Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 26(3), 275-283 [cit. 2022-01-27]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12423

DOYON, J., OWEN, A. M., M., PETRIDES, M., SZIKLAS, V., EVANS, A.C. 1996, Functional Anatomy of Visuomotor Skill Learning in Human Subjects Examined with

Positron Emission Tomography. *European Journal of Neuroscience* [online]. 8(4), 637-648 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0953816X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1460-9568.1996.tb01249.x

DUNSKY, A., DICKSTEIN, R., MARCOVITZ, E., LEVY, S., DEUTSCH, J. 2008. Home-Based Motor Imagery Training for Gait Rehabilitation of People With Chronic Poststroke Hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 89(8), 1580-1588 [cit. 2022-07-07]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2007.12.039

FARAH, M. J. 1984. The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition* [online]. 18(1-3), 245-272 [cit. 2022-01-18]. ISSN 00100277. Dostupné z: doi:10.1016/0010-0277(84)90026-X

FONTANI, G., MIGLIORINI, S., BENOCCI, R., FACCHINI, A., CASINI, M., CORRADESCHI, F. 2007. Effect of Mental Imagery on the Development of Skilled Motor Actions. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 105(3), 803-826 [cit. 2022-07-20]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/pms.105.3.803-826

GANDEVIA, S. C., WILSON, L. R., INGLIS, J. T., BURKE, D. 1997. Mental rehearsal of motor tasks recruits α-motoneurones but fails to recruit human fusimotor neurones selectively. *The Journal of Physiology* [online]. 505(1), 259-266 [cit. 2022-07-15]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-7793.1997.259bc.x

GANDOLA, M., BRUNO, M., ZAPPAROLI, L., SAETTA, G., RELANDI, E., DE SANTIS, A., BANFI, G., ZERBI, A., SANSONE, V., PAULESU, E. 2017, Functional brain effects of hand disuse in patients with trapeziometacarpal joint osteoarthritis: executed and imagined movements, *Experimental brain research* [online]. 235(10), 3227–3241, [cit. 2021-01-30]. ISSN 14321106. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-017-5049-6

GIBOIN, L.-S., LOEWE, K., HASSA, T., KRAMER, A., DETTMERS, C., SPITERI, S., GRUBER, M., SCHOENFELD, M. A. 2019. Cortical, subcortical and spinal neural correlates of slackline training-induced balance performance improvements. *NeuroImage* [online]. 202 [cit. 2022-01-28]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2019.116061

GORDON, R. 1949. An investigation into some of the factors that favour the formation of stereotyped images. *British Journal of Psychology. General Section* [online]. 39(3), 156-167 [cit. 2022-01-29]. ISSN 03732460. Dostupné z: doi:10.1111/j.2044-8295.1949.tb00215.x

GRANACHER, U., ITEN, N., ROTH, R., GOLLHOFER, A..2010. Slackline Training for Balance and Strength Promotion. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 31(10), 717-723 [cit. 2022-07-18]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-0030-1261936

GRANGEON, M.,GUILLOT, A., COLLET, C. 2011. Postural Control During Visual and Kinesthetic Motor Imagery. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. 36(1), 47-56 [cit. 2022-07-13]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-011-9145-2

GREGG, M., HALL, C., BUTLER, A. 2010. The MIQ-RS: A Suitable Option for Examining Movement Imagery Ability. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 7(2), 249-257 [cit. 2022-01-29]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1093/ecam/nem170

GROSPRÊTRE, S., JACQUET, T., LEBON, F., PAPAXANTHIS C., MARTIN, A. 2017. Neural mechanisms of strength increase after one-week motor imagery training. *European Journal of Sport Science* [online]. 18(2), 209-218 [cit. 2022-07-01]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2017.1415377

GUILLOT, A., COLLET, C. 2008. Construction of the Motor Imagery Integrative Model in Sport: a review and theoretical investigation of motor imagery use. *International Review of Sport and Exercise Psychology* [online]. 1(1), 31–44 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: doi:10.1080/17509840701823139

GUILLOT, A., COLLET, C., NGUYEN, V. A., MALOUIN, F., RICHARDS, C., DOYON, J. 2008, Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery. *NeuroImage* [online]. 41(4), 1471-1483 [cit. 2022-01-30]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.042

