

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Tereza Suchánková

**PŘEDSTAVA CHŮZE V OBRAZE POVRCHOVÉ  
ELEKTROMYOGRAFIE**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Barbora Kolářová, Ph.D.

Olomouc 2016

## **ANOTACE**

**Název práce:** Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie

**Název práce v AJ:** Gait imagery in a view of surface electromyography

**Datum zadání:** 2015-01-31

**Datum odevzdání:** 2016-09-05

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Tereza Suchánková

**Vedoucí práce:** Mgr. Barbora Kolářová, Ph.D.

**Oponent práce:** Doc. MUDr. Alois Krobot, Ph.D.

### **Abstrakt v ČJ:**

Mnoho studií uvádí nárůst svalové aktivity jako důsledek představy pohybu. Cílem práce je zhodnotit změny bilaterální svalové aktivity dolních končetin během představy chůze vůči klidové aktivitě. Svalová aktivita mm. tibiales anteriores a mm. gastrocnemii mediales byla snímána pomocí povrchové elektromyografie během jednotlivých situací před a po vlastní realizaci chůze, vsedě a ve stoji. Výsledky ukazují signifikantní pokles svalové aktivity mm. gastrocnemii mediales během představy chůze vůči klidu, bezprostředně po jejím vlastním provedení, vsedě. Stoj vykazuje signifikantně významný nárůst svalové aktivity mm. gastrocnemii mediales v porovnání se sedem, bez přítomnosti významných posturálních výchylek. Změny svalové aktivity tedy souvisí s představou pohybu, nikoliv s pohybem samotným. Závěrem lze shrnout, že představa chůze má vliv na svalovou aktivitu a její využití v rámci rehabilitace je zcela opodstatnělé.

### **Abstrakt v AJ:**

Many studies show increased muscle activity as a result of motor imagery. The aim of the study is to evaluate changes in bilateral muscle activity of lower extremities during gait imagery compared with the rest. Muscle activity of mm. tibiales anteriores and mm. gastrocnemii mediales was evaluated by surface electromyography before and after performance of gait in a sitting and standing position. Results show significant decrease of the muscle activity of mm. gastrocnemii mediales during gait imagery

compared to rest right after gait performance in sitting position. Standing position shows significant increase of the muscle activity of mm. gastrocnemii mediales in contrast with sitting position, without any significant postural sway. The changes of the muscle activity are related to gait imagery, not to movement itself. Conclusion is, that gait imagery has an effect on the muscle activity and it's utilizing in rehabilitation is fully well-founded.

**Klíčová slova v ČJ:** motorická představivost, kinetická a vizuální představa, movement imagery questionnaire (MIQ-R), povrchová elektromyografie, svalová aktivita, chůze, lokomoce, řízení chůze

**Klíčová slova v AJ:** motor imagery, kinesthetic and visual imagery, movement imagery questionnaire (MIQ-R), surface electromyography, muscle activity, gait, locomotion, gait control

**Rozsah práce:** 102 s./9 příl.

**Místo zpracování:** Olomouc

**Místo uložení:** Ústav fyzioterapie, FZV UPOL – sekretariát/ děkanát

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Barbory Kolářové, Ph.D. a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje.

V Olomouci 9. května 2016

Podpis: .....

**Dedikace práce:**

Tato práce vznikla za podpory grantu Univerzity Palackého IGA FZV 2016 006 „Imaginace bipedální lokomoce v rehabilitaci“

**Poděkování:**

Velmi ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce paní Mgr. Barboře Kolářové, Ph.D. za odborné vedení celé práce, za podnětné připomínky k jejímu obsahu a za velkou vstřícnost, s níž jsem se setkala při konzultacích.

Dále bych chtěla poděkovat rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

## OBSAH

ÚVOD .....	8
1. MOTORICKÁ PŘEDSTAVIVOST .....	10
1.1 Definice motorické představivosti pohybu .....	10
1.2 Vizuální a kinestetická představa pohybu.....	10
1.3 Neurologické mechanismy zapojené do představy pohybu .....	11
1.3.1 Účast primární motorické kůry během představy pohybu .....	14
1.4 Svalová aktivita během představy pohybu .....	16
1.5. Vztah mezi autonomním nervovým systémem a motorickou představivostí .....	19
1.6 Výchozí poloha a její vliv na motorickou představivost .....	21
1.7 Pro koho je motorická představivost vhodná .....	22
1.8 Hodnocení motorické představivosti .....	24
2 CHŮZE.....	26
2.1 Neurofyziologické aspekty chůze.....	26
2.2 Představa chůze .....	28
3 CÍLE A HYPOTÉZY .....	31
3.1 Cíl práce .....	31
3.2 Hypotézy .....	31
4 METODIKA .....	33
4.1 Cíl práce .....	33
4.2 Charakteristika testovaných subjektů .....	33
4.3 Realizace experimentu .....	33
4.4 Příprava probandů .....	34
4.5 Vlastní průběh měření.....	34

4.6 Zpracování dat .....	35
4.6.1 Zpracování a hodnocení elektromyografického záznamu .....	35
4.6.2 Statistické zpracování dat .....	36
5 VÝSLEDKY .....	37
5.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického zhodnocení.....	38
6 DISKUZE .....	45
6.1 Vliv představy na svalovou aktivitu .....	45
6.2 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu .....	49
6.2.1 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu během sedu.....	49
6.2.2 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu během stoje .....	52
6.2.3 Přítomnost posturálních výchylek během představy chůze a klidových hodnot .	56
6.2.4 Vliv výchozí polohy na svalovou aktivitu během všech testovaných situací.....	58
6.3 Přínos pro fyzioterapeutickou praxi .....	59
6.4 Limity studie .....	61
ZÁVĚR .....	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	65
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	85
SEZNAM TABULEK A GRAFŮ .....	87
SEZNAM PŘÍLOH.....	88
PŘÍLOHY.....	89

## ÚVOD

Reprezentace a simulace motorických úkonů má dlouhou a rozmanitou historii jak v psychologii, tak ve vědě pohybu. Motorická představivost, v cizí literatuře označovaná jako „motor imagery (MI)“, se vyvíjí od samého dětství a asymptoty dosahuje během dospívání. Již dlouhou řadu let fascinuje vědce z různých oblastí, jako je sportovní věda, psychologie či neurověda. Hlavním důvodem tohoto zájmu je zřejmě podobnost představy s vlastním motorickým výkonem, a to jak na úrovni chování, tak na úrovni fyziologické a především neurální. Sdílí totiž motorické okruhy, které se z velké části podílejí na plánování a následné realizaci vlastního pohybu.

Již dlouhá desetiletí se využívá ve sportovním odvětví za účelem zlepšení či osvojení sportovních technik. Avšak v poslední době roste o ni zájem i v oborech medicínských, a to zejména v rámci rehabilitace neuromuskulárních poruch za účelem zlepšení motorického výkonu. Jasná představa o zamýšlejícm pohybu může být přítomna v případě nepřítomnosti končetin podílejících se na daném pohybu, jako například u pacientů po traumatické amputaci končetin, a s tím související kontrolou pohybu protézou, či v případě přítomnosti kompletního přerušeni míchy, periferní poruchy a v neposlední řadě při stavech po proděláním cévní mozkové příhody. Stejně tak může její využití dosáhnout efektivitu u hudebníků nebo v případech vyžadujících vysokou zručnost, jako je tomu například u chirurgů.

I přes velké množství literatury věnované tomuto tématu není doposud přesně stanovené, jaké struktury centrálního nervového systému sdílí představa se skutečným vykonáním pohybu a jakou funkci tyto struktury přesně plní.

Naším cílem je zhodnotit přítomnost a míru svalové aktivity na dolních končetinách pomocí povrchové elektromyografie během představy chůze. Chůze byla zvolena na jednu stranu z toho důvodu, že se jedná o komplexní pohyb, který je charakteristický pro každého jedince a je součástí jeho každodenního života, na druhou stranu z důvodu nedostatku literatury zabývající se právě představou chůze. Je mnoho studií zaměřujících se na představu pohybu horní končetinou, méně studií se pak zabývá pohyby dolních končetin, ale ve většině případů se právě jedná o jednoduché, analytické pohyby.



Teoretická část práce pojednává o základních poznatcích motorické představivosti, neurofyziologických mechanismech a svalové aktivitě. V druhé části jsou pak zmíněny neurofyziologické poznatky o chůzi a její představě.

Praktická část se zabývá experimentem, který zkoumá vliv představy chůze na svalovou aktivitu dolních končetin, konkrétně dominantní dolní končetiny u zdravých jedinců.

K vyhledávání odporných článků byly využity databáze PubMed, Science Direct, EBSCO a Google Scholar. Pro vyhledávání v databázích byla zvolena slova: motor imagery, kinesthetic and visual imagery, movement imagery questionnaire, EMG, muscle activity, gait. Další vyhledané články vycházely z referencí studované literatury. Vyhledávání literatury probíhalo během roku 2015-2016, celkem bylo nalezeno 250 zahraničních studií odpovídající našemu tématu, z nichž bylo v práci použito 122 studií. Zbylé 4 zdroje představují českou literaturu.

# **1. MOTORICKÁ PŘEDSTAVIVOST**

## **1.1 Definice motorické představitosti pohybu**

Motorická představitost, jinými slovy představa pohybu, je charakterizovaná jako kognitivní proces zahrnující vnitřní realizaci jednoduchých či složitějších motorických pohybů bez zjevné fyzické aktivity a svalového napětí (Annett, 1995; Jeannerod, 1995; Porro et al., 1996 in Burianová et al., 2013, p. 50; Michelon et al., 2006, pp. 811-813; Mulder, 2007, pp. 1267-1269). Jinými slovy jedná se o mentální zpodobení pohybu bez jakéhokoliv pohybu těla (Dickstein & Deutsch, 2007, pp. 942-943) vyžadující vědomou aktivaci jednotlivých struktur ventrálního nervového systému podílejících se na přípravě a realizaci pohybu spojenou s volní inhibicí skutečného pohybu (Hanakawa et al., 2008, pp. 2775-2776; Mulder, 2007, pp. 1267-1269).

Proces motorické představitosti je tedy vysoce závislý na integritě jednotlivých struktur mozku. Tudiž jakékoliv poškození mozkové tkáně ovlivní následnou motorickou představitost. Například u pacientů s jednostranným poškozením mozku, vyžaduje představa pohybu poškozenou končetinou delší čas než v případě zdravé končetiny, naopak u spinálních pacientů se časové hodnoty blíží hodnotám zdravého jedince (Lameira et al., 2008, p. 380).

## **1.2 Vizuální a kinestetická představa pohybu**

Představa pohybu zahrnuje vizuální (vnější) či kinestetickou (vnitřní) složku (Burianová et al., 2013, pp. 50-51). Vizuální složka představy je charakterizovaná tak, že jedinec vnímá sám sebe z perspektivy vnějšího pozorovatele. Naopak kinestetická představa vyžaduje přiblížení skutečného života, tedy člověk si skutečně představuje sám sebe včetně všech sensorických následků. Jinými slovy, kinestetická představa je založena na proprioceptivních podnětech (Lebon et al., 2011, pp. 45-46; Stinear et al., 2006, pp. 157-158).

Ačkoliv některé zdroje uvádějí, že oba typy představy sdílejí aktivitu některých částí mozku, výsledky spíše upozorňují na jejich anatomické a funkční rozdíly (Binkofsky et al., 2000 in Héту et al., 2013, p. 945; Guillot et al., 2009, p. 2159; Solodkin et al., 2004, pp. 1246-1247). Meta-analýza odhalila pouze malou část mozkové sítě společnou

pro kinestetickou a vizuální představu, týkající se suplementární motorické oblasti, precentrálního gyru, insuly a nucleus putamen (Héту et al., 2013, p. 945).

Zdá se, že během kinestetické představy se zapojuje řada motorických a sensorických oblastí, jež jsou zjevné i během skutečného pohybu. Jedná se především o rozsáhlou část levého premotorického (inferiorní frontální gyrus, precentrální gyrus) a parietálního kortexu (precuneus, inferiorní parietální lalok), zatímco pro vizuální představu je spíše charakteristická aktivace oblastí primárně se podílejících na vizuálních procesech. Mluvíme tedy o okcipitální oblasti včetně zrakové dráhy a prekuneu (Mulder, 2007, pp. 1266-1269; Ruby & Decety, 2003, pp. 1275-1276; Héту et al., 2013, p. 945; Lim et al., 2006, pp. 2308 – 2309; Ross et al., 2003, pp. 1038-1043; Milton et al., 2007, pp. 804-811; Milton, Small & Solodkin, 2008, p. 336). Mimoto má kinestetická motorická představivost vliv na modulaci kortikomotorické dráždivosti, obzvláště na supraspinální úrovni. Z toho vyplývá, že nejen area mozku, ale také stupeň aktivace jsou závislé na typu vykonávané představy pohybu. Mimo jiné je toto zjištění klíčové v jejím klinickém využití (Stinear et al., 2006, pp. 157-158).

Co se týče využití jednotlivých druhů představy v terapii, vizuální představa je vhodnější pro vykonávání úkolů, které kladou důraz na tvar a formu, zatímco představa kinestetická je vhodnější pro provádění úkolů vyžadujících koordinaci a timing končetin a pro zlepšení motorických dovedností (Fery, 2003 in Dickstein & Deutsch, 2007, pp. 945; Yao et al., 2013, p. 2), a to pravděpodobně z důvodu účinnějšího motorického učení souvisejícího se sensorickými informacemi (Seebacher et al., 2015, p. 2). Navíc je kinestetická představa spojovaná s výraznějším výskytem fyziologických reakcí zahrnujících změny srdeční činnosti, krevního tlaku a respirace (Yao et al., 2013, p. 2). Podle některých zdrojů je kinestetický přístup účinnější spíše v provádění pohybů v uzavřených kinematických řetězcích, naproti tomu vizuální přístup je vhodnější pro pohyby v otevřených kinematických řetězcích (Hall et al., 1992 in Dickstein & Deutsch, 2007, pp. 945-946).

### **1.3 Neurologické mechanismy zapojené do představy pohybu**

Poslední dvě desetiletí přinesla velkou řadu zobrazovacích studií zkoumajících vzájemné neurální vztahy motorického výkonu a motorické představivosti za pomoci různých technik zahrnujících pozitronovou emisní tomografii (PET), elektroencefalografii

(EEG), funkční magnetickou rezonanci (fMRI) a magnetoencefalografii (MEG) (Burianová et al., 2013, p. 50).

Konvergentní důkazy ukázaly, že na pohybu v představě se účastní jak motorické, tak premotorické oblasti mozkové kůry (Jeannerod, 2001, p. 103-104; Lotze & Halsband, 2006, pp. 387-389). Konkrétně se jedná o primární, suplementární a presuplementární motorickou oblast a ventrální a dorzální premotorickou oblast. Dalšími podstatnými oblastmi jsou pak primární somatosenzorická korová oblast, posteriorní parietální oblast, zejména superiorní a inferiorní parietální laloky, a subkortikální oblast včetně mozečku a bazálních ganglií (Jeannerod, 2001, pp. 103-104; Lotze & Halsband, 2006, pp. 387-389). Jejich aktivita není zřejmá pouze během skutečného pohybu, ale také během představy (Hanakawa et al., 2003, Dechent et al., 2004 in Mulder et al., 2007, p. 1267). Lepší pochopení jednotlivých struktur nervového systému zapojených do představy pohybu je důležité z důvodu mnohostranného využití představy pohybu, ať už v klinice, tak i z hlediska profesionálního (Meulen et al., 2012, p. 2).

Vzhledem k tomu, že nedochází ke skutečné realizaci pohybu, jsou účinky představy přisuzovány na zkušenostech závislým změnám v oblastech mozku na vyšší úrovni, zapojených spíše do plánování než samotné realizaci pohybu (Yue & Cole, 1992, pp. 1114-1123; Jeannerod, 2001, pp. 103-104; Lotze & Halsband, 2006, pp. 387-389). Mimo jiné dochází k aktivaci nervových obvodů zapojených do řízení paměti a emocí (Kosslym et al., 2001 in Guillot et al., 2012, p. 2). Přesto tyto neurální sítě nejsou zcela identické, a to z toho důvodu, že pohyb během představy není skutečně vykonáván, tudíž motorické příkazy spouštějící pohyb musí být inhibované (Guillot et al., 2012, p. 2). Navíc se předpokládá, že oblasti podílející se na pohybu v představě jsou aktivované v menší míře než při reálném vykonávání pohybu, ačkoliv v některých případech může být aktivita určitých oblastí (presuplementární motorická oblast) vyšší během pohybu v představě než v průběhu skutečného pohybu (Hanakawa et al., 2008, pp. 2775-2776). Mimoto nedávno bylo zjištěno, že aktivita ipsilaterálního premotorického kortexu a postcentrálního gyru se objevuje pouze v případě představy (Braun et al., 2006; Sharma et al., 2006; de Vries and Mulder, 2007; Ietswaart et al., 2011; Kaiser et al., 2012; Timmermans et al., 2013 in Wriessnegger et al., 2014, p. 1). Rozdíl můžeme vidět i v případě schopnosti jedince představovat si danou pohybovou činnost. U vnímavějších jedinců lze pozorovat zvýšenou neurální aktivitu v oblasti levého putamen, levé

premotorické korové oblasti, levého parietálního, primárního a somatosenzorického kortexu a cerebela (Wriessnegger et al., 2014, p. 2).