GUILLOT, A., COLLET, C., NGUYEN, V. A., MALOUIN, F., RICHARDS, C., DOYON, J. 2009. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: An fMRI study. *Human Brain Mapping* [online] 30(7), 2157-2172 [cit. 2022-06-27]. ISSN 10659471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.20658

GUILLOT, A., LEBON, F., ROUFFET, D., CHAMPELY, S., DOYON, J., COLLET, C. 2007. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology* [online]. 66(1), 18-27 [cit. 2022-01-30]. ISSN 01678760. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpsycho.2007.05.009

HALE, B. D. The Effects of Internal and External Imagery on Muscular and Ocular Concomitants. *Journal of Sport Psychology* [online]. 1982, 4(4), 379-387 [cit. 2022-05-1]. ISSN 0163-433X. Dostupné z: doi:10.1123/jsp.4.4.379

HALL, C. R., Martin, K. A. 1997. Measuring movement imagery abilities: A revision of the movement imagery questionnaire. *Journal of Mental Imagery* [online]. 21(1-2), 143-154. [cit. 2022-06-15].

HEENA, N., ZIA, N. U., SEHGAL, S., ANWER, S., ALGHADIR, A., LI, H. 2021. Effects of task complexity or rate of motor imagery on motor learning in healthy young adults. *Brain and behavior* [online]. 11(11), [cit. 2022-01-29]. ISSN 21623279. Dostupné z: doi:10.1002/brb3.2122

HEREMANS, E., D'HOOGE, A.-M., DE BONDT, S., HELSEN, W., FEYS, P. 2012. The relation between cognitive and motor dysfunction and motor imagery ability in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal* [online]. 18(9), 1303-1309 [cit. 2022-01-29]. ISSN 1352-4585. Dostupné z: doi:10.1177/1352458512437812

HOSSEINI, S. A., FALLAHPOUR, M., SAYADI, M., GHARIB, M., HAGHGOO, H. 2012. The impact of mental practice on stroke patients' postural balance. *Journal of the Neurological Sciences* [online]. 322(1-2), 263-267 [cit. 2022-07-14]. ISSN 0022510X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jns.2012.07.030

HUBER, P., KLEINDL, R. 2010. A CASE STUDY ON BALANCE RECOVERY IN SLACKLINING. International Symposium on Biomechanics in Sports: Conference Proceedings Archive [online]. 28, 1-4 [cit. 2022-07-18]. ISSN 19994168

CHEN, W.-H., CHIU, Y.-C., LIU, C., CHAN, M.-S., FIOLO, N. J., SHIANG, T.-Y. 2022. A biomechanical comparison of different baseball batting training methods. *International Journal of Sports Science & Coaching* [online]. 17(3), 599-608 [cit. 2022-07-20]. ISSN 1747-9541. Dostupné z: doi:10.1177/17479541211036232

CHO, H., KIM, J., LEE, G.-C. 2013. Effects of motor imagery training on balance and gait abilities in post-stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 27(8), 675-680 [cit. 2022-07-01]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215512464702

ISAAC, A., MARKS, D. F, RUSSELL, D. G. 1986. An instrument for assessing imagery of movement: The vividness of movement imagery questionnaire (VMIQ*). Journal of Mental Imagery*, 10, 23-30.

ISEKI, K., HANAKAWA, T., SHINOZAKI, J., NANKAKU, M., FUKUYAMA, H. 2008. Neural mechanisms involved in mental imagery and observation of gait. *NeuroImage* [online]. 41(3), 1021-1031 [cit. 2022-07-15]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.010

JACKSON, P. L., LAFLEUR, M. F., MALOUIN, F., RICHARDS, C., DOYON, J. 2001. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 82(8), 1133-1141 [cit. 2022-05-26]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1053/apmr.2001.24286

JACOBSON, E. 1932, Electrophysiology of Mental Activities. *The American Journal of Psychology* [online]. 44(4) [cit. 2022-01-30]. ISSN 00029556. Dostupné z: doi:10.2307/1414531

JAHN, K., DEUTSCHLÄNDER, A., STEPHAN, T., STRUPP, M., WIESMANN, M., BRANDT T. 2004, Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage* [online]. 22(4), 1722-1731 [cit. 2022-01-30]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2004.05.017

JEANNEROD, M. 1994. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*. [online]. 17, 1419-1432, [cit. 2021-01-20]. ISSN 1469- 1825. Dostupné z: doi:10.1017/S0140525X00034026. Dostupné z: https://www.cambridge.org

JEANNEROD, M., DECETY, J. 1995. Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Current opinion in neurobiology* [online]. 5(6), 727-732, [cit. 2021-01-09]. ISSN 09594388. Dostupné z: doi:10.1016/0959-4388(95)80099-9

JEANNEROD, M., FRAK, V. 1999. Mental imaging of motor activity in humans. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. 9(6), 735-739 [cit. 2022-07-15]. ISSN 09594388. Dostupné z: doi:10.1016/S0959-4388(99)00038-0

JOWDY, D. P., HARRIS, D. V. 1990. Muscular Responses During Mental Imagery as a Function of Motor Skill Level. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 12(2), 191-201 [cit. 2022-05-9]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.12.2.191

KADABA, M. P., WOOTTEN, M. E., GAINEY, J., COCHRAN, G. V. B. 1985. Repeatability of phasic muscle activity: Performance of surface and intramuscular wire electrodes in gait analysis. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 3(3), 350-359 [cit. 2022-07-20]. ISSN 0736-0266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.1100030312

KALICINSKI, M., RAAB, M. 2014. Task requirements and their effects on imagined walking in elderly. *Aging clinical and experimental research* [online]. 26(4), 387-93, [cit. 2021-01-30]. ISSN 17208319. Dostupné z: doi:10.1007/s40520-013-0184-9

KELLER, M., PFUSTERSCHMIED, J., BUCHECKER, M., MÜLLER, E., TAUBE, W. 2011. Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 22(4), 471-477 [cit. 2022-01-28]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01268.x

KIM, J.-S., OH, D. W., KIM, S.-Y. CHOI, J.-D. 2010. Visual and kinesthetic locomotor imagery training integrated with auditory step rhythm for walking performance of patients with chronic stroke. *Clinical Rehabilitation* [online]. 25(2), 134-145 [cit. 2021-01-29]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215510380822

KIPRIJANOVSKA, I., GJORESKI, H., GAMS, M. 2020. Detection of Gait Abnormalities for Fall Risk Assessment Using Wrist-Worn Inertial Sensors and Deep Learning. *Sensors* [online]. 20(18), 1-21 [cit. 2022-01-20]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20185373

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

KOLÁŘOVÁ, B., KROBOT, A., POLEHLOVÁ, K., HLUŠTÍK, P., RICHARDS, J. D. 2016. Effect of Gait Imagery Tasks on Lower Limb Muscle Activity With Respect to Body Posture. *Perceptual and Motor Skills* [online]., 122(2), 411-431 [cit. 2022-05-15]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.1177/0031512516640377

KOLÁŘOVÁ, B., TOMSA, M., RICHARDS, J., KOLÁŘ, P., ONDRÁČKOVÁ, H. 2018. P 025 - Lower limb muscles activity during imagination of gait. *Gait & Posture* [online]. 65 [cit. 2022-01-11]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2018.06.182

LA FOUGÈRE, C., ZWERGAL, A., ROMINGER, A., FÖRSTER, S., FESL, G., DIETERICH, M., JAHN, K. 2010. Real versus imagined locomotion: A [18F]-FDG PET-fMRI comparison. *NeuroImage* [online]. 50(4), 1589-1598 [cit. 2022-01-30]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.060

LANG, P. J. 2016. Imagery in Therapy: An Information Processing Analysis of Fear – Republished Article. *Behavior Therapy* [online]. 47(5), 688-701 [cit. 2022-01-27]. ISSN 00057894. Dostupné z: doi:10.1016/j.beth.2016.08.011

LACEY, S., LAWSON, R. ed. 2013. *Multisensory Imagery* [online]. New York, NY: Springer New York [cit. 2022-01-29]. ISBN 978-1-4614-5878-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4614-5879-1

LEDERMAN, S. J., KLATZKY, R. L. 1987. Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology* [online]. 19(3), 342-368 [cit. 2022-01-26]. ISSN 00100285. Dostupné z: doi:10.1016/0010-0285(87)90008-9