Účast suplementární motorické oblasti na řízení pohybu v představě má spíše inhibiční funkci. Významně se podílí na omezení aktivity primární motorické oblasti (Kasses et al., 2008 in Guillot et al., 2012, p. 2). Podle meta-analýzy by její aktivita mohla souviset se zpracováním komplexních informací týkajících se iniciace, posloupnosti a vizuo-prostorové proměny pohybu (Héту et al., 2013, p. 942).

Parietální korová oblast zahrnující inferiorní parietální lalok (IPL), supramarginální gyrus a superiorní parietální lalok (SPL) představuje důležité sensorické integrační centrum promítající se do různých částí mozku, včetně premotorického a motorického kortexu, jejichž aktivita je zásadní při vykonávání skutečného pohybu (Fogassi & Luppino, 2005, p. 626; Wise et al., 1997, p. 26). Rolí parietálního kortexu v procesu skutečné chůze je její vizuální řízení, avšak představa pohybu ve většině případů není spojována s vizuálním řízením. V tomto případě tedy parietální oblasti plní vyšší kognitivní a motorické funkce (Fogassi & Luppino, 2005, pp. 626-627). Pravděpodobně se také podílí i na dosažení časové shody mezi pohybem v představě a skutečným výkonem (Sirigu et al., 1996; Malouin et al., 2004 in Guillot et al., 2012, pp. 2-3).

Co se týče aktivity premotorické oblasti, výzkum prováděný na primátech prokázal, že ventrální i dorzální premotorické mozkové kůry hrají důležitou roli v plánování, přípravě a vykonání motorického úkonu (Hoshi & Tanji, 2007 in Héту et al., 2013, p. 941). Avšak výsledky studií se rozcházejí v míře jejich aktivace (Lotze & Halsband, 2006, pp. 386-389). Aktivita ventrální premotorické oblasti je rozhodující pro realizaci pohybu, pozorování pohybu a sensorické vedení pohybu, zatímco dorzální premotorická oblast je pravděpodobně nezbytná v procesu učení propojování sensorických stimulů s konkrétním pohybem (Rizzolatti et al., 1996 in Burianová et al., 2013, p. 51). Skutečnost, že léze levého frontálního laloku zhoršuje motorickou představivost (Johnson, 2000 in Héту et al., 2013, p. 942), zatímco pacienti s neporušenou premotorickou korovou oblastí mají zachovalou schopnost představy, podporuje funkční úlohu premotorického kortexu v procesu motorické představivosti (Johnson et al., 2002 in Héту et al., 2013, p. 942).

Zajímavým zjištěním je, že představa pohybu dolních končetiny, včetně chůze, je doprovázena aktivitou odlišných okruhů centrálního nervového systému, než představa

pohybu horními končetinami. Zatímco pro představu pohybu horními končetinami je charakteristická výrazná aktivita premotorické oblasti zahrnující inferiorní frontální gyrus (IFG), střední frontální gyrus (MfG) a postcentrální gyrus (PcG), představa pohybu dolních končetiny vyvolává spíše aktivitu suplementární motorické oblasti (SMA), mozečku (CB), parietální oblasti a nukleus putamen (Héту et al., 2013, p. 944).

### **1.3.1 Účast primární motorické kůry během představy pohybu**

Účast primární motorické kůry na řízení pohybu v představě je diskutabilní (Lotze & Halsband, 2006, p. 392). Na jedné straně existují studie potvrzující přítomnost primární motorické kůry (Guillot et al., 2012, pp. 2-3; Porro et al., 1996, p. 7689), na druhé straně postrádají její zapojení do průběhu motorické představivosti (Burianová et al., 2006, pp. 50-51; Guillot et al., 2012, pp. 2-3). Ve skutečnosti četné studie transkraniální magnetické stimulace (TMS) poskytují přesvědčující důkazy, že motorická představivost může zvýšit excitabilitu primárního motorického kortexu (Leporto et al., 2012 in Héту et al., 2013, p. 943; Munzert et al., 2009, pp. 312-313). Předpokladem navýšení excitability je aktivace premotorické či parietální oblasti, které se promítají do primární motorické kůry (Leporto et al., 2012 in Héту et al., 2013, p. 943; Feura et al., 2011, pp. 1-2).

Neshody týkající si přítomnosti či absence aktivity primární motorické kůry jsou pravděpodobně zapříčiněny volbou nedostatečně senzitivní analytické metody. Zatímco fMRI/PET technologie nejsou schopny měřit příliš rychlé změny mozkové aktivity, elektroencefalografie a TMS mají velmi dobré časové rozlišení, tudíž jsou schopny zachytit i malou mozkovou aktivitu (Héту et al., 2013, p. 943).

Mimoto je aktivace primární motorické kůry závislá na intenzitě a složitosti domnělého pohybu. Z toho tedy vyplývá, že důraz by měl být především kladený na výběr daného úkolu a tréninku (Lotze & Halsband, 2006, p. 387; Sharma et al., 2006, pp. 1942-1943). TMS data navíc ukázala, že kinestetická představa v porovnání s vizuální vyvolává vyšší excitabilitu této oblasti (Fourkas et al., 2006, p. 195). Nicméně současnější studie snižují pravděpodobnost závislosti primární motorické kůry na typu představy (Héту et al., 2013, p. 944). Dokonce Spiegler prokázal bilaterální aktivitu primární motorické kůry během pohybu v představě, avšak tou klíčovou oblastí propojující skutečnost

a představu je právě kontralaterální primární motorická oblast (Mulder, 2007, pp. 1267-1268, Sharma & Baron, 2013, p. 3).

V některých případech byla prokázána i aktivita precentrálního gyru somatotopickým způsobem (Stippich et al., 2002 in Mulder 2007, p. 1267). Tedy představa pohybu prstů ruky, jazyka a prstů nohy aktivuje somatotopicky uspořádané oblasti primární motorické kůry systematickým způsobem, jak prokázal Ehrsson ve své studii. Během představy pohybu prstu byla tedy aktivovaná oblast pro prst, představa pohybu prstu nohy aktivovala oblast pro nohu nacházející se v kontralaterální suplementární motorické korové oblasti a kontralaterální primární motorické korové oblasti a představa pohybu jazyka aktivovala oblast pro jazyk v primární motorické korové oblasti. Tyto údaje potvrzují fakt, že představa pohybu jednotlivých částí těla se více méně odráží přímo ve struktuře korové aktivity (Mulder, 2007, pp. 1267-1268). Další důkazy pak nasvědčují tomu, že aktivace primární motorické kůry může být ovlivněna instrukcemi a schopností pohybu v představě (Lotze & Zentgraf, 2010 in Guillot et al., 2012, p. 2).

Někteří autoři dokonce argumentují, že představa pohybu je podporovaná nervovým systémem, který se zaměřuje spíše na senzorní plánování a přípravu pohybu zahrnující činnost temporálního a parietálního laloku než na výkonné motorické procesy zajišťované aktivitou primární motorické kůry (Burianová et al., 2013, p. 51).

Pohyb v představě ovlivňuje navíc kortikospinální vzrušivost velmi specifickým způsobem, kdy nevyvolává celkové svalové vzrušení, ale aktivaci specifických motorických pohybových vzorů (Fadiga et al., 1999 in Mulder, 2007, p. 1267). Mimo jiné ovlivňuje i míšní segmentální dráždivost (Lil et al., 2004 in Mulder, 2007, p. 1268). Odtud tedy plyne dostatečný důkaz o tom, že během motorického provedení skutečného pohybu a pohybu v představě se aktivují překrývající se oblasti mozku. Podobnost můžeme taktéž vidět v čase potřebném k dokončení představy pohybu a provedení skutečného pohybu (Mulder, 2007, p. 1268) nebo ve zvýšení srdeční a dechové frekvence (Decety et al., 1993, pp. 550-551). Všechny tyto důkazy ukazují, že pohyb v představě není symbolickým úkonem, ale naopak jeho funkce spočívá v aktivaci senzomotorických oblastí mozku. Představa tedy není oddělena od akce a percepce (Mulder, 2007, p. 1268).

## 1.4 Svalová aktivita během představy pohybu

Povrchová elektromyografie představuje elektronickou technologii sloužící k záznamu a analýze elektrických potenciálů za účelem neinvazivního hodnocení svalové aktivity během konkrétního pohybu. Umožňuje měřit vzájemnou součinnost několika kosterních svalů a současně další okolnosti, které se do funkce jednotlivých svalů promítají. Díky tomu nám ozřejmí poznatky o individuální pohybové strategii a zároveň i o funkční integritě mnoha systémů pohybové periferie a centrálních senzomotorických oblastí. Její využití převládá v medicínské rehabilitaci a to především k objektivizaci poruch řízení lidské motoriky, popřípadě jako terapeutický biofeedback (Krobot a Kolářová, 2011, str. 5-6; Souza et al., 2015, p. 8).

Podstatou elektromyografie je tedy snímání akčních potenciálů šířících se buněčnou membránou jednotlivých svalových vláken během jejich kontrakce. Impulz se šíří až k cílové struktuře, kterou představují kontraktilní bílkoviny. A právě tyto změny mohou být zaznamenány pomocí přístrojové EMG (Krobot a Kolářová, 2011, str. 10; Kolářová et al., 2014, str. 75).

Je třeba mít na paměti, že v případě povrchové elektromyografie jsou akční potenciály snímány z většího množství aktivních motorických jednotek v okolí elektrody (Krobot a Kolářová, 2011, str. 17).

Existuje velké množství experimentálních studií shromažďující data o fyziologické činnosti, zejména svalové činnosti, spojené s představou pohybu (Guillot et al., 2012, p. 3). Toto tvrzení je nepřímo doloženo nárůstem kortikospinální a motoneuronové excitability odhalené pomocí transkraniální magnetické stimulace (Dickstein et al., 2005, p. 476). Přestože je motorická představivost definována jako mentálního úkol bez přítomnosti jakékoliv svalové aktivity, je zajímavé, že na jedné straně jsou výzkumníci, kteří vyžadují podprahovou EMG aktivitu jako následek představy pohybu, zatímco na straně druhé jsou ti, kteří nepřítomnost EMG aktivity považují za předpoklad motorické představivosti (Dickstein et al., 2005, p. 476; Michelon et al., 2006, pp. 817-818).

Průkopnickou práci týkající se této problematiky vytvořil Jacobson (1935 in Lotze & Halsband, 2006, p. 386), který poskytl první důkaz o přítomnosti svalové kontrakce flexorů paže při představě pohybu ramenního kloubu. Krátce nato Shaw (in Lotze



& Halsband, 2006, pp. 386-387) poukázal na nárůst EMG záznamů svalové aktivity předloktí během představy vzpírání, která mimo jiné rostla lineárně s hmotností. Například zvedání 9kilové činky mělo za následek vyšší EMG aktivitu v porovnání s 4,5kilovou činkou (Jeannerod, 1994 in Lotze & Halsband, 2006, pp. 386-387; Dickstein et al., 2005, p. 475). Jinými slovy zvýšení EMG aktivity úměrně roste s intenzitou představy (Guillot et al., 2012, p. 3; Dickstein et al., 2005, pp. 475-476; Jeannerod, 1995, pp. 1422-1425).

Podobně tomu bylo i v případě měření během představy všech druhů svalové kontrakce (koncentrické, izometrické a excentrické kontrakce), kdy byla zaznamenaná podprahová svalová aktivita zrcadlí konfiguraci EMG aktivity zaznamenané během skutečné aktivity (Jeannerod, 1994 in Guillot et al., 2012, p. 3). Můžeme tedy brát v úvahu to, že podprahová aktivita vzniká z neúplné inhibice motorických příkazů (Jeannerod, 1994 in Di Rienzo et al., 2015, p. 147; Bonnet et al., 1997 in Guillot et al., 2008, p. 18-19), přičemž důležitou roli v inhibici hraje právě mozeček (Lotze et al., 1999 in Guillot et al., 2008, p. 18-27). Tyto motorické příkazy jsou adresovány jak kosterním svalům, tak svalům vnitřních orgánů a hladké svalovině cév cestou sympatických a parasympatických drah (Collet et al., 2013 in Di Rienzo et al., 2015, p. 147; Jeannerod, 1994 in Guillot et al., 2012, p. 3). Což znamená, že autonomní systém konkrétního fyzického výkonu koreluje s pohybem v představě (Collet et al., 2013 in Di Rienzo et al., 2015, p. 147). Vypadá to tedy, že pohyb v představě vyvolává kvalitativně podobné, ale kvantitativně menší změny ve svalech v porovnání se skutečným prováděním pohybu. Z toho lze vyvodit, že během představy skutečně dochází k posílání malé části motorických příkazů k efektorům (Guillot et al., 2012, pp. 3-4; Souza et al., 2015, p. 8).

Na druhou stranu může mít zvýšení motorického výkonu spojitost s Golgiho tělísky, u kterých byla prokázána zvýšená citlivost na kontrakci jednotlivých motorických jednotek (Jami, 1992, in Guillot et al., 2008, pp. 18-19). Rovněž Slade, Landers a Martin vyzorovali podprahovou svalovou aktivitu, avšak vzory EMG aktivity pohybu v představě zcela neodpovídaly EMG aktivitě provázející odpovídající skutečné pohyby, nebo nebyla přítomna ve všech pozorovaných svalech (Dickstein et al., 2005, p. 475).

Záznam podprahové aktivity se netýkal pouze agonistů, ale také v antagonistech, synergistech a fixačních svalech účastnících se představy izometrické, izotonické a excentrické kontrakce byla prokázána EMG změna (Bakker et al., 1996; Guillot et al.,

2007 in Guillot et al., 2012, p. 3). Příkladem může být značný nárůst EMG aktivity po 24 týdenním tréninku pohybu v představě po plastice ACL v porovnání s kontrolní skupinou.

Mimoto změny v aktivitě cílových svalů účastnících se na pohybu v představě mají určitou spojitost se zvýšením kortikospinální a motoneuronové dráždivosti (Dickstein et al., 2005, p. 476). Vzestup signálů vystupujících z mozkové kůry má pravděpodobně za následek zvýšení aktivační úrovně svalů a nárůstu svalové síly i pevnosti svalů (Ranganathan et al., 2004, pp. 946-948). Původ můžeme hledat v kortikální neuroplasticitě, tedy ve schopnosti neuronů reorganizovat jejich spojitost s reakcemi na určitý požadavek a tím jejich zvýšená účinnost (Di Rienzo et al., 2015, p. 147). Stejně tak na tom mohou mít určitý podíl suplementární kůra a laterální premotorická oblast (Solodkin et al., 2004, p. 1249), vzhledem k tomu, že mají přímou projekci do spinální míchy přes kapsulu internu (Morecraft et al., 2002, p. 178).

Určitě odlišnosti v míře EMG aktivity můžeme najít i mezi kinestetickou a vizuální motorickou představivostí. Zatímco během vizuální představivosti se získané záznamy nijak neliší od hodnot zaznamenaných během klidu, kinestetická představivost se vyznačuje nárůstem amplitudy v pozadí naznačující zvýšení svalové tonu. Toto pozorování je v souladu s tvrzením, že jakýkoliv lidský pohyb má fyzickou i tonickou složku (Milton et al., 2008, p. 337). Jak na primátech, tak na lidech bylo prokázáno, že fázičká složka volního pohybu je úzce spojená s aktivitou primárního motorického kortexu, naopak pro složku tonickou je spíše charakterističtější aktivita jiných kortikálních a subkortikálních oblastí. Z toho tedy vyplývá, že kinestetická představa se vyznačuje aktivitou kortexu, podílejícího se na kontrole tonických pohybových složek (Milton et al., 2008, p. 337).

I přesto, že se většina případů, zaznamenávající podprahovou aktivitu, týkala pohybů horní končetiny, existuje i malý zlomek studií zabývajících se pohyby dolní končetiny. Jedním z příkladů je studie Zijdwind et al., který prokázal výrazně vyšší volní aktivitu plantárních flexorů nohy, jež nastala v důsledku tréninku zahrnujícího kontrakce cílových svalů v představě (Dickstein et al., 2005, p. 476).