MALIK, A. N., GHAZAL, J. AMJAD, I. 1969. Task oriented training improves the balance outcome & reducing fall risk in diabetic population". *Pakistan Journal of Medical Sciences* [online]. 32(4), 983-987 [cit. 2022-06-27]. ISSN 1681-715X. Dostupné z: doi:10.12669/pjms.324.10092

MALOUIN, F., EICHARDS, C. L., JACKSON, P. L., LAFLEUR, M. F., DURAND, A., DOYON, J. 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* [online]. 31(1), 20–29 [cit. 2022-01-29]. doi:10.1097/01.npt.0000260567.24

MIZUGUCHI, Ni, NAKATA, H., KANOSUE, K. 2014. Activity of right premotor-parietal regions dependent upon imagined force level: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 8, 1-8 [cit. 2022-06-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2014.00810

MUNZERT, J., LOREY, B., ZENTGRAF, K. 2009. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews* [online]. 60(2), 306-326 [cit. 2022-01-17]. ISSN 01650173. Dostupné z: doi:10.1016/j.brainresrev.2008.12.024

NEWELL, K. M. , VAN EMMERIK, R. E. A., LEE, D., SPRAGUE, R. L. 1993. On postural stability and variability. *Gait & Posture* [online]. 1(4), 225-230 [cit. 2022-07-03]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/0966-6362(93)90050-B

NICHOLSON, V., WATTS, N., CHANI, Y., KEOGH, J. 2019. Motor imagery training improves balance and mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science* [online]. 22, 200-207 [cit. 2021-01-25]. ISSN 14402440. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.007

NUKALA, B. T., NAKANO, T., RODRIGUEZ, A., TSAY, J., LOPEZ, J., NGUYEN, T. Q., ZUPANCIC, S., LIE, D. Y. 2016. Real-Time Classification of Patients with Balance Disorders vs. Normal Subjects Using a Low-Cost Small Wireless Wearable Gait Sensor. *Biosensors* [online]. 6(4), 20-22, [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/bios6040058.

OH, D. S., CHOI, J. D. 2021. Effects of Motor Imagery Training on Balance and Gait in Older Adults: A Randomized Controlled Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 18(2) [cit. 2021-01-29]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph18020650

OH, D.-W., KIM, J.-S., KIM, S.-Y., YOO, E.-Y., JEON, H.-S. 2010. Effect of motor imagery training on symmetrical use of knee extensors during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in post-stroke hemiparesis. NeuroRehabilitation [online]. 26(4), 307-315 [cit. 2022-07-15]. ISSN 18786448. Dostupné z: doi:10.3233/NRE-2010-0567

OKU, K., ISHIDA, H., OKADA, Y., HIRAOKA, K. 2011. Facilitation of Corticospinal Excitability during Motor Imagery of Wrist Movement with Visual or Quantitative Inspection of EMG Activity. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 113(3), 982-994 [cit. 2022-07-16]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/05.23.25.PMS.113.6.982-994

ONDRÁČKOVÁ H., *Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie*. 2019. Diplomová práce. Univerzita Palackého: Olomouc

PARSONS, L. M. 1994. Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* [online]. 20(4), 709-730 [cit. 2022-01-23]. ISSN 1939-1277. Dostupné z: doi:10.1037/0096-1523.20.4.709

PARSONS, L. M. 1987. Imagined spatial transformations of one's hands and feet. *Cognitive Psychology* [online]. 19(2), 178-241 [cit. 2022-01-23]. ISSN 00100285. Dostupné z: doi:10.1016/0010-0285(87)90011-9

PFURTSCHELLER, G., NEUPER, C. 1997. Motor imagery activates primary sensorimotor area in humans. *Neuroscience Letters* [online]. 239(2-3), 65-68 [cit. 2022-01-23]. ISSN 03043940. Dostupné z: doi:10.1016/S0304-3940(97)00889-6

PFUSTERSCHMIED, J., BUCHECKER, M., KELLER, M., WAGNER, H., TAUBE, W., MÜLLER, E. 2013. Supervised slackline training improves postural stability. *European Journal of Sport Science* [online]. 13(1), 49-57 [cit. 2022-01-29]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2011.583991

POTVIN, J. R. 1997. Effects of muscle kinematics on surface EMG amplitude and frequency during fatiguing dynamic contractions .*Department of Human Biology and Nutritional Sciences, University of Guelph, Guelph,* Ontario, Canada N1G 2W1, 0161-7567/97

RENSINK, M., SCHUURMANS, M., LINDEMAN, E., HAFSTEINSDÓTTIR, T. 2009. Task-oriented training in rehabilitation after stroke: systematic review. *Journal of Advanced Nursing* [online]. 65(4), 737-754 [cit. 2022-07-27]. ISSN 03092402. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2648.2008.04925.x

SANTOS-COUTO-PAZ, C. C., TEIXEIRA-SALMELA, L. F. TIERRA-CRIOLLO, C. J. 2013. The addition of functional task-oriented mental practice to conventional physical therapy improves motor skills in daily functions after stroke. *Brazilian Journal of Physical Therapy* [online]. 17(6), 564-571 [cit. 2022-01-29]. ISSN 1413-3555. Dostupné z: doi:10.1590/S1413-35552012005000123

SANTOS, L., FERNANDEZ-RIO, J., WINGE, K., BARRAGÁN-PÉREZ, B., RODROGUEZ-PÉREZ, V., GONZÁLEZ-DIEZ, V., BLANCO-TRABA, M., SUMAN, O. E., GABEL, C. P., RODRIGUEZ-GÓMEZ, J. 2016. Effects of supervised slackline training on postural instability, freezing of gait, and falls efficacy in people with Parkinson's disease. *Disability and Rehabilitation* [online]. 39(16), 1573-1580 [cit. 2022-01-27]. ISSN 0963-8288. Dostupné z: doi:10.1080/09638288.2016.1207104

SARUCO, E., DI RIENZO, F., NUNEZ-NAGY, S., RUBIO-GONZALEZ, M. A., JACKSON, P. L., COLLET, C., SAIMPONT, A., GUILLOT, A. 2017. Anodal tDCS over the primary motor cortex improves motor imagery benefits on postural control: A pilot study. *Scientific Reports* [online]. 7(1), 1-9 [cit. 2022-07-12]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-00509-w

SHEEHAN, P. W. 1967. A shortened form of Betts' questionnaire upon mental imagery. *Journal of Clinical Psychology* [online]. 23(3), 386–389 [cit. 2022-01-23]. doi:10.1002/1097-4679(196707)23:3<386::aid-jclp2270230328>3.0.co;2-s

SCHUSTER, C., HILFIKER, R., AMFT, O., SCHEIDHAUER, A., ANDREWS, B., BUTLER, J., KISCHKA, U., ETTLIN, T. 2011. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. BMC Medicine [online]. 9(1), 1-35 [cit. 2022-07-07]. ISSN 1741-7015. Dostupné z: doi:10.1186/1741-7015-9-75

SMITH, R., WOOD, S. G., COYLES, G., ROBERTS, J. W., J. WAKEFIELD, C. J. 2019. The effect of action observation and motor imagery combinations on upper limb kinematics and EMG during dart-throwing. *Scandinavian Journal of Medicine* [online]. 29(12), 1917-1929 [cit. 2022-05-13]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi: 10.1111/sms.13534

SOUTO, D. O., CRUZ, T. K. F., COUTINHO, K., JULIO-COSTA, A., FONTES, P. L. B., HAASE, V. G. 2020. Effect of motor imagery combined with physical practice on upper limb rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation* [online]. 46(1), 53-63 [cit. 2022-07-21]. ISSN 10538135. Dostupné z: doi:10.3233/NRE-192931

STINEAR, C. M., BYBLOW, W. D., STEYVERS, M., LEVIN, O., SWINNEN, S. P. 2005. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental Brain Research* [online]. 168(1-2), 157-164 [cit. 2022-01-20]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-005-0078-y

SUCHÁNKOVÁ, T.. *Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie*. 2016. Diplomová práce. Univerzita Palackého: Olomouc

TAUBE, W., GRUBER, M., BECK, S., FAIST, M., GOLLHOFER, A., SCHUBERT, M. 2007. Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. *Acta Physiologica* [online]. 189(4), 347-358 [cit. 2022-01-26]. ISSN 1748-1708. Dostupné z: doi:10.1111/j.1748-1716.2007.01665.x