V literatuře můžeme také najít studie, které naopak nezaznamenaly žádnou EMG aktivitu či jinou periferní aktivaci během pohybu v představě (Guillot et al., 2012, p. 3; Dickstein et al., 2005, p. 476). Existují případy, kdy pohyb v představě má za následek zvýšení produkce svalové síly, ovšem to se nedá říct o EMG záznamu (Yue & Cole, 1992,

pp. 1114-1125). Podobně tomu bylo i v případě měření abdukce palce nohy. V tomto případě alespoň došlo ke zvětšení rozsahu pohybu (Mulder et al., 2004 in Dickstein et al., 2005, p. 476).

Nejednotnosti v publikacích zabývajících se EMG aktivitou během pohybu v představě mohou být vysvětleny rozdílností v provádění výzkumu stejně tak dobře, jako povahou EMG záznamů (Guillot et al., 2010 in Guillot et al., 2012, p. 3). EMG aktivita nemusí být rozpoznána, například použitím povrchových elektrod. Ideálně by se měly používat elektrody intramuskulární snímající aktivitu jednotlivých svalových vláken, avšak z důvodu vysoké vzrušivosti je jejich používání vysoce omezeno. Podobně může být EMG záznam ovlivněn také typem svalové kontrakce, intenzitou mentálního úsilí a povahou představy pohybu (Li et al., 2004 in Guillot et al., 2012, pp. 3-4; Dickstein et al., 2005, pp. 477-480).

Výzkumy doposud neprokázaly, zda zvýšení svalové aktivity plně přispívá ke zlepšení výkonu, ale na druhou stranu EMG záznamy potvrzují, že motorické příkazy jsou skutečně připraveny a následně inhibovány v průběhu představy pohybu (Guillot et al., 2012, pp. 16-18).

Závěrem lze tedy shrnout, že pohyb v představě spouští oblasti motorické kůry a facilituje dráždivost nervových drah, což má za následek zlepšení obnovy motoriky, aniž by to mělo jakýkoliv vliv na tvar svalu. Z toho tedy vyplývá, že pohyb v představě má vliv na neurální složku, zatímco složku strukturální nijak neovlivňuje (Lebon et al., 2011, p. 50).

## **1.5. Vztah mezi autonomním nervovým systémem a motorickou představivostí**

Autonomní systém je součástí nervového systému mající za úkol kontrolovat životně důležité funkce. Jeho hlavní funkcí je zachování homeostázy organismu a zprostředkování adaptačních reakcí na vnější a vnitřní podmínky (Guillot & Collet, 2010, p. 95).

Jestliže motorická představivost sdílí neurální mechanismy zodpovědné za motorické programování, pak by se mozková aktivita během představy měla určitým způsobem odrážet i na úrovni periferních efektorů (Decety, 1996, p. 47). Vzhledem k účasti vegetativních funkcí na motorickém plánování a programování pohybu, které mimo jiné hrají důležitou roli při skutečné realizaci pohybu, se domníváme, že právě tyto dvě složky

mají určitý podíl i na vzniku autonomních reakcí doprovázejících motorickou představivost (Oishi et al., 2000, pp. 255-256). Jiným vysvětlením přítomnosti fyziologických změn by mohla být neúplná inhibice motorických příkazů na úrovni spinální míchy a mozkového kmene (Demougeot et al., 2009, p. 1).

Ukázalo se, že aktivita vegetativního systému během představy pohybu roste nad rámec metabolických nároků, z toho tedy vyplývá, že velká část změn je původu centrálního (Decety et al., 1991, p. 4; Decety, 1996, p. 48). Což by mohlo znamenat, že prostřednictvím centrálních mechanismů ANS připravuje organismus na nastávající usilovný pohyb a umožňuje tak muskulárnímu a kardiovaskulárnímu systému být účinnější, jakmile se pohyb spustí (Demougeot et al., 2009, p. 6). Měření srdeční a dechové aktivity během představy a vlastní realizace lokomoce se zvyšující se rychlostí odhalilo kovarianci tepové frekvence a plicní ventilace se stupněm úsilí. Podobně tomu bylo i při představě plavání na vzdálenost 100 m, kdy bylo zjištěno až dvojnásobné zvýšení dechové frekvence ve srovnání s klidem (Decety, 1996, pp. 47-48). Guillot a Collet zaznamenali taktéž nárůst srdeční a dechové frekvence v poměru k nárůstu mentálního úsilí (Guillot & Collet, 2010, p. 95). Mimoto odhalili, že právě měření srdečního tepu poskytuje odhad o účasti pacienta na motorické představivosti (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 949). Avšak je třeba si uvědomit, že ve všech zmíněných případech se jednalo o vysoce automatické motorické cyklické pohyby vyžadující velké úsilí. Otázkou tedy zůstává, zda aktivace autonomního nervového systému přetrvává i při představě jednodušších pohybů nevyžadujících tak velké úsilí. Demougeot et al. (2009, p. 7) prokázali, že ANS změny jsou přítomny i v případě představy jednoduchých, necyklických pohybů, ale pouze v případě potřeby určitého úsilí (pohyb proti gravitaci), naopak tomu bylo u představy nenamáhavých pohybů (posun zápěstí), kdy vegetativní změny již nebyly pozorovány.

Nicméně je třeba si uvědomit, že aktivace ANS ze strany centrálních mechanismů vyvolaná během představy pohybu není zcela souběžná s vegetativními změnami vyvolanými skutečnou fyzickou aktivitou (Demougeot et al., 2009, p. 7).

V poslední době bylo zjištěno, že aktivita ANS je částečně spřažená s motorickými oblastmi mozku, a tedy i aktivita sympatiku různých orgánů je převážně předpovídána aktivitou pyramidových i extrapyramidových oblastí. Aktivita sympatiku je v přímé korelaci s aktivitou primární a suplementární motorické kůry a nepřímo úměrná k činnosti

extrapyramidového systému, zatímco aktivita srdečního vagu pozitivně koreluje s aktivitou extrapyramidového systému (Demougeot et al., 2009, p. 7).

## **1.6 Výchozí poloha a její vliv na motorickou představivost**

Jak už bylo v předchozích odstavcích zmíněno, mezi představou a skutečností pohybu existují jak psychologické, tak fyziologické podobnosti. Obecně mezi nimi platí podobnost v čase, který je potřebný pro vykonání konkrétního pohybu. S tím také související fakt, že složitější pohyby vyžadují delší dobu pro provedení než pohyby jednodušší. Další podobnost můžeme vidět v chování autonomního nervového systému, týkající se především změn srdeční činnosti a dechové frekvence. Přestože jsou menší než během skutečného pohybu, v porovnání s klidovým stavem vykazují vyšší hodnoty (Lameira et al., 2008, p. 380).

V neposlední řadě je třeba zmínit vliv držení těla, které by mělo vycházet z prováděného pohybu. Čím víc se shoduje s pozicí zaujímanou během prováděného pohybu, tím lépe si jedinec daný pohyb představuje a představa je kvalitnější (Saimpont et al., 2012, pp. 49-50). Jestliže jedinec během představy chůze zaujímá polohu ve stoji, doba jeho představy se blíží hodnotám skutečné chůze daleko více než vsedě (Saimpont et al., 2012, pp. 53-54). Podobně i čas potřebný k představě pohybu prstů (dotyk konečků palce a malíku) byl blíže času skutečného pohybu, jestliže subjekt udržel stejné postavení prstů během představy jako ve skutečnosti (extendovaný malík, ukazovák a palec) v porovnání s inkompatibilním postavením (extendovaný ukazovák a palec, zatímco ostatní prsty byly flektované (Vargas et al., 2004, pp. 1202-1204).

Doposud je ovšem nejasné, jak držení těla a motorická představivost spolu vzájemně souvisí. Tělesná konfigurace by měla být v mozku reprezentovaná pomocí integrace taktilních, vizuálních a propioceptivních informací (Maravita et al., 2003 in Saimpont et al., 2012, p. 54). Ve skutečnosti propiocepce hraje klíčovou roli v této „on-line“ tělesné reprezentaci (Shenton et al., 2004 in Saimpont et al., 2012, p. 54). Je obecně známo, že multisenzorické vjemy jsou sdruženy s parieto-insulární oblastí (Giummarra et al., 2008 in Lorey et al., 2009, p. 240). A právě výrazná aktivita parietálního laloku a insuly (Lorey et al., 2009, pp. 236-237), spolu se zvýšenou kortikospinální aktivitou (Vargas et al., 2004, p. 1202; Mercier et al., 2008, pp. 274-275) byla zaznamenána v případě, kdy se postavení prstů v představě shodovalo s jejich skutečnou polohou. Zvýšená aktivita parietálního

kortexu a insuly tedy dokazuje integraci tělesných informací s představou pohybu vlastního těla (Lorey et al., 2009, p. 241).

Mimo jiné bylo dokázáno, že vhodný taktilní vjem generovaný držením příslušného předmětu jednak zvyšuje motorickou představivost, ale také zlepšuje kvalitu představy. A to i v případě komplexnějších pohybů, jak bylo prokázáno u sportovců, konkrétně u tenistů, kterým držení rakety vhodným způsobem zlepšilo kvalitu představy backhand úderu (Bisio et al., 2014; Wang et al., 2014 in Mizuguchi et al., 2015, p. 1-2). Účinek taktilních vjemů závisí na zkušenostech s daným pohybem stejně tak dobře jako na schopnostech v sensorimotorické reprezentaci a schopnosti motorické představy (Mizuguchi et al., 2015, p. 1-2).

Podobně jako u taktilních vjemů můžeme sledovat jisté ovlivnění motorické představivosti i rytmickými údery. Bylo dokázáno, že rytmické pohyby, jako je například chůze, jsou nejlépe facilitovány rytmickými impulsy (Thaut et al., 1999 in Seebacher et al., 2015, p. 2). Z tohoto důvodu je možné využít rytmické impulsy k ovlivnění motorické představivosti. Zjistilo se, že jak v případě skutečné chůze, tak v případě její představy, tempo udávané hudbou vede k daleko výraznějšímu ovlivnění rychlosti a délky chůze než tempo udávané metronomem. Vzhledem k monotónnosti metronomu a naopak k pozitivnímu vlivu hudby na náladu a emoce člověka se tento výsledek dal očekávat (Wittwer et al., 2013, pp. 219-220). Mimoto se někteří autoři domnívají, že přídatné sluchové prvky v hudbě umožňují chůzi více než jednoduchý metronom (Wittwer et al., 2013, pp. 219-220; Styns et al., 2007, pp. 770-771). Dokonce byly dokázány pozitivní účinky rytmu na chůzi i v případě pacientů s neurologickou poruchou, zejména u pacientů s Parkinsonovou poruchou či u pacientů po cévní mozkové příhodě (Seebacher et al., 2015, p. 2).

## **1.7 Pro koho je motorická představivost vhodná**

I přesto, že je dokázán pozitivní účinek motorické představivosti v terapii řady onemocnění, ne vždy je vhodnou terapeutickou technikou. A to především v případech, kdy poškození mozku jakkoliv brání schopnosti představy (Mulder, 2007, p. 1273). Tato situace může nastat při poškození parietálního laloku (Jackson et al., 2001 in Mulder, 2007, p. 1273) nebo při lézi parietálního laloku v kombinaci s laterální prefrontální lézí vlevo, v důsledku čehož dochází k úplné ztrátě představy pohybu (Lotze & Halsband,

2006, pp. 386-395). Jedinci s poškozením parietálního laloku nejsou schopni předem určit čas nezbytný pro vykonání pohybu, z toho tedy vyplývá, že parietální kůra je důležitá pro generování mentálního znázornění pohybu (Sirigu et al., 1996, pp. 274-276). Podobně je ovlivněna schopnost představy pohybu i v případě poškození bazálních ganglií, jak bylo ukázáno u pacientu trpících Parkinsonovou chorobou. Tito jedinci nebyli schopni se naučit grafomotorický úkol s využitím pohybu v představě (Yáguez et al., 1999, p. 116). Možnou příčinou je zvýšená sensitivita fyziologických procesů spojených s představou pohybu na dopaminergní dysfunkci (Thobois et al., 2000, pp. 998–1000). Současnější studie oponují dosavadním názorům a naopak uvádějí, že představa pohybu, zejména kinestetická, je vhodnou terapií i pro pacienty s Parkinsonovou chorobou, avšak pouze v případě dodržování indikované léčby (Lim et al., 2006, p. 2309).

V případě poškození mozku doprovázeného hemiplegií nebyly zaznamenány výraznější rozdíly v porovnání se zdravými jedinci. Mají-li zachovanou schopnost přesné reprezentace pohybu oběma končetinami, jak zdravou, tak ochrnutou, pak motorická představivost slouží jako prostředek pro stimulaci poškozených neurálních sítí, navzdory imobility končetin (Johnsson, 1999, pp. 729-731).

Ukázalo se, že i věk má určitý podíl na schopnosti motorické představivosti. Bylo prokázáno, že starší jedinci vykazují lehce zhoršenou schopnost představy než jedinci mladší, a to zejména ve vztahu ke kinestetické představě (Mulder, 2007, p. 1274). Je třeba také upozornit na to, že stárnutí mozku je spojeno s postupně snižující se schopností neurální inhibice. Lze tedy u starších lidí očekávat přítomnost odchylek svalových aktivačních vzorů (Personnier et al., 2010, p. 189). Saimpont et al. (2012, pp. 54-55) uvádějí shodu v aktivaci základní lokomoční neurální sítě (prefrontální kortex, SMA, BG a mozeček) během představy chůze. Změny související s věkem byly zaznamenány až v případě náročnějších podmínek zahrnující chůzi po úzké cestě či na delší vzdálenost.

Prozatím se ukázalo, že využití motorické představivosti je nejúčinnější u atletů, kteří ji využívají po dlouhou dobu k osvojování si pohybových technik. Ukázalo se, že imaginace pohybu je vhodnější pro již pokročilé sportovce, kterým napomáhá soustředit se na cíl, než pro „nováčky“ či amatéry (Milton et al., 2008, p. 340).

## 1.8 Hodnocení motorické představivosti

Motorická představivost je mnohostrannou schopností lišící se mezi jednotlivci (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 946). Její zhodnocení může být důležitým prvkem v porozumění individuálních rozdílů a tedy i k předurčení její potencionální účinnosti stejně tak dobře jako kontroly jejího dopadu na výkonnost pohybu (Hewett et al., 2007 in Kalicinski & Lobinger, 2013, p. 3; Milton et al., 2008, p. 340). Většinou se posuzuje dle individuálních reakcí pomocí hodnotících číselných škál (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 946).

V současnosti nám k hodnocení motorické představivosti slouží Movement Imagery Queastionnaire-Revised (MIQ-R) pro relativně snadné a rychlé provádění a rychlou test-retest reliabilitu. Dotazník slouží spíše k subjektivnímu hodnocení motorické představivosti, která je určena osobním ohodnocením obtížnosti vidět či cítit požadovanou pohybovou sekvenci (Kalicinski & Lobinger, 2013, p. 3). Jeho obsahem je 8 úkolů sloužících k hodnocení individuálního rozdílu mezi vizuální (4 úkoly) a kinestetickou (4 úkoly) představou. Splnění každého úkolu vyžaduje několik kroků, zahrnujících přesný popis výchozí polohy, popis konkrétního pohybu, který následně musí proband aktivně provést, poté je požádán, aby zaujal výchozí polohu a představil si již provedený pohyb nejdříve z pohledu třetí osoby a následně z pohledu sama sebe. Závěrem proband pomocí sedmibodové stupnice ohodnotí obtížnost představy daného úkolu (Guillot et al., 2007, p. 20).

MIQ-R dotazník představuje zjednodušenou formu MIQ dotazníku, který zahrnoval až 18 položek. Právě z důvodu minimalizace potřebného času ke splnění dotazníku a odstranění fyzicky náročnějších úkolů došlo k jeho modifikaci (Butler et al., 2012, pp. 1-2). K hodnocení živosti představy nám naopak slouží Vividness of Motor Imagery Questionnaire (VMIQ). Pro dotazník je charakteristická přítomnost 48 položek a pštibodové škály. Podobně jako u MIQ dotazníku, polovina otázek je zaměřena na vizuální představu a polovina na představu kinestetickou (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 946). Avšak ani jeden z již zmíněných dotazníků není vhodný pro jedince jakkoliv fyzicky limitované vzhledem k obsahu náročnějších pohybů celého těla včetně skákání, a tak pro jedince s tělesným postižením byly navrženy dva další dotazníky, Movement Imagery Questionnaire-Revised Second (MIQ-RS) a Kinesthetic and Visual Imagery



Questionnaire (KVIQ). Ten byl na základě hodnocení představy u nemocných po cévní mozkové příhodě modifikovaný na KVIQ 20 a KVIQ 30. V případě těchto dotazníků jsou všechny úkoly prováděné vsedě, jsou relativně bezpečně a fyzicky jednoduché (Butler et al., 2012, pp. 1-2). Navíc lateralita prováděného pohybu již není uvedena a testovaný jedinec si tak může vybrat končetinu, kterou daný pohyb provede, což umožní pacientům s hemiplegií použít končetinu zdravou, neparetickou (Loison et al., 2013, p. 158).