TINETTI, M. E., SPEECHLEY, M., GINTER, S. F. 1988. Risk Factors for Falls among Elderly Persons Living in the Community. New England Journal of Medicine [online]. 319(26), 1701-1707 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJM198812293192604

VAN DER MEULEN, M., ALLALI, G., RIEGER, S.W., ASSAL F., VUILLEUMIER, P. 2012, The influence of individual motor imagery ability on cerebral recruitment during gait imagery. *Human Brain Mapping* [online]. 35(2), 455-470 [cit. 2022-01-30]. ISSN 10659471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.22192

VAUGHAN, C. L., DAVIS, B. L., O'CONNOR, J. C. 1999. Dynamics of human gait. Cape Town, South Africa, Kiboho Publishers. ISBN 0620235586 9780620235587, http://www.kiboho.co.za/GaitCD/GaitBook.pdf.

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

VERMA, R., NARAYAN ARYA,K., GARG, R. K.., SINGH, T. 2011. Task-Oriented Circuit Class Training Program with Motor Imagery for Gait Rehabilitation in Poststroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 18(sup1), 620-632 [cit. 2022-01-30]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1310/tsr18s01-620

WEHNER, T., VOGT, S., STADLER, M. 1984, Task-specific EMG-characteristics during mental training. *Psychological Research* [online]. 46(4), 389-401 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0340-0727. Dostupné z: doi:10.1007/BF00309071

WINTER, D. A. 2009. *Biomechanics and motor kontrol of human movement*.(4th ed.), Waterloo, Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-470-39818-0

YOKOYAMA, H., KANEKO, N., WATANABE, K., NAKAZAWA, K. 2021. Neural decoding of gait phases during motor imagery and improvement of the decoding accuracy by concurrent action observation. *Journal of Neural Engineering* [online]. 18(4), 1-14 [cit. 2022-01-24]. ISSN 1741-2560. Dostupné z: doi:10.1088/1741-2552/ac07bd

YOO, E., CHUNG, B. 2006. The effect of visual feedback plus mental practice on symmetrical weight-bearing training in people with hemiparesis. *Clinical Rehabilitation* [online]. 20(5), 388-397 [cit. 2022-07-14]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1191/0269215506cr962oa

ZAPPAROLI, L., INVERNIZZI, P., GANDOLA, M., VERARDI, M., BERLINGERI, M., SBEMA, M., DE SANTIS, A., ZERBI, A., BANFI, G., BOTTINI, G., PAULES, E. 2013. Mental images across the adult lifespan: a behavioural and fMRI investigation of motor execution and motor imagery. *Experimental Brain Research* [online]. 224(4), 519-540 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-012-3331-1

ZAPPAROLI, L., SACHELI, L. M., SEGHEZZI, S., PRETI, M., STUCOVITZ, E., NEGRINI, F., PAULESU E. 2020, Motor imagery training speeds up gait recovery and decreases the risk of falls in patients submitted to total knee arthroplasty. *Scientific*

Reports [online]. 10(1), 1-12 [cit. 2022-01-30]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-020-65820-5

Seznam zkratek

COP	centre of pressure
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
dx.	dexter
EEG	elektroencefalografie
EMG	elektromyografie
fMRI	funkční magnetická resonance
GM	musculus gastrocnemius medialis
GTIC	The Gordon Test of Imagery Control
Kch	klid před představou chůze na čáře
Ks	klid před představou chůze na slackline
KVIQ	The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire
m.	musculus (sval)
MIQ-R	Movement Imagery Questionnaire – Revised
MIQ-RS	Movement Imagery Questionnaire-Revised second version
n	počet probandů
Pch	představa chůze na čáře
Ps	představa chůze na slackline
QMI	The Questionnaire on Mental Imagery
RHB	rehabilitace
RMS	root mean square
SD	směrodatná odchylka
SM	Sclerosis multiplex (roztroušená skleróza)
sin.	sinister
TA	musculus tibialis anterior
TUG	Timed and Up Go Test
VMIQ	Vividness of Movement Imagery Questionnaire
WGAS	Wireless Gait Analysis Sensor