Informace o aplikaci dotazníků v praxi jsou dostupné v řadě referencí, ale pouze několik málo studií týkajících se sportovní psychologie vykazuje pozitivní vztah skóre a dosažených výsledků při využití motorické představivosti. Velká část studií již nenašla tak jednoznačnou korelaci (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 946).

## 2 CHŮZE

Chůze je považovaná za základní lidskou potřebu každého jedince potřebnou jak k sebeobsluze, tak při práci v zaměstnání. Může být definovaná jako jakákoliv forma pohybu vyznačující se fázemi zatěžování a nezatěžování končetin (Véle, 2006, s. 347-348). Za normálních okolností se jedná o pohyb s minimálním energetickým výdajem (Gross et al., 2005, s. 556). I přesto, že se může zdát, že jde o jednoduchý alternující pohyb, představuje složitý sekvenční fázový pohyb probíhající cyklicky podle určitého časového pořádku (Véle, 2006, s. 348). Jeden cyklus chůze se dělí na fázi stojnou (opěrnou) zaujímající 60 % jednoho cyklu a na fázi švihovou (kročnou), které připadá zbylých 40 %. Fází, kdy jsou obě končetiny v kontaktu s podložkou, pak nazýváme fází dvojí opory, která zabírá 12 % z celého cyklu (Gross et al., 2005, s. 556).

### 2.1 Neurofyziologické aspekty chůze

Z neurofyziologického hlediska je chůze obecně považovaná za automatizovaný proces regulovaný na kortikální, subkortikální a míšní úrovni (Sacco et al., 2006, p. 1441). Vyžaduje tedy dynamickou interakci mezi spinálními generátory pohybu, hierarchicky uspořádanými supraspinálními centry a mozkovou kůrou. Předpokládá se, že právě tato mozková síť je zodpovědná za modulaci lokomoce zahrnující iniciaci chůze, ukončení chůze, rychlost, směr, prostorovou orientaci a mimo jiné také udržení rovnováhy prostřednictvím integrace multisenzorických informací (Rossignol et al., 2006 in la Fougère et al., 2010, p. 1589). Právě díky senzorickým systémům jsme schopni chůzi přizpůsobit jakýmkoliv nečekaným událostem či variabilitám terénu (Castermans et al., 2013, p. 8). Modifikace přesné chůze navíc vyžaduje i vizuomotorickou aktivitu okcipitálního kortexu zajišťující přesné postavení chodidla (Souza et al., 2015, p. 1593; Takakusaki, 2013, p. 1483). Mimo jiné je důležité si uvědomit, že chůze vyžaduje také vysokou úroveň kognitivní kontroly, jako je pozornost a výkonné funkce (Meulen et al., 2012, p. 1).

Její iniciace vyplývá buď z volních procesů mozkové kůry, či emočních procesů limbického systému. Bez ohledu na to, zda se jedná o volní či emoční proces, je doprovázena automaticky řízenými pohybovými procesy zahrnujícími nastavení posturálního svalového tonu a rytmické pohyby končetin, které jsou zajištěny zpracováním

informací na úrovni bazálních ganglií, mozečku, mozkového kmene a kortexu (Takakusaki, 2013, p. 1483) Základní lokomoční vzorec je pak generovaný na úrovni spinálních interneuronů označovaných jako „centrální generátory pohybu (CPGs) (Takakusaki, 2013, p. 1483; Castermans et al., 2013, p. 8).

Centrální generátory pohybu (CPGs) představují tedy síť nervových buněk produkující specifické, rytmické pohyby, pro které je charakteristická synergie velkého množství svalů (například chůze, plavání) bez vědomého úsilí (Verma et al., 2012, p. 15). Jsou geneticky podmíněny a vyvíjejí se v průběhu dětství, kdy děti ukazují krokový vzor již před narozením (Cevallos et al., 2015, p. 224). Nacházejí se ve spinální míše, a to samostatně pro každou končetinu. V reakci na propioceptivní a kožní aferentaci pak modifikují lokomoční vzor v součinnosti s eferentními signály vycházejících ze struktur mozkového kmene a kortexu (Takakusaki, 2013, p. 1483; Castermans et al., 2013, p. 8.). Nicméně důkazy o jejich přítomnosti u lidí jsou doposud nepřímé, založené spíše na zvířecích studiích (Verma et al., 2012, p. 15; Malouin et al., 2003, p. 48). Na rozdíl od zvířat je však zřejmé, že řízení lokomoce je více závislé na kortikálních a subkortikálních vstupech. Týká se to především konečné kontroly pohybu, což bylo prokázáno spojitostí mezi primární motorickou kůrou a aktivitou dorzálních flexorů chodidla během lokomoce (Copaday et al., 1999 in Malouin et al., 2003, p. 48).

Mimo centrální generátory pohybu jsou tedy pro lidskou lokomoci důležité také supraspinální struktury včetně mozkové kůry (Takakusaki, 2013, pp. 1483-1484; Castermans et al., 2013, p. 8). Naše znalosti o hierarchickém uspořádání supraspinálních lokomočních center jsou odvozeny ze základních vědeckých studií prováděných v první řadě na kočkách (Mori et al., 2001; Shik & Orlovsky, 1976 in la Fougère et al., 2010, p. 1589). Jedná se o mozkový kmen, mozeček a již zmíněnou mozkovou kůru, jejíž funkce je důležitá zejména v procesu zahájení chůze, modulace rytmu a zastavení pohybu. Odtud informace následně putují do spinální míchy, kde jsou dokódovány spolu s aferentními signály z periferie (Takakusaki, 2013, pp. 1483-1484; Castermans et al., 2013, p. 8). Nicméně roli těch nejvíce zásadních supraspinálních oblastí zaujímá mozečkové lokomoční centrum, subtalamické lokomoční centrum a lokomoční centrum středního mozku (la Fougère, 2010, p. 1586; Takakusaki, 2013, pp. 1483-1484; Castermans et al., 2013, p. 18-20).

Na motorickém plánování a programování pohybu se pak podílí prefrontální a premotorická oblast, stejně tak i senzorycké informace zahrnující propioceptivní, vizuální a vestibulární vjemy. Motorické programy na úrovni premotorické arey mají mimo jiné i vliv na posturální kontrolu a kontrolu přesných pohybů končetin (Takakusaki, 2013, p. 1484).

## 2.2 Představa chůze

Doposud se řada studií zaměřovala zejména na představu pohybu horní končetiny, což se nedá říci o představě lokomoce, které nebyla věnovaná dostatečná pozornost a to pravděpodobně z důvodu zahrnutí pohyblivé složky celého těla a současného využívání informací z prostředí (Fusco et al., 2014, pp. 1,2).

V poslední době však roste zájem o zkoumání představy chůze a vysvětlení její neurofyziologické podstaty. Avšak stále zůstává nejasné, zda si subjekty skutečně představují takovou chůzi, která je po nich vyžadovaná (Bakker et al., 2007, p. 497). Lepší pochopení mozkových okruhů zapojených do představy chůze a obecně do představy pohybu je tedy důležité, a to z důvodu jejího rozsáhlého využití v klinické praxi (Meulen et al., 2012, p. 2).

Jak už bylo zmíněno, představa chůze a její skutečné vykonání sdílejí velmi podobné motorické okruhy (la Fougère et al., 2010, p. 1586; Miyai et al., 2001 in Meulen et al., 2012, pp. 1-2). Jedná se především o fronto-parietální oblast, bazální ganglia, mozkový kmen a mozeček (Meulen et al., 2012, p. 1). Jejich aktivace je spojená s deaktivací v multisenzorycké vestibulární kortikální oblasti během představy a skutečného vykonání lokomoce (la Fougère et al., 2010, p. 1595).

Podobnosti můžeme vidět například v aktivitě střední oblasti mozečku (vermis a paravermis), která má hlavní podíl na udržení stability trupu a těla, taktéž v mozečkovém lokomočním centru regulující rychlost a udávající rytmické impulzy dále do mozkového kmene a spinální míchy (Armstrong et al., 1988; Jahn et al., 2004 in la Fougère et al., 2010, p. 1596) a mimo jiné také v oblasti okcipitálního vizuálního kortexu (cuneus a precuneus) souvisejícího s vizuálním zpracováním a deaktivací multisenzorycké vestibulární kortikální oblasti. Přestože skutečný pohyb v kontrastu s představou poskytuje skutečné vizuální a vestibulární vjemy, tato deaktivace vestibulární oblasti představuje

základní princip vizuo-vestibulární inhibice, k němuž nedochází v důsledku nedostatku senzoričkových vjemů. Toto tvrzení je potvrzeno faktem, že posturální kontrola u pacientů s akutní vestibulární imbalancí vzniklé v důsledku vestibulární neuritidy je zlepšená právě díky lokomoci (Brandt et al., 1999; Jahn et al., 2002 in la Fougère et al., 2010, p. 1596; Castermans et al., 2014, pp. 18-20). A nakonec aktivace zadní části parahipokampu, která přijímá hlavně vizuální vstupy, je charakteristickou taktéž pro obojí, skutečnost i představu (Ekstrom et al., 2003; Gronet al., 2000; Maguire et al., 1998 in la Fougère et al., 2010, p. 1596).

Navzdory zřejmých podobností existují i značné rozdíly mezi oběma přístupy. V první řadě se týkají koncové motorické dráhy zprostředkovávající přenos kortikálních motorických příkazů. Zatímco aktivitu primární motorické kůry (funkční oblast pro dolní končetinu) lze sledovat výhradně během skutečné chůze, činnost suplementární motorické arey (superiorní a mediální frontální kortex a dorzolaterální prefrontální kortex), bazálních ganglií (nukleus caudatus a putamen) a posteriorního parietálního kortexu (PPC) převládá v procesu představy. Nejlepší vysvětlením tohoto rozdílu je pravděpodobně to, že motorická představivost vyžaduje oproti skutečné chůzi více programování. Tudíž premotorická kůra a bazální ganglia aktivují chůzi v představě nepřímou cestou a jsou tedy zodpovědné za modulaci chůze, zatímco primární motorická kůra cestou přímou zajišťuje ustálenou, automatickou lokomoci (la Fougère et al., 2010, pp. 1596-1597). Realizace skutečné chůze tedy vychází z primárního motorického kortexu přímou cestou ke spinálním centrálním generátorům pohybu. Zpětnovazebná smyčka pak přichází ze spinální míchy do mozečku a dále přes thalamus do mozkové kůry. Na druhé straně motor imagerie aktivuje pouze režim plánování a programování lokomoce. V tomto případě signály vznikají v prefrontální suplementární motorické oblasti a prostřednictvím bazálních ganglií cestou disinhibice subtalamického lokomočního centra a mesencefalického lokomočního centra, kde se sbíhají se signály z mozečkového lokomočního centra, dále pokračují přes retikulární formaci Varolova mostu a prodloužené míchy až do spinální míchy. Ascendentní signály pak jdou taktéž přes mozeček do thalamu a do mozkové kůry (Castermans et al., 2014, p. 20; la Fougère et al., 2010, p. 1596-1597). Také aktivita mozkového kmene zahrnující subtalamickou, pedunkulopontinní, pontinní retikulární formaci a nucleus cuneiforme je markantnější během představy. Během skutečné chůze zase převládá spíše aktivita superiorního mozečkového pedunkulu a pontomesencefalického tegmenta (la Fougère et al., 2010, p. 1595).

Představa chůze v porovnání s představou stoje vyvolává zvýšenou mozkovou aktivitu presuplementární motorické oblasti, zatímco levého vizuálního kortexu spolu s nucleus caudatus ve srovnání s iniciací chůze. Zvýšená aktivita mozečku je zase charakteristická spíše pro představu běhu než pro chůzi či stoj. Z čehož můžeme vyvodit, že rychlost podléhá kontrole mozečkového lokomočního centra. Naopak funkce vestibulárního a somatosenzorického kortexu je během představy běhu spíše deaktivovaná, zatímco pro chůzi je zpracování těchto informací velmi důležité (Castermans et al., 2014, . pp. 17-18). Náročnější lokomoce, jako například chůze přes překážky zase vyžaduje rozsáhlou plánovací síť včetně premotorické a sensorické oblasti (precuneus, superiorní a inferiorní parietální lalok (Malouin et al., 2003, pp. 58-59).

## 3 CÍLE A HYPOTÉZY

### 3.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit pomocí EMG záznamu, zda se aktivita m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis obou dolních končetin během motorické představivosti chůze liší od jejich klidového záznamu a zda se liší ve výchozích polohách.

### 3.2 Hypotézy

Vzhledem ke stanoveným cílům byly formulovány následující hypotézy:

Hypotéza  $H_{01}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze v sedu se neliší od klidu v sedu.

Hypotéza  $H_{A1}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze se liší od klidu v sedu.

Hypotéza  $H_{02}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze ve stoji se neliší od klidu ve stoji.

Hypotéza  $H_{A2}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze ve stoji se liší od klidu ve stoji.

Hypotéza  $H_{03}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM v sedu se nemění při představě chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vykonání vlastní chůze.

Hypotéza  $H_{A3}$ : Svalová aktivita m. TA a m. GM v sedu se mění při představě chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vykonání vlastní chůze.

Hypotéza H<sub>04</sub>: Svalová aktivita m. TA a m. GM ve stoji se nemění během představy chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vlastní chůzi.

Hypotéza H<sub>A4</sub>: Svalová aktivita m. TA a m. GM ve stoji se mění během představy chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vlastní chůzi.

Hypotéza H<sub>05</sub>: Během představy chůze a během představy chůze po vykonání vlastní chůze nedochází ke změně posturálních výchylek v porovnání s klidem.

Hypotéza H<sub>A5</sub>: Během představy chůze a během představy chůze po vykonání vlastní chůze dochází ke změně posturálních výchylek v porovnání s klidem.

Hypotéza H<sub>06</sub>: Svalová aktivita m. TA a m. GM se nemění během sedu a stoje při klidové aktivitě před a po realizaci vlastní chůze.

Hypotéza H<sub>A6</sub>: Svalová aktivita m. TA a m. GM se mění během sedu a stoje při klidové aktivitě před a po realizaci vlastní chůze.



## **4 METODIKA**

### **4.1 Cíl práce**

Cílem práce je zhodnotit změnu aktivity m. tibialis anterior a m. gastrocnemius medialis obou dolních končetiny během představy chůze u zdravých jedinců. Konkrétně jsou porovnávány hodnoty svalové aktivity v klidu a během představy chůze před i po vlastním provedení chůze.

### **4.2 Charakteristika testovaných subjektů**

Do studie bylo zařazeno celkem 36 zdravých probandů - 22 žen a 14 mužů. Jednalo se především o studenty Univerzity Palackého v Olomouci. Před zahájením měření byli všichni probandi povinni podepsat informovaný souhlas o průběhu měření (viz příloha 1, str. 89). Realizace experimentu byla schválena Etickou komisí FZV UP v rámci projektu IGA UP. Všichni probandi byli ve věkové skupině 20 – 27 let. Jejich průměrný věk byl 24 let  $\pm 1,1$  let, průměrná výška 174 cm  $\pm 8,9$  cm a váha 68 kg  $\pm 12$  kg. Podmínkou pro zařazení do studie byla nepřítomnost akutního poúrazového stavu, neurologického, ortopedického nálezu, akutní bolesti či kognitivního deficitu, které by mohly jakýmkoliv způsobem omezit či znemožnit měření. Dále vstupním kritériem byla dobrá schopnost motorické představitivosti (vizuální i kinestetické) zhodnocená pomocí standardizovaného a validizovaného MIQ-R dotazníku (viz příloha 2, str. 90). Na základě vyšetření měli všichni hodnocení probandi dobrou motorickou představitivost o průměrné hodnotě 6,25 a směrodatné odchylce 0,25 (viz příloha 4, str. 95). Dle doplněného subjektivního hodnocení představy po každém jejím provedení všichni probandi uváděli postupně snažší realizaci představy (viz příloha 5, str. 96).

### **4.3 Realizace experimentu**

Všechna měření byla realizována v prostorách kineziologické laboratoře Fakultní nemocnice v Olomouci v pracovních dnech. Snahou bylo zajistit klidné prostředí se stálou teplotou a osvětlením. Dále byli povinni vyplnit dotazník týkající se intenzity sportovní činnosti a hudební aktivity k doplnění informací. Následně byli probandi

elektromyograficky zhodnoceni za použití povrchových hybridních senzorů se zabudovaným akcelerometrem firmy Delsys.

Pořadí jednotlivých úkolů bylo pro všechny probandy stejné a neměnné. Pořadí výchozí polohy, tedy sedu či stoje, bylo zvoleno na začátku měření randomizovanou technikou.

#### **4.4 Příprava probandů**

Během měření byla svalová bříška nejdříve palpačně ozřejměná při izometrické kontrakci a poté byla kůže nad jednotlivými svalovými bříšky očištěna abrazivní pastou, následně osušena a u mužů (pokud to bylo nutné) i oholena z důvodu lepšího kontaktu mezi elektrodou a kůží a snížení impedance. Následně zde byly aplikované elektrody paralelně se svalovými vlákny, přičemž šipka znázorněná na elektrodě vždy směřovala kraniálně. V případě nedostatečného kontaktu elektrody s povrchem kůže byla elektroda zajištěna ještě lepicí páskou. Následně byly všechny elektrody zapnuty a jejich aktivita byla ozřejměna v programu pomocí volní aktivity testovaných svalů.

Svalová aktivita byla tedy snímána z následujících svalů obou dolních končetin:

1. kanál: m. tibialis anterior sin. (TA sin)
2. kanál: m. tibialis anterior dx. (TA dx)
3. kanál: m. gastrocnemius medialis sin. (GM sin)
4. kanál: m. gastrocnemius medialis dx. (GM dx)

Akcelerometrie byla hodnocena bilaterálně senzorem snímajícím m. tibialis anterior, k detekci případného pohybu v průběhu experimentálních studií.

#### **4.5 Vlastní průběh měření**

Výchozí poloha pro všechny testované situace byl sed a stoj v napřímení, s chodidly na šířku pánve a horními končetinami volně visícími podél těla v případě stoje, během sedu mohli mít probandi ruce položené volně na stehnech. Postavení dolních končetin by mělo zůstat zachované jak během sedu, tak stoje. Před zahájením vlastního měření byli všichni probandi seznámeni se skutečnou chodbou, po které se v představě procházeli. Ta se nacházela v blízkosti místnosti, ve které probíhalo měření, z důvodu dosahu signálu.

Všichni vycházeli ze stejného místa a chůzi ukončili až na pokyn terapeuta na základě ukončení záznamu. Dále byli probandi upozorněni na to, že během celého měření by měli mít otevřené oči a sledovat bílé plátno před sebou. Následně ke zhodnocení cílů práce byla snímána svalová aktivita během níže uvedených situací v následujícím pořadí:

0) Jako referenční hodnota posloužila klidová svalová aktivita předcházející pohybu v představě měřená vždy ve výchozí poloze (sed či stoj). Proband byl instruován, aby na nic nemyslel a směřoval zrak před sebe na bílé plátno.

1. Proband byl instruován k představě písničky „Happy Birthday“.

2. Proband byl instruován k co nejpřesnější představě chůze po chodbě s otevřenými očima.

3. Proband byl instruován k provedení vlastní chůze po stejně dlouhém úseku chodby jako v představě. Jakmile došel na konec, otočil se a pokračoval zpátky.

4. Proband zaujal tutéž výchozí polohu a opět si představoval písničku „Happy Birthday“. Tato fáze by měla sloužit k udržení stabilní nahrávky EMG.

5. Proband byl instruován k opětovné a co nejpřesnější představě chůze po téže chodbě.

Všechny naměřené záznamy trvaly 15 s, včetně vlastního provedení chůze. Dále všechna měření byla slovně zahájena a ukončena terapeutem.

Abychom si byli jistí, že si proband představoval dané úkoly, byl vyzván, aby po každé představě chůze zhodnotil obtížnost představy číslem od 1 do 4, kdy 1 představovala velmi obtížnou představu a 4 velmi snadnou představu. Mimoto jsme zjišťovali subjektivní rozdíl mezi výchozí polohou.

Všechny uvedené situace byly následně hodnoceny současně s rytmem o frekvenci 110 Hz. Avšak hodnocení těchto úkolů není náplní této práce.

## **4.6 Zpracování dat**

### **4.6.1 Zpracování a hodnocení elektromyografického záznamu**

Veškeré EMG záznamy a záznamy z akcelerometru byly zpracovány počítačovým programem EMGworks<sup>®</sup> Analysis. Nejdříve byly definovány úseky EMG záznamu hodnocených svalů všech porovnávaných situací (klid píseň (K1), představa chůze (P1), klid píseň po vlastní realizaci chůze (K2) a představa chůze po realizaci chůze (P2)). Ve všech případech se jednalo o úsek o délce 10 sekund (1-11 sekund). Následně byly EMG záznamy zrekifikovány a vyhlazeny pomocí algoritmu střední kvadratické hodnoty (RMS – root mean square) o velikosti okna 0,25 sekund a překrytí okna 0,05 sekund. Záznamy z akcelerometru byly hodnoceny pouze v rovině Z, u stejných situací jako EMG záznamy. Opět byla stanovena délka úseku na 10 sekund (1-11 sekund), tak aby se shodovala s úseky EMG záznamu. Posléze byly zpracované RMS hodnoty a data z akcelerometru převedeny do programu Microsoft Office Excel, kde byla vypočítána průměrná svalová aktivita všech hodnocených svalů. Takto upravené hodnoty byly seřazeny do tabulky za účelem statistického zpracování.

#### **4.6.2 Statistické zpracování dat**

Ke statistické analýze dat byl zvolen program STATISTICA CZ verze 12 firmy StatSoft. Pro statistické zhodnocení dat byla nejdříve potřeba vypočítat rozdíl svalové aktivity jednotlivých porovnávaných situací. Nejprve bylo pomocí Shapiro-Wilkova testu zjištěno, zda mají naměřená data normální rozložení, a na základě výsledku byly použity parametrické či neparametrické testy. Vzhledem k tomu, že data nevykazovala normální rozložení, pro další zpracování byl zvolený neparametrický Wilcoxonův párový test. Za signifikantní byly považované výsledky, jejichž hodnota statistické významnosti byla  $p < 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

Tabulky 1 a 2 zobrazují průměr a směrodatnou odchylku hodnoty svalové aktivity jednotlivých svalů během testovaných situací vsedě a ve stoji.

	K1 SED [V]		P1 SED [V]		K2 SED [V]		P2 SED [V]	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
<b>TA dx.</b>	5,8E-06	5,26E-06	5,92E-06	5,33E-06	5,02E-06	3,17E-06	4,69E-06	2,42E-06
<b>TA sin.</b>	5,13E-06	2,93E-06	5,31E-06	3,65E-06	4,49E-06	2,17E-06	4,34E-06	1,96E-06
<b>GM dx.</b>	4,36E-06	2,53E-06	4,38E-06	3,15E-06	4,17E-06	3,25E-06	3,89E-06	2,34E-06
<b>GM sin.</b>	4,27E-06	2,56E-06	4,26E-06	2,86E-06	4,29E-06	2,9E-06	3,8E-06	1,91E-06

**Tab 1** Základní veličiny popisné statistiky vybraných svalů během testovaných situací v poloze vsedě

**Legenda k Tabulce 1:** V – volt; K1 SED – klidová aktivita před provedením chůze vsedě; P1 SED – představa chůze před její vlastní realizací vsedě; K2 SED – klidová aktivita bezprostředně po vykonání chůze; P2 SED – představa chůze po realizaci vlastní chůze; X – průměr; SD – směrodatná odchylka; TA – tibialis anterior; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin - levý

	K1 STOJ [V]		P1 STOJ [V]		K2 STOJ [V]		P2 STOJ [V]	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
<b>TA dx.</b>	5,73E-06	4,45E-06	6,04E-06	5,39E-06	5,03E-06	4,03E-06	4,58E-06	2,85E-06
<b>TA sin.</b>	5,85E-06	2,78E-06	6,45E-06	7,19E-06	4,92E-06	2,38E-06	4,86E-06	2,43E-06
<b>GM dx.</b>	7,24E-06	4,56E-06	7,13E-06	4,45E-06	7,2E-06	4,11E-06	7,58E-06	4,83E-06
<b>GM sin.</b>	7,75E-06	4,36E-06	8,72E-06	5,15E-06	8,34E-06	7,21E-06	7,84E-06	5,56E-06

**Tab 2** Základní veličiny popisné statistiky vybraných svalů během testovaných situací v poloze ve stoji

**Legenda k Tabulce 2:** V – volt; K1 STOJ – klidová aktivita před realizací chůze ve stoji; P1 STOJ – představa chůze před jejím vlastním provedením; K2 STOJ – klidová aktivita bezprostředně po realizaci chůze; P2 STOJ – představa chůze po jejím vlastním provedení; X – průměr; SD – směrodatná odchylka; TA – tibialis anterior; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin - levý

Cílem bylo zjistit, zda představa chůze má vliv na míru svalové aktivity *m. tibialis anterior* a *m. gastrocnemius medialis* obou dolních končetin ve výchozí poloze vsedě či ve stoji během klidu s písni (K1), představy chůze (P1), klidu s písni bezprostředně po realizaci vlastní chůze (K2), představy chůze bezprostředně po realizaci vlastní chůze (P2), a porovnat jednotlivé situace mezi sebou dle uvedených hypotéz.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí Wilcoxonova párového testu byla vypočítána statistická významnost ( $p$ ) pro následné ověření nulových hypotéz.

## 5.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického zhodnocení

Hypotézu  $H_{01}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze v sedu se neliší od klidu v sedu.*“, nelze zamítnout pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{A1}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze se liší od klidu v sedu.*“, zamítáme pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{02}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze ve stoji se neliší od klidu ve stoji.*“, nelze zamítnout pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{A2}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM během představy chůze ve stoji se liší od klidu ve stoji.*“, zamítáme pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{03}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM v sedu se nemění při představě chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vykonání vlastní chůze.*“, **zamítáme pro pravý ( $p = 0,020919$ ) i levý *m. gastrocnemius medialis* ( $p = 0,000580$ ).** Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Hypotézu  $H_{A3}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM v sedu se mění při představě chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vykonání vlastní chůze.*“, **nelze zamítnout pro pro pravý ( $p = 0,020919$ ) i levý ( $p = 0,000580$ ) *m. gastrocnemius medialis*.** Pro ostatní svaly se zamítá.

Hypotézu  $H_{04}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM ve stoji se nemění během představy chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vlastní chůzi.*“, nelze zamítnout pro všechny testované svaly.

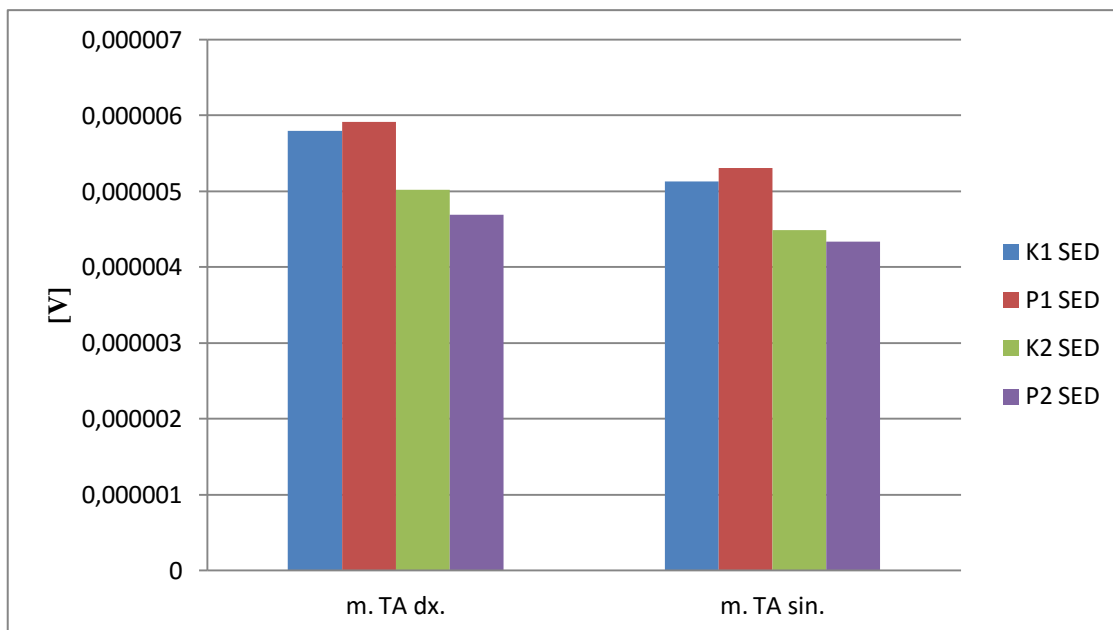
Hypotézu  $H_{A4}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM ve stoji se mění během představy chůze po vykonání vlastní chůze ve srovnání s klidem bezprostředně po vlastní chůzi.*“, zamítá se pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{05}$  ve znění „*Během představy chůze a během představy chůze po vykonání vlastní chůze nedochází ke změně posturálních výchylek v porovnání s klidem.*“, nelze zamítnout pro všechny testované svaly.

Hypotézu  $H_{A5}$  ve znění „*Během představy chůze a během představy chůze po vykonání vlastní chůze dochází ke změně posturálních výchylek v porovnání s klidem.*“, zamítáme pro všechny testované svaly.

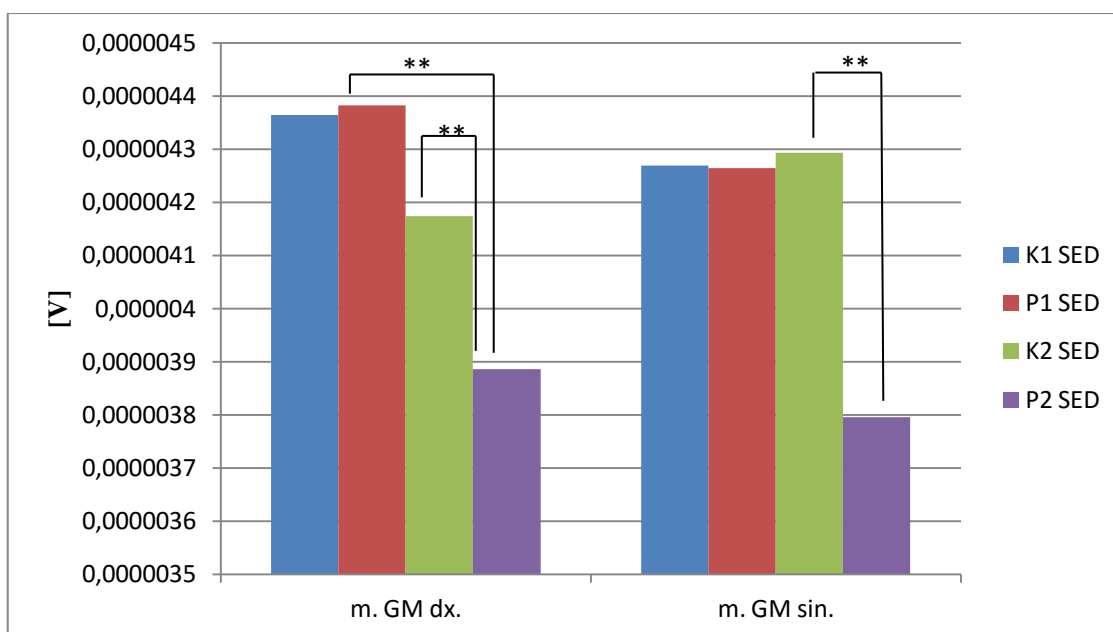
Hypotézu  $H_{06}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM se nemění během sedu a stoje při klidu před a po realizaci vlastní chůze,*“, **zamítá se pro levý (pro K1 je  $p = 0,000018$ , pro K2 je  $p = 0,000092$ ) i pravý (pro K1 je  $p = 0,000197$ , pro K2 je  $p = 0,000008$ ) m. gastrocnemius medialis** ve všech testovaných situacích. Pro všechny zbylé situace nelze zamítnout.

Hypotézu  $H_{A6}$  ve znění „*Svalová aktivita m. TA a m. GM se mění během sedu a stoje při klidu před a po realizaci vlastní chůze.*“, **nelze zamítnout pro levý (pro K1 je  $p = 0,000018$ , pro K2 je  $p = 0,000092$ ) i pravý (pro K1 je  $p = 0,000197$ , pro K2 je  $p = 0,000008$ ) m. gatsrocnemius medialis** ve všech testovaných situacích. Pro všechny zbylé situace se zamítá.