Seznam obrázků

Obrázek 1 Hlavní efekt při provedení pohybu a pohybové představě úkolu. 15
Obrázek 2 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku experimentální skupiny při chůzi na čáře 41
Obrázek 3 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku kontrolní skupiny při chůzi na čáře 41
Obrázek 4 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku experimentální skupiny při chůzi na slackline 42
Obrázek 5 Průměrná svalová aktivita před a po tréninku kontrolní skupiny při chůzi na slackline 42

Seznam tabulek

Tabulka 1 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na čáře – experimentální skupina a p – hodnoty 38
Tabulka 2 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na čáře – kontrolní skupina a p – hodnoty 39
Tabulka 3 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na slackline – experimentální skupina a p – hodnoty 39
Tabulka 4 Popisná statistika průměrných hodnot EMG aktivity při chůzi na slackline – kontrolní skupina a p – hodnoty 40
Tabulka 5 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny při chůzi na čáře 40
Tabulka 6 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny při chůzi na slackline 40

Seznam příloh

Příloha 1 Vzor informovaného souhlasu 78
Příloha 2 Vyjádření etické komise 80
Příloha 3 MIQ-R dotazník 81
Příloha 4 Fotografie prostředí 85

PŘÍLOHY

Příloha 1 Vzor informovaného souhlasu

Informovaný souhlas

Pro výzkumnou část diplomové práce: Imaginace pohybu v kontextu posturální stability
Období realizace: 1.7. 2021 – 31.5. 2022
Řešitelvýzkumu: Bc. Anežka Novotná

Vážená paní, vážený pane,

obracím se na Vás s žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjistit, jaké jsou posturální výchylky a svalová aktivita během představy pohybu a její realizaci na definovaných svalech dolních končetin. Pro měření budete vyzván/a k provedení jednoduchého úkolu (reálná chůze po čáře a chůze na slackline, jejich představa a situace bez představy) a po celou dobu budete slovně veden/a. Data budou získávána neinvazivně pomocí nalepovacích elektrod snímajících posturální výchylky a svalovou aktivitu. Celková doba měření včetně přípravy nepřesáhne 50 minut. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná rizika. Měření není rizikové, protože probíhá neinvazivně bez porušení kožního krytu s použitím hypoalergenních lepících štítků. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení účastníka výzkumu

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitelka 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 řešitelky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a , že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.
Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze

dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).
Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

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

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

V_____dne:_____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu:_____
_____

Příloha 2 Vyjádření etické komise

Fakulta
zdravotnických věd

Genius loci ...

UPOL-155604/1070-2021

Vážená paní
Bc. AnežkaNovotná

2021-08-26

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená panibakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem**„Imaginace pohybu v kontextu posturální stability“**, jehož jste hlavnířešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP.

S pozdravem,

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

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 3 | 77515 Olomouc | T: 585 632 880
www.fzv.upol.cz

Příloha 3 MIQ-R dotazník

MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED (MIQ-R)

Tento dotazník se týká dvou způsobů provádění pohybů v představě. V prvním způsobu jde o vytvoření vizuálního obrazu neboli obrazu pohybu ve vaší mysli z pohledu třetí osoby. Druhým způsobem je pokusit se cítit a vnímat, jaké to je vykonávat pohyb ve svém vlastním těle, aniž bychom ten pohyb skutečně prováděli (z pohledu první osoby).

Jste požádáni, abyste provedli oba tyto způsoby představy pro různé pohyby v tomto dotazníku, a poté ohodnotili, jak snadné/obtížné se vám tyto úkoly zdály být. Hodnocení, která udělujete, nejsou navržena tak, aby hodnotila dobrý nebo špatný výsledek provedení. Neexistují žádné správné nebo špatné hodnocení.

Každé z následujících tvrzení popisuje určitý pohyb. Přečtěte si pozorně každý výrok a poté skutečně proveďte posaný úkol. Pohyb proveďte pouze jednou. Vraťte se do výchozí pozice. Dle instrukcí vytvořte vizuální či kinestetickou představu pohybu. Následně ohodnoťte snadnost/obtížnost vytvoření příslušné představy podle následující stupnice:

Stupnice vizuální představivosti						
7	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Velmi snadno viděná	**Snadno viděná**	**Docela snadno viděná**	**Neutrálně (ani dobře, ani špatně viděná)**	**Docela špatně viděná**	**Špatně viděná**	**Velmi špatně viděná**

Stupnice vizuální představivosti						
7	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Velmi snadno vnímaná	**Snadno vnímaná**	**Docela snadno vnímaná**	**Neutrálně (ani dobře, ani špatně vnímaná)**	**Docela špatně vnímaná**	**Špatně vnímaná**	**Velmi špatně vnímaná**

1. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s nohama a chodidly u sebe, s horními končetinami podél těla.