**Graf 1** Aktivita m. tibialis anterior během testovaných situací ve výchozí poloze vsedě

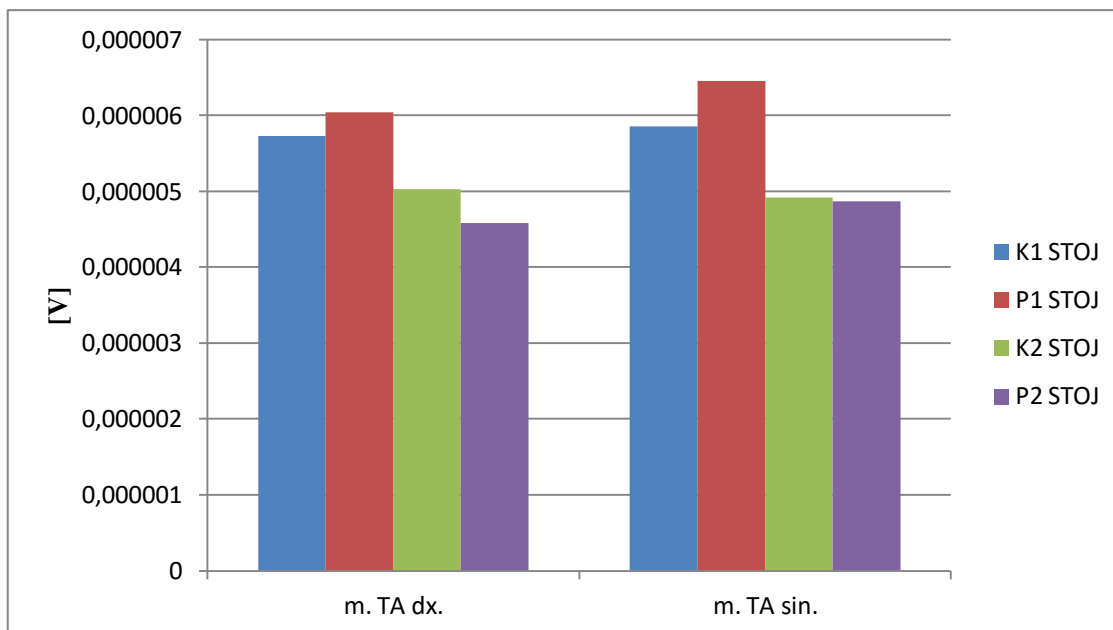
**Legenda ke Grafu 1:** K1 SED – klid před realizací chůze; P1 SED – představa chůze před její vlastní realizací; K2 SED – klid bezprostředně po realizaci chůze; P2 SED – představa chůze po realizaci vlastní chůze; TA – tibialis anterior; dx – pravý; sin - levý



**Graf 2** Aktivita m. gastrocnemius medialis během testovaných situací ve výchozí poloze vsedě

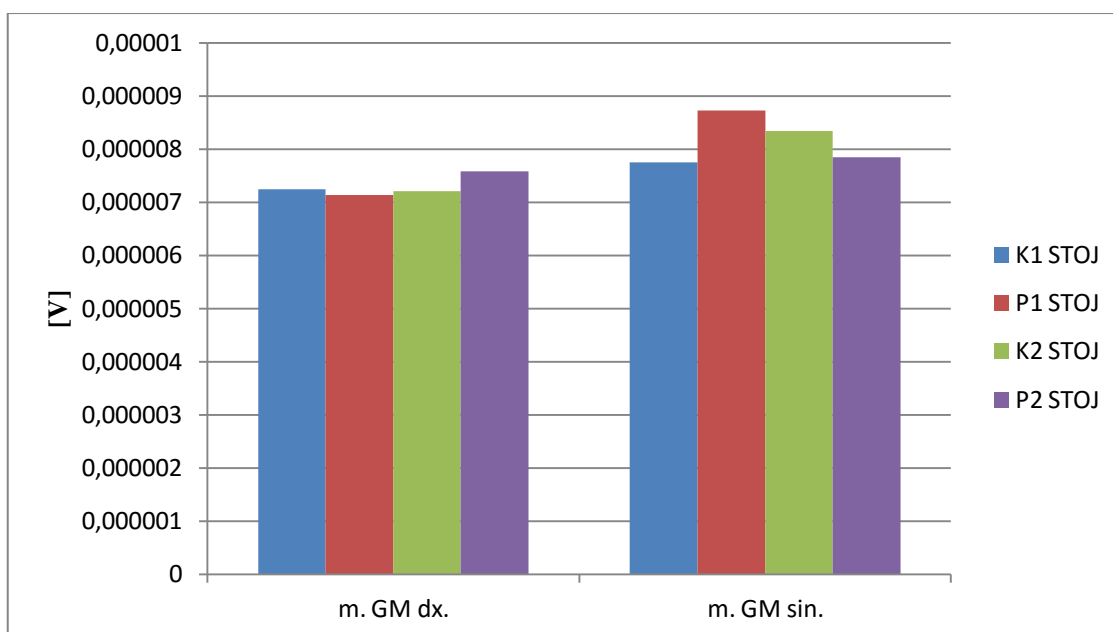
**Legenda ke Grafu 2:** K1 SED – klid před realizací chůze; P1 SED – představa chůze před její vlastní realizací; K2 SED – klid bezprostředně po realizaci chůze; P2 SED – představa chůze po její vlastní realizací; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin – levý; \*\* -  $p < 0,05$





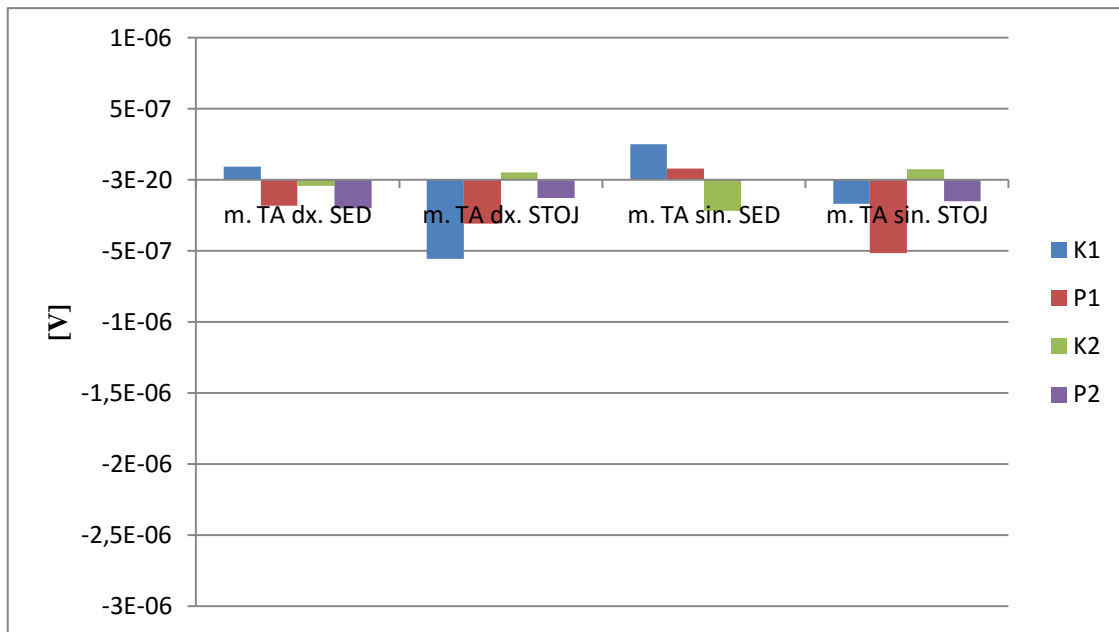
**Graf 3** Aktivita m. tibialis anterior během testovaných situací ve výchozí poloze ve stoji

**Legenda ke Grafu 3:** K1 STOJ – klid před realizací chůze; P1 STOJ – představa chůze před její vlastní realizaci; K2 STOJ – klid bezprostředně po realizaci chůze; P2 STOJ – představa chůze po její vlastní realizaci; TA – tibialis anterior; dx – pravý; sin - levý



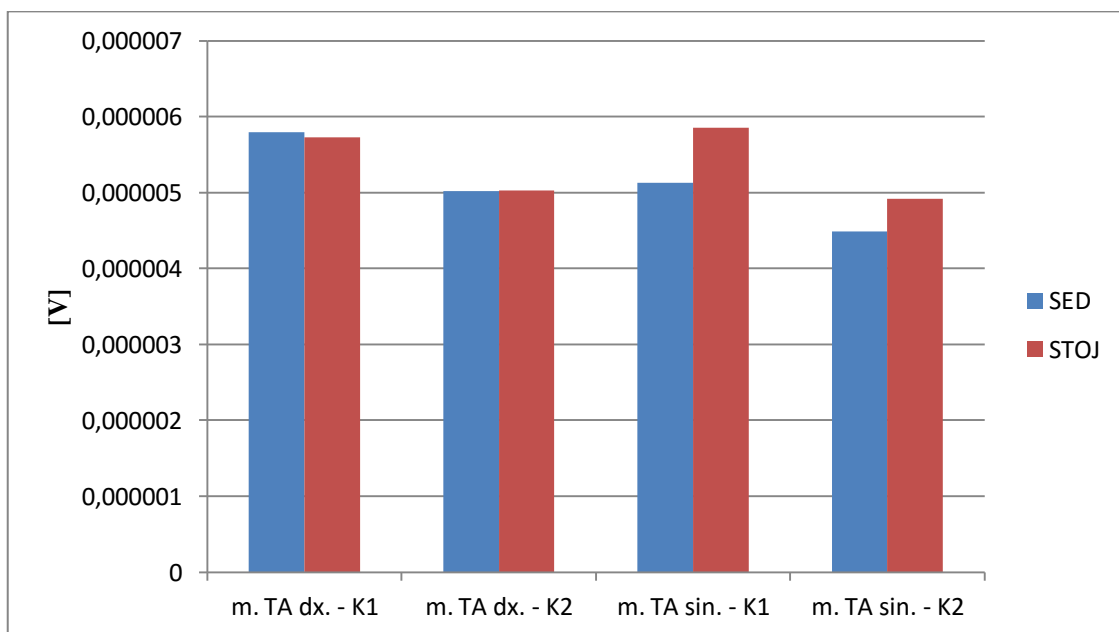
**Graf 4** Aktivita m. gastrocnemius medialis během testovaných situací ve výchozí poloze ve stoji

**Legenda ke Grafu 4:** K1 STOJ – klid před realizací chůze; P1 STOJ – představa chůze před její vlastní realizaci; K2 STOJ – klid bezprostředně po realizaci chůze; P2 STOJ – představa chůze po její vlastní realizaci; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin - levý



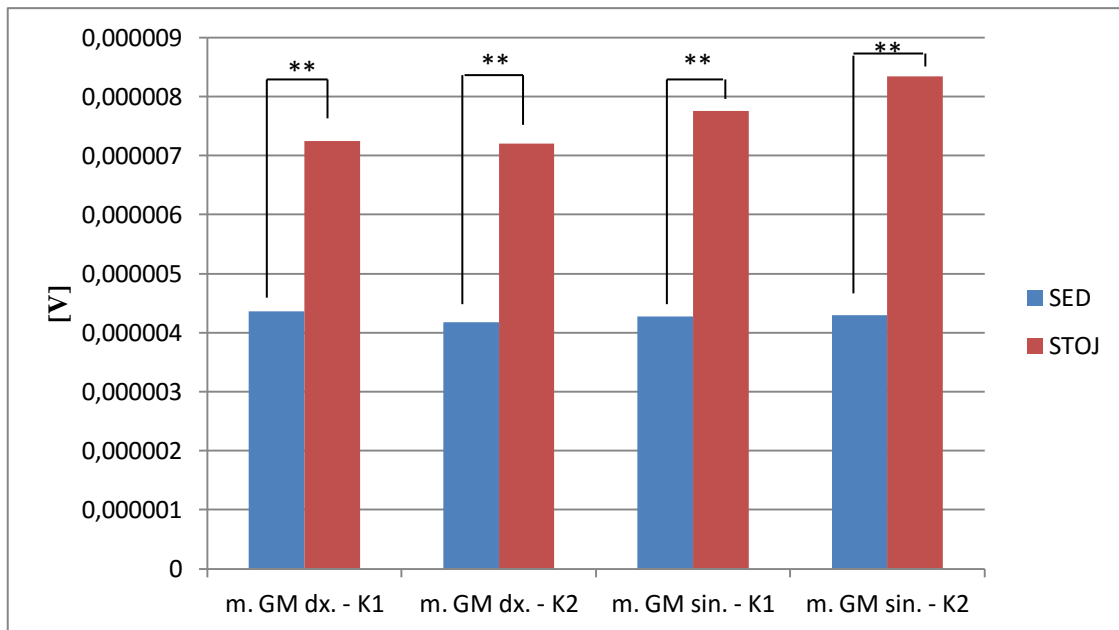
**Graf 5** Záznam z akcelerometru m. tibialis anterior během sedu a stoje při jednotlivých situacích

**Legenda ke Grafu 5:** K1 – klid před realizací chůze; P1 – představa chůze před její vlastní realizací; K2 – klid po realizaci chůze; P2 – představa chůze po vlastní provedení chůze; TA – tibialis anterior; dx – pravý; sin - levý



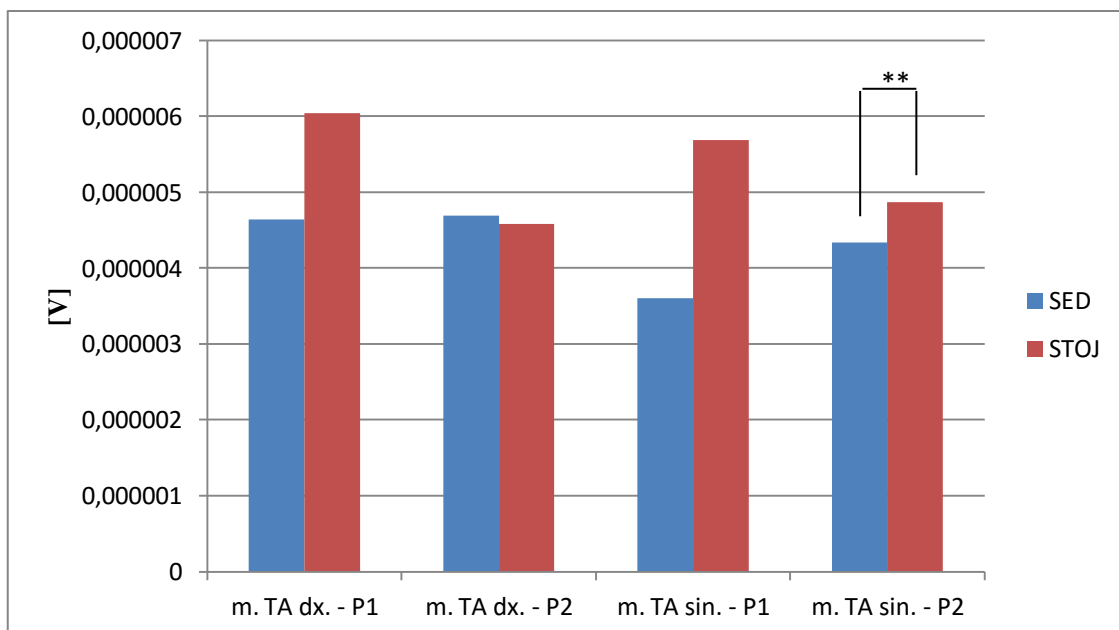
**Graf 6** Aktivita m. tibialis anterior vsedě a ve stoji během klidu před a po realizaci chůze

**Legenda ke Grafu 6:** K1 – klid před realizací chůze; K2 – klid bezprostředně po realizaci chůze; TA – tibialis anterior; dx – pravý; sin - levý



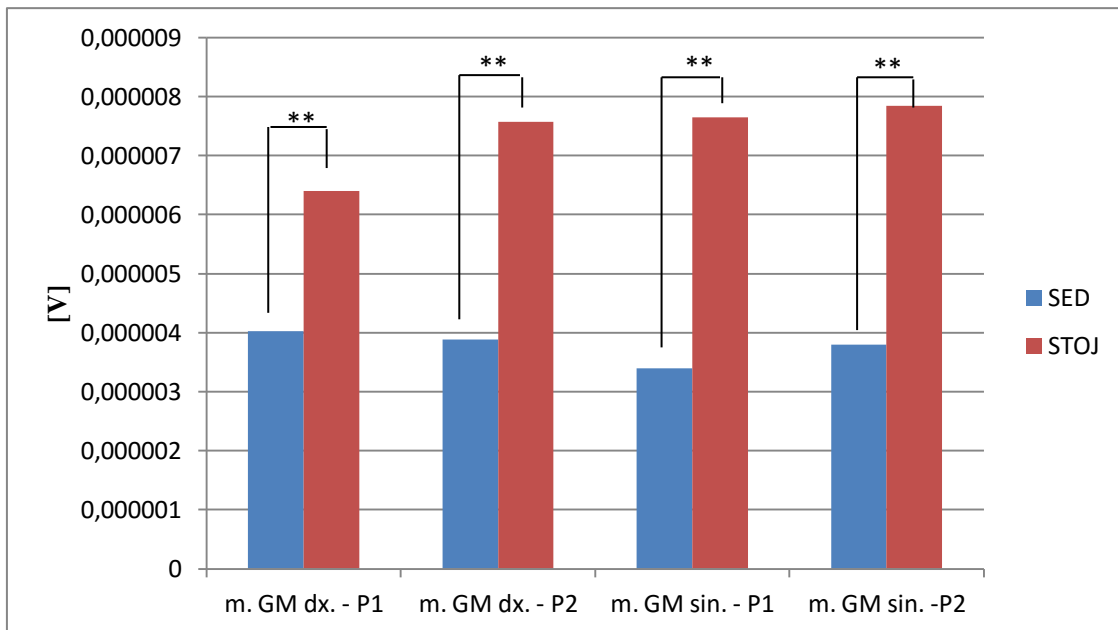
**Graf 7** Aktivita m. gastrocnemius medialis vsedě a ve stoji během klidu a po realizaci chůze

**Legenda ke Grafu 7:** K1 – klid před realizací chůze; K2 – klid bezprostředně po realizaci chůze; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin – levý; \*\* -  $p < 0,05$



**Graf 8** Aktivita m. tibialis anterior vsedě a ve stoji během představy chůze před a po realizaci chůze

**Legenda ke Grafu 7:** P1 – představa chůze před realizací vlastní chůze; P2 – představa chůze bezprostředně po realizaci chůze; TA – tibialis anterior; dx – pravý; sin – levý; \*\* -  $p < 0,05$



**Graf 9** Aktivita m. gastrocnemius medialis vsedě a ve stoji během představy chůze před a po realizaci chůze

**Legenda ke Grafu 9:** P1 – představa chůze před realizací chůze; P2 – představa chůze bezprostředně po realizaci chůze; GM – gastrocnemius medialis; dx – pravý; sin – levý; \*\* -  $p < 0,05$

## 6 DISKUZE

### 6.1 Vliv představy na svalovou aktivitu

Během posledních let došlo k rostoucímu zájmu o studium motorické představivosti, a to především ve spojitosti s jejím využitím v neurorehabilitaci. Motorická představivost je považována za aktivní proces, během kterého je reprezentace určitého pohybu vnitřně reprodukována prostřednictvím pracovní paměti, bez jakéhokoliv zjevného pohybu a svalové kontrakce (Bunno et al., 2015, p. 2775). Již dlouhou dobu je využívána pro tréninkové účely ve sportu (Reiser et al., 2001, p. 1), tanci či hry na hudební nástroje (Lotze & Halsband, 2006, p. 387). Její klinické využití je v současnosti především diskutováno ve spojitosti s terapií po cévní mozkové příhodě. Mimo jiné se zjistilo, že nácvik motorické představivosti přispívá, pomocí zvýšení kognitivního řízení, k lepší struktuře procedurální paměti (Jeannerod & Decety, 1995, p. 727). Ranganathan et al. (2004, p. 945) navíc uvádějí, že imaginace pohybu může být využívána za účelem udržení či zvýšení nervových signálů s cílem zvýšit svalovou sílu. Tento nálezný má klinický význam ve zlepšení motorických funkcí u pacientů, kteří jsou neschopni zvýšit svalovou sílu z důvodu velké slabosti, stejně tak i v případech imobilizace či poškození periferních nervů. Předběžné studie ukazují, že mentální nácvik motorické aktivity je užitečný i u pacientů s poraněním hlavy, a to za účelem zlepšení jejich výkonnosti.

Řada studií přišla k závěru, že motorická představivost má za následek zlepšení motorického učení a motorického zotavení, které sdílejí řadu společných aspektů. Tuto schopnost ověřil Lafleur et al. (2002, pp. 150-152) na zdravých subjektech, kteří byli schopni naučit se a praktikovat představu plantární a dorzální flexe kotníku. Jedním z pravděpodobných důvodů je fakt, že představa pohybu vede k aktivaci motorického kortexu, stejně tak dobře jako k subkortikálních oblastí, jejichž aktivita je přítomná i v případě fyzického výkonu, jak bylo posléze, díky pokrokům neurovizuálních metod, potvrzeno. Mluvíme především o oblastech mozku zahrnujících suplementární motorickou oblast, primární motorický kortex, parietální kortex, bazální ganglia a mozeček (Guillot et al., 2008, p. 1472; Lotze et al., 1999, p. 493).

V poslední době je nejvíce diskutovaným tématem právě role primárního motorického kortexu v procesu motorické představivosti v souvislosti se skutečným

pohybem. Ačkoliv její funkčnost v procesu imaginace pohybu je sporná, její aktivita byla zaznamenaná během představy chůze stejně tak dobře jako při představě pohybu končetinami (Meulen et al., 2012, p. 12). Vzhledem k tomu, že představa pohybu je charakteristická absencí vykonání jakéhokoliv pohybu, aktivita primární motorické kůry v tomto případě pravděpodobně reflektuje podvědomé kódování informací o prostoru a směru pohybu (Sharma et al., 2008, p. 97) nebo senzorní zpracování za účelem nastupujícího pohybu (Hanakawa et al., 2003, p. 997). Jinými slovy je považována za bránu motorických příkazů vysílaných k periférii, které v případě motorické představivosti musí být potlačeny. Můžeme tedy vyloučit možnost, že by aktivace primární motorické kůry souvisela nějakým způsobem se svalovou aktivitou. Vargas et al. (2004, pp. 1202-1203) dokonce odhalili masivní facilitaci primární motorické kůry během představy pohybu horní končetinou v případě, kdy se její poloha shodovala s výchozí polohou potřebnou pro vykonání daného pohybu, avšak podstatně slabší než v případě inkompatibilní polohy. Ganis et al. (2000, pp. 178-179) dokonce na základě transkraniální magnetické stimulace odhalili, že aktivita primární motorické kůry narušuje imaginaci pohybu. Některé studie dokonce odhalily aktivitu primární motorické kůry během představy pohybu u pacientů po amputaci a její závislost na „živosti“ představy. Zdá se, že její aktivita převažuje spíše u pacientů než u zdravých jedinců (Lotze et al., 2001, p. 2276), což může souviset s plastickými změnami vyplývajícími z chronického nedostatku somatosenzorické zpětné vazby. Nicméně nelze vyloučit, že pacienti po amputacích používají jinou strategii v porovnání se zdravými jedinci, vezmeme-li v úvahu, že pacienti s amputací nemají potřebu inhibovat motorické výstupy (Munzert et al., 2009, p. 313).

Je obecně známo, že aktivita suplementární motorické oblasti (SMA) je považována za jednu z klíčových při procesu motorické představivosti, dokonce se uvádí, že je v souladu s její rolí v rámci motorické přípravy, tedy při programování a simulaci komplexních motorických sekvencí (Meulen et al., 2012, p. 12). Nicméně některé studie se přou s tímto tvrzením a uvádějí, že její aktivita při imaginaci se kryje pouze částečně s aktivitou během skutečného pohybu (Deiber et al., 1996 in Munzert et al., 2009, p. 312). Jedna ze současnějších studií dokonce uvádí, že SMA oblast sehrává určitou roli i v procesu inhibice primární motorické kůry, čímž následně zabraňuje skutečnému pohybu (Kasses et al., 2008 in Munzert et al., 2009, p. 312).

Překrývající se činnosti byly zaznamenány i v dorzální části premotorického kortexu, zatímco o aktivitě ventrální části panují značné nesrovnalosti. Gerardin et al. (2000, pp. 1098-1099) uvádějí, že ventrální část je značně aktivovaná právě během představy oproti reálnému pohybu. Spojení bazálních ganglií s prefrontálním kortexem je pak důležité v procesu pracovní paměti. Z toho tedy vyplývá, že motorický systém se nepodílí pouze na vlastní realizaci vlastních volných pohybů, ale obdobně se účastní i motorické představivosti. Dalšími oblastmi jsou pak inferiorní a superiorní parietální lalok, jejichž zvyšující se aktivita je dávana do souvislosti se zvyšujícími se prostorovými nároky (Wolbers et al., 2003, p. 392).

Doposud se většina studií zajímala o představu pohybu horních končetin, a to ještě ve spojitosti s analytickými pohyby (Lebon et al., 2008, p. 181). Pouze malý zlomek studií je věnovaný představě chůze. Nicméně i tento zlomek se spíše zabývá studiem mozkové aktivity doprovázející představu než jejím vlivem na modulaci svalové aktivity (Malouin et al., 2003, pp. 47-62; Sacco et al., 2006, pp. 1141-1149; Jahn et al., 2004, pp. 1728-1729). Bylo zjištěno, že aktivované oblasti mozku během představy pohybu horní končetinou se značně liší od představy chůze, tudíž srovnávání těchto dvou mentálních úkolů může být do jisté míry sporné. V obou případech byla prokázána homunkulární organizace v primární sensorimotorické kůře (Szameitat et al., 2007, pp. 702-703).

Szameitat et al. (2007, p. 702) uvádějí, že představa každodenních komplexních pohybů zahrnujících pohyb horních končetin i celého těla se nijak výrazně neliší, dokonce koresponduje s představou jednoduchých, analytických pohybů. Nejdůležitější aktivita během představy komplexních pohybů je přisuzována laterální a mediální premotorické oblasti, zahrnující levý i pravý precentrální gyrus, mediální část superiorního frontálního laloku odpovídajícího suplementární a presuplementární oblasti (Picard & Strick, 1996, p. 347). Na rozdíl od současných a téměř všech předchozích studií Jahn et al. (2004, p. 1728) nezpozorovali aktivitu laterální a mediálního premotorického kortexu během komplexních pohybů zahrnujících chůzi, stoj a běh. Jedinou výjimkou byla aktivita SMA oblasti během představy chůze.

V naší studii jsme se zaměřili na představu chůze a jejího vlivu na svalovou aktivitu dolních končetin, jež byla zaznamenána pomocí povrchové elektromyografie. EMG aktivita v souvislosti s představou pohybu je široce diskutována. Řada studií zaznamenává aktivitu svalů během představy různých úkolů (Dickstein et al., 2005, pp. 475-483; Lebon

et al., 2008, pp. 181-185). Zaznamenané zvýšené EMG signály jsou ve většině případů porovnávány s klidovými záznamy a jejich velikost je přisuzována vynaloženému úsilí. Nicméně i tyto změny jsou ve většině případů, respektive u všech případů, považovány za malé v porovnání s amplitudou signálu získanou během skutečného pohybu.

Lebon et al. (2011, pp. 49-50) ve své studii zabývající se vlivem představy izometrické kontrakce na svalovou sílu po operaci ACL zaznamenali navýšení EMG aktivity. Domnívají se, že toto navýšení EMG aktivity by mohlo mít určitou spojitost s centrální aktivační modulací. Na základě funkčního vztahu a podobné kortikální reorganizace mezi imaginací pohybu a motorickým výkonem Ranganathan et al. (2004, p. 953) vysvětlují, že nárůst svalové síly po tréninku motorické představitosti je výsledkem navýšení kortikálních výstupních signálů, které by mohly řídit svaly na vyšší aktivační úrovni. Guillot et al. (2008, pp. 24-25) zase porovnávali EMG změny během odlišných typů kontrakce (koncentrická, excentrická, izometrická). V tomto případě vykazovala excentrická kontrakce nejnižší svalovou aktivitu, což může být zapříčiněno sníženým množstvím aktivovaných motorických jednotek v porovnání s koncentrickou kontrakcí, která naopak vedla k výraznému navýšení EMG signálu. Svými výsledky podpořili již dříve publikovanou studii Bakker et al. (1996, pp. 313-324), kteří došli k závěru, že zvedání 9kg činky v představě má za následek větší nárůst EMG aktivity oproti zvedání 4kg činek. Zijdewind et al. (2003, pp. 171-172) na základě svého výzkumu dokonce prokázali, že představa pohybu vede nejen k nárůstu volní síly plantárních flexorů nohy, ale také k většímu točivému momentu. Některé studie přikládají význam učení kognitivních složek motorického úkolu, zatímco jiní se spíše přiklání k již několikrát zmíněné podobnosti mezi skutečným a představovaným si pohybem. Malé neuromuskulární eferentní vzory generované během představy svalové kontrakce by mohly poskytovat kinestetickou zpětnou vazbu užitečnou pro optimalizaci motorického vzoru. Výsledky navíc ukazují, že trénink motorické představitosti nevedl pouze ke zvýšení volní síly plantárních flexorů nohy, ale navíc byly zaznamenané změny i v neurálních mechanismech řídících svalová vlákna. Z toho tedy vyplývá, že změny týkajícího se neurálního řízení svalové aktivity tvoří podstatu účinku motorické představitosti na produkci svalové síly, například změny ve svalové koordinaci či zvýšení úrovně aktivace cílových svalů (Zijdewind et al., 2003, p. 172). Toto tvrzení je podpořeno i dalšími studii, které uvádějí, že opakovaný trénink představy maximální kontrakce vede ke změnám centrálního nervového systému ve smyslu produkce silnějších signálů.



Následkem toho silnější příkazy centrálního nervového systému rekrutují inaktivní motorické jednotky nebo zvyšují aktivaci již aktivovaných motorických jednotek, v důsledku čehož dojde k větší produkci síly (Niazi et al., 2014, p. 598).

Na druhé straně existují i studie, které žádné změny EMG signálu nezaznamenávají (Yue and Cole, 1992, p. 1114-1123; Lafleur et al., 2002, pp. 142-157; Gentili et al., 2006, pp. 761-772). Yue & Cole (1992, pp. 1120-1121) prokázali, že mentální trénink pohybu prstu vede ke zvýšení maximální volní kontrakce, aniž by došlo ke změnám svalové aktivity, a to i v případě druhostranné, netestované končetiny. Z toho lze vyvodit, že během představy pohybu lze simulovat dynamické aspekty pohybu, a to zejména při využití kinestetické představy (Kitada et al., 2002, pp. 705-706).

## **6.2 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu**

Cílem studie bylo zaznamenat změny svalové aktivity distálních svalů dolních končetiny během představy chůze vůči klidovým podmínkám. Ačkoliv existuje řada důkazů potvrzujících, že představa pohybu horní končetinou vede k modulaci svalové aktivity, méně už je známo o představě chůze a jejím vlivu na svalovou aktivitu.

### **6.2.1 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu během sedu**

Zde diskuze k 1. a 2. hypotéze týkající se změn svalové aktivity testovaných svalů během představy chůze vůči klidovým podmínkám v situacích před realizací vlastní chůze (P1, K1) a bezprostředně po realizaci chůze (P2, K2). Testované situace byly prováděny ve výchozí poloze vsedě.

Z grafů 1-2 (str. 40) můžeme vypožorovat nárůst svalové aktivity během představy před chůzí (P1) vůči výchozí klidové hodnotě (K1), a to ve všech testovaných svalech, vyjma pravého m. gastrocnemius medialis, jehož aktivita naopak nepatrně poklesla. Ačkoliv tendence zvýšení EMG aktivity je patrná, nebyla zjištěna žádná statisticky významná signifikance. Podobně i Peikenkamp a Stief (2012, p. 246) ve své studii zabývající se vlivem představy chůze na svaly dolní končetiny zaznamenali nesignifikantní či proměnlivou svalovou aktivitou, což nasvědčuje tomu, že představa chůze má nesystematický vliv na svaly dolní končetiny. Mimo jiné výsledky naznačují, že svalová aktivita není zaznamenána napříč všemi svaly. Tyto výsledky jsou v souladu se studií

Dicksteina et al (2005, p. 479), který monitoroval pouze 4 svaly a ani v tomto případě nezaznamenal u všech svalů nějakou změnu. Jacobson (1931) dokonce uvedl, že EMG aktivita je zřejmá pouze ve svalech účastnících se daného pohybu, v tzv. „prime-mover“. Guillot et al. (2008, pp. 24-25) podobně jako ostatní zaznamenal podprahovou aktivitu, a to nejen v případě agonistů, ale také u antagonistů, synergistů a fixačních svalů. Mimo jiné zaznamenaná aktivita odrážela aktivitu skutečného pohybu, což naznačuje, že přítomnost svalové aktivity během motorické představivosti je specifická na vybraném úkolu (Lebon et al., 2008, p. 182). Tyto výsledky potvrzují, že zaznamenaná svalová aktivita není výsledkem reziduální tonické kontrakce. Tento výsledek zdůrazňuje funkční ekvivalenci mezi motorickou představivostí a motorickým výkonem (Guillot et al., 2008, p. 25).