   POHYB: Zvedněte pravé koleno co nejvýše tak, abyste stáli na jedné noze. Nyní vraťte nohu to výchozí pozice, abyste znovu stáli na obou chodidlech.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vnímat, jak opět provádíte právě vykonaný pohyb, aniž byste jej skutečně dělali. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

2. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s nohama mírně od sebe a horními končetinami podél těla.

   POHYB: Přejděte do mírného podřepu a následně vyskočte co nejvýše, se současným vzpažením horních končetin. Dopadněte zpět do výchozí pozice.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vidět sami sebe v co nejjasnější a nejživější vizuální představě (z pohledu třetí osoby), jak provádíte právě vykonaný pohyb. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

3. **VÝCHOZÍ POZICE:** Upažte svou nedominantní horní končetinu tak, aby dlaň směřovala dolů a prsty zůstaly natažené.

   POHYB: Upaženou horní končetinu pomalým pohybem předpažte, aby během pohybu zůstala natažená. Nyní vraťe paži zpět do výchozí polohy.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vnímat, jak opět provádíte právě vykonaný pohyb, aniž byste jej skutečně dělali. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

4. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s dolními končetinami mírně od sebe a horní končetiny vzpažte nad hlavu.

   POHYB: Pomalu se předkloňte a pokuste se konečky prstů dotknout prstů u nohou. Nyní se vraťte do výchozí pozice, stůjte vzpřímeně s horními končetinami vzpaženými.

MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vidět sami sebe v co nejjasnější a nejživější vizuální představě (z pohledu třetí osoby), jak provádíte právě vykonaný pohyb. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

HODNOCENÍ:

5. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s nohama mírně od sebe a horními končetinami podél těla.

   POHYB: Přejděte do mírného podřepu a následně vyskočte co nejvýše, se současným vzpažením horních končetin. Dopadněte zpět do výchozí pozice.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vnímat, jak opět provádíte právě vykonaný pohyb, aniž byste jej skutečně dělali. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

6. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s nohama a chodidly u sebe, s horními končetinami podél těla.

   POHYB: Zvedněte pravé koleno co nejvýše tak, abyste stáli na jedné noze. Nyní vraťte nohu to výchozí pozice, abyste znovu stáli na obou chodidlech.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vidět sami sebe v co nejjasnější a nejživější vizuální představě (z pohledu třetí osoby), jak provádíte právě vykonaný pohyb. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

7. **VÝCHOZÍ POZICE:** Stůjte s dolními končetinami mírně od sebe a horní končetiny vzpažte nad hlavu.

   POHYB: Pomalu se předkloňte a pokuste se konečky prstů dotknout prstů u nohou. Nyní se vraťte do výchozí pozice, stůjte vzpřímeně s horními končetinami vzpaženými.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vnímat, jak opět provádíte právě vykonaný pohyb, aniž byste jej skutečně dělali. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

8. **VÝCHOZÍ POZICE:** Upažte svou nedominantní horní končetinu tak, aby dlaň směřovala dolů a prsty zůstaly natažené.

   POHYB: Upaženou horní končetinu pomalým pohybem předpažte, aby během pohybu zůstala natažená. Nyní vraťe paži zpět do výchozí polohy.

   MENTÁLNÍ ÚKOL: Zaujměte výchozí pozici. Pokuste se vidět sami sebe v co nejjasnější a nejživější vizuální představě (z pohledu třetí osoby), jak provádíte právě vykonaný pohyb. Nyní ohodnoťte snadnost/obtížnost, se kterou jste byli schopni provést tento úkol.

   HODNOCENÍ:

Příloha 4 Fotografie prostředí

Legenda: 1- postředí pro realizaci chůze na čáře, 2 – prostředí pro realizaci chůze na slackline