Nárůst svalové aktivity během představy chůze oproti klidu si můžeme vysvětlit vynaložením zvýšeného úsilí a pozornosti nezbytného pro vykonání chůze v představě, jak uvádí ve své studii i Personnier et al. (2010, p. 189). Jiní autoři se naopak domnívají, že přítomnost podprahové EMG aktivity je výsledkem nekompletní inhibice motorických příkazů. Podle Jeanneroda (2001, p. 108) jsou během imaginace pohybu motorické výstupy inhibovány na určité úrovni centrálního nervového systému ještě dříve, než dosáhnou úrovně spinálních motoneuronů. Na jejich inhibici se podílí mechanismy generované paralelně s motorickými příkazy (Mulder et al., 2005, p. 349). V souladu s tím, co už je známo o přítomnosti motorické, premotorické a suplementární korové oblasti během MI, kortikospinální neurony právě těchto oblastí mají schopnost rekrutovat spinální motoneurony, což přispívá k vysvětlení, proč dochází ke zvýšení svalové aktivity (Lebon et al., 2008, p. 184). Zvažuje se také přítomnost podprahové aktivity motorického systému během představy, která není dostatečně silná aktivovat spinální motoneurony (Lemos et al., 2014, p. 104). Současné studie navrhují 3 inhibiční mechanismy doprovázející pohyb v představě. Zvažuje se tedy funkce parietálního kortexu, zajišťujícího motorickou inhibici během mentální reprezentace konstrukce procesů, dále funkce frontálního kortexu, který hraje roli v potlačování vlivu mozkového kortexu na oblast vyznačující se tvorbou motorických příkazů, a v neposlední řadě se mluví o spinální míše a mozečku, jež má inhibiční vliv na kontralaterální motorický kortex (Souza et al., 2015, p. 7). Konkrétně se zvažuje inhibiční vliv SMA oblasti, jež aktivuje retikulospinální trakt, na oblast primární motorické kůry. Přítomnost EMG aktivity pouze v některých případech může záviset i na schopnosti jednotlivých subjektů inhibovat daný pohyb nebo na okolnostech.

Ve druhém případě pak na typu aktivovaných svalových vláken, která mohou být ve hloubce uložené, a pomalého tonického typu, takže je méně pravděpodobné, že by jejich aktivita byla zaznamenaná pomocí použité povrchové elektromyografie (Dickstein et al., 2005, p. 481).

V situaci po již provedené chůzi došlo naopak k poklesu svalové aktivity během představy chůze v porovnání s klidem. Zatímco u mm. tibiales anteriores je pokles jejich aktivity nejednoznačný, mm. gastrocnemii mediales vykazují statisticky významné snížení aktivity. Určitou roli v tomto případě může sehrávat předcházející realizace skutečné chůze spojená s její lepší představou, avšak mnohem větší důvod přikládáme výchozí pozici, tedy sedu, který se zdá být neadekvátní pro představu pohybu jako je chůze. V řadě studií je sed zvolený z důvodu minimalizace EMG pozadí testovaných svalů. Avšak v tomto případě jej považujeme díky flexi v kyčelních a kolenních kloubech za polohu nevhodnou. Bakker et al. (2008, pp. 2526-2527) uvádějí, že kortikospinální excitabilita roste v případě, kdy se výchozí poloha slučuje s polohou charakteristickou pro skutečný pohyb.

Lafleur et al. (2002, pp. 142-157) oproti naší studii nezaznamenali žádnou změnu svalové aktivity m. tibialis anterior a m. soleus před realizací a po realizaci vlastního pohybu. Což opět potvrzuje fakt, že vzor mozkové aktivity během představy nelze přičítat pohybu či svalové kontrakci.

Podobně můžeme sledovat tendenci k poklesu svalové aktivity všech testovaných svalů během P2 vůči P1. V tomto případě došlo ke statisticky významné změně pouze u pravého m. gastrocnemiu medialis. Pravděpodobným důvodem této změny je nabytí zkušenosti na základě vlastního provedení chůze a následovné zlepšení její představy, i když možná jen na krátkou chvíli. Podobně tomu bylo i v případě Mulderovy studie (2005, pp. 349-350), kde zaznamenal změny právě u jedinců, kteří již měli zkušenost s představovaným pohybem a byli schopni provést daný pohyb již před zahájením představy. Toto zjištění nasvědčuje tedy tomu, že pro úspěšnost motorické představivosti je důležitá existence reprezentace testovaného pohybu. Rozsah, ve kterém je motorický kortex excitován představou pohybu, a s tím související následná motorická reakce se tedy pravděpodobně mění s kvalitou a schopností představy (Lebon et al., 2011, pp. 49-50). Je tedy možné, že aktivace kortikospinálních drah a svalů vyvolaná motorickou představivostí úzce souvisí se schopností představy, tedy čím vyšší je „živost“ představy, tím se aktivuje podstatnější část motorické kůry a dochází tak k větší aktivaci na periférii, včetně svalové

aktivity (Lacey & Lawson, 2013, pp. 102-103). Toto tvrzení se rozchází s našim, kdy my naopak tvrdíme, že kvalitnější a přesnější představa má spíše tendence k inhibičním procesům.

Vzhledem k tomu, že chůze představuje automatizovaný děj, který je využíván dennodenně, neměl by být problém s její představou. Důvodem tedy diskrepance svalové aktivity mezi představou před realizací a po realizaci chůze může souviset s neznalostí terénu, v našem případě chodby, po které se jedinci v představě měli procházet. I přesto, že s ní byli seznámeni na začátku měření, nebyla jim dostatečně známá a tedy až skutečné provedení chůze v tomto terénu jim představu ulehčilo.

Někteří autoři dokonce považují absenci signifikantního nárůstu EMG aktivity za předpoklad k provedení konkrétního pohybu v představě (Naito et al., 2002, pp. 3687-3688; Jackson et al., 2003, p. 1177), tedy za důkaz, že vzor mozkové aktivity sledovaný během motorické představivosti není důsledkem pohybu.

#### **6.2.2 Vliv představy chůze na svalovou aktivitu během stoje**

Zde uvádíme 3. a 4. hypotézu zabývající se vlivem představy chůze na svalovou aktivitu testovaných svalů v porovnání s klidovými hodnotami během situací před realizací vlastní chůze a bezprostředně po ní, ve výchozí poloze ve stoji.

Ve stoji můžeme opět vidět tendenci k nárůstu svalové aktivity během představy chůze před jejím vlastním provedením (P1) vůči klidu (K1) podobně jako u sedu. Týká se to všech testovaných svalů s výjimkou pravého m. gastrocnemius medialis, kde je náznak spíše k poklesu aktivity. Obdobně jako v předchozích situacích, ani zde nedošlo k žádné statistické signifikanci. Můžeme si ovšem všimnout, že změny jsou výraznější u svalů levé dolní končetiny, což může souviset s jejím vyšším zatížením. Stejně jako u sedu, i zde se domníváme, že nárůst svalové aktivity během představy má spojitost s vynaložením vyššího úsilí představy.

Podle grafu 3-4 (str. 41) je zřejmá tendence, že změny během představy chůze po její vlastní realizaci (P2) vůči klidu (K2) již nejsou tak jednoznačné jako v sedu. Můžeme zde vidět opět určitou tendenci k poklesu svalové aktivity během představy, která je ovšem daleko méně zřejmá než za předchozí situace. V případě pravého m. gastrocnemius medialis dochází k opačné aktivitě, tedy k lehkému nárůstu. Tyto nepatrné změny si

vysvětlujeme vlivem výchozí polohy, tedy stoje. Jak už bylo zmíněno v diskuzi u předchozích hypotéz týkajících se sedu, výchozí poloha by měla co nejvíce korelovat s polohou, ve které se daný pohyb provádí. V případě představy chůze se zdá být stoj vhodnější polohou v porovnání se sedem. Bylo prokázáno, že představa chůze ve stoji vede ke kratšímu časovému provedení představy, bližícímu se jejímu skutečnému výkonu, ale také k přesnější představivosti (Saimpont et al., 2012, p. 53). Navíc delší představa chůze v poloze vsedě nemůže být spojována s časem potřebným k mentálnímu zvednutí se ze židle, vzhledem k tomu, že probandé byli informováni, že představu začínají z polohy ve stoji. V tomto případě tedy aktuální výchozí pozice aktivně zasahovala do procesu simulace, tedy stoj (pozice připravená pro chůzi) facilitoval představu chůze, zatímco sed jí spíše bránil (Saimpont et al., 2012, p. 54). Tyto výsledky podporují a rozšiřují předchozí zjištění týkající se představy pohybu horních končetin, které prokazují, že doba trvání představy je kratší, je-li výchozí poloha končetin co nejvíce kongruentní s polohou skutečnou (Vargas et al., 2004, pp. 1202-1205). Mimo jiné bylo zaznamenáno i zvýšení kortikospinální excitability během představy pohybu prstů v poloze kompatibilní se skutečnou polohou v porovnání s polohou nekompatibilní, i přesto, že v tomto případě se jednalo o představu pohybu horními končetinami. Je důležité neopomenout fakt, že 21 z 36 probandů uvedla stoj jako výchozí polohu vedoucí ke kvalitnější představě.

Je třeba si uvědomit, že stoj představuje posturálně náročnější polohu než sed, dochází tedy k neustálému vyrovnávání posturálních výchylek. Antigravitační muskulatura je bohatá na svalová vřeténka, jejichž excitabilitu může navodit či zvýšit imaginace pohybu a tak nafacilitovat antigravitační posturální nastavení těla během mentálního nácviku pohybu (Souza et al., 2015, p. 8).

Navíc stoj v porovnání se sedem je zdrojem adekvátní propioceptivní aferentace. Tělo by mělo být v mozku reprezentované pomocí vizuálních, taktilních a propioceptivních informací (Maravita et al., 2003 in Saimpont et al., 2012, p. 54). A právě již zmíněné propioceptivní informace hrají důležitou roli v tzv. „online“ reprezentaci těla (Shenton et al., 2004 in Saimpont et al., 2012, p. 54), jsou tedy rozhodující pro určení vztahu mezi jednotlivými tělesnými segmenty (Ionta et al., 2007, p. 6). Již na primátech byla prokázána existence multisenzorické reprezentace postury v mozku (Mercier et al., 2008, p. 275). Domníváme se tedy, že právě vhodná propiocepce z kyčelních, kolenních kloubů a nohy má výrazný vliv na simulaci chůze v představě (Saimpont et al., 2012, p. 54) stejně jako na zvýšení kortikospinální excitability.

Na příkladu imaginace pohybu horní končetinou bylo ukázáno, že modulace její aktivity v motorické a parietální oblasti je závislá na skutečné konfiguraci končetiny během daného úkolu (Vargas et al., 2004, pp. 1202-1205). Přesněji řečeno byla zaznamenaná zvýšená kortikospinální excitabilita během simulace pohybu prstů, v případě, kdy jejich výchozí pozice byla slučitelná s polohou potřebnou pro daný pohyb (Vargas et al., 2004, pp. 1202-1205; Mercier et al., 2008, p. 275). Podobně i Lorey et al. (2009, p. 241) našli shodu mezi polohou těla během MI, která odpovídala skutečné poloze a silnější neurální aktivací. Ionta et al. (2007, p. 6) naopak studovali rozlišení laterality na akrech horních i dolních končetin. Na základě výsledků došli k závěru, že skutečná pozice ruky má vliv pouze na určení laterality na horních končetinách, zatímco na dolních končetinách ne. Což ukazuje, že výchozí posturální nastavení ovlivňuje motorickou představivost podle somatotopických pravidel. Vargas et al. (2004, pp. 1202-1205) zkoumal pomocí transkraniální magnetické stimulace vliv výchozí polohy ruky na facilitaci kortikospinální excitability vyvolané mentální simulací pohybů ruky, konkrétně spojování palce s malíčkem. Výsledky podle předpokladů ukázaly, že kortikospinální excitabilita byla vyšší v případě, kdy výchozí poloha ruky byla kompatibilní, což znamená, že skutečná pozice vykazuje modulační účinek na proces motorické představivosti. Podobnou studii provedl Mercier et al. (2008, p. 275), který ovšem zkoumal dotyk palce a malíku s otevřenými a zavřenými očima. Ukázalo se, že když měli probandé zavřené oči, skutečná poloha neměla žádný vliv na představu, zatímco při otevřených očích měla modulační účinek na kortikospinální excitabilitu. Tyto výsledky nasvědčují tomu, že absence propriocepce a vizuální kontroly může zvýšit nebo naopak inhibovat reprezentaci těla, což potvrzuje myšlenku, že postavení končetin v mozku je organizováno pomocí multisenzorické reprezentace.

Co se týče představy pohybu dolní končetinou, zde byla zjištěna zvýšená aktivita v oblasti posteriorního parietálního laloku během výchozí pozice vsedě v porovnání s pozicí ve stoje (Malouin et al., 2003, pp. 240-251; Bakker et al., 2008, pp. 2519-2527). Jak bylo zjištěno, tato oblast je důležitá z důvodu jejího zainteresování do sensorimotorických mechanismů (Sirigu et al., 1996, pp. 916-917), ale také díky účasti plánování pohybu (Snyder et al., 2002 in Gentili et al., 2006, p. 769).

Vzhledem k tomu, že byla prokázána určitá spojitost mezi alternací tělesného schématu a následného zhoršení představy, jedním z hlavních kritérií této studie byla nepřítomnost jakéhokoliv bolestivého stavu. Například pacienti s chronickou bolestí

ramene nebo s komplexním regionálním bolestivým syndromem vykazovali specifické zhoršení při představě rotace tělesných segmentů zasažených bolestí (Ionta et al., 2007, p. 6). Blízký vztah mezi aktuálním senzomotorickou poruchou a deficitem představy pohybu byl ozřejměn i u pacientů s fokální dystonií ruky, charakterizovanou trvalými svalovými kontrakcemi, kterým déle trvala představa rotace postižené ruky v porovnání s ostatními segmenty (Ionta et al., 2007, p. 6). Mimo jiné bylo zjištěno, že pohyb distálními částmi končetin je z biomechanického hlediska velmi složitý k jeho mentální simulaci.

Určitou roli v modulaci svalové aktivity hraje i výběr vhodné strategie motorické představivosti. V našem případě jsme zvolili představu kinestetickou, pro kterou je charakteristická modulace kortikomotorické excitability, primárně na supraspinální úrovni (Stinear et al., 2006, p. 2312). Yao et al. (2013, pp. 1-6) porovnávali aktivitu centrálního nervového systému při kinestetické a vizuální představě. Obecně platí, že obě strategie vyžadují pozornost subjektů, nicméně kinestetická představa se vyznačuje výraznou aktivitou motorické kortikální oblasti (snad i somatosenzorické a primární motorické oblasti) v porovnání s představou vizuální. A to pravděpodobně z toho důvodu, že v případě kinestetické představy se kortikální centra snaží obnovit kinestetické cítění a generovat tak silné příkazy během motorické představivosti. Značně tedy aktivuje motorické oblasti podílející se na plánování a realizaci pohybu. Mimoto se kinestetická představa vyznačuje výraznou aktivitou parietálního, konkrétně inferoparietálního kortexu, který se podílí na senzoro-vizuální reprezentaci a přípravě pohybu (Fogassi & Luppino, 2005, p. 627).

Příčinu těchto proměnlivých výsledků můžeme zejména přičítat metodologickým problémům. Jednak využití povrchové elektromyografie namísto jehlové elektromyografie může být příčinou, proč změny EMG aktivity nebyly zaznamenány ve všech testovaných svalech. Na druhou stranu EMG záznamy mohou být ovlivněny i způsobem měření a experimentálními podmínkami. Týká se to především konfigurace elektrody, vzdálenosti mezi aktivními svalovými vlákny a elektrodou a v neposlední řadě umístěním elektrody na svalovém břišku (Guillot et al., 2008, p. 19).

Navíc kosterní svaly jsou charakterizovány řadou fyziologických vlastností a jsou aktivovány v odlišných frekvencích. Pomalá vlákna (typ I) jsou aktivována o nízké frekvenci v rozsahu 50 až 20 Hz, zatímco pro rychlá vlákna je charakterističtější vyšší frekvence 30 ž 200 Hz. Intenzita mentálního úsilí tak může působit odlišným účinkem na

oba typy svalových vláken, což se může odrazit i v EMG záznamech (Souza et al., 2015, p. 9).

V neposlední řadě mohou mít tyto nejednoznačné výsledky určitou spojitost i s výběrem představovaného si pohybu. Jak už bylo uvedeno, většina již vzniklých studií se zaměřila na pohyb horních končetin, méně pak na pohyb dolních končetin, ale především zkoumali z velké části jednoduché, analytické pohyby. Chůze ovšem představuje komplexní pohyb vyžadující řízení na mnoha úrovních. Kdybychom brali v úvahu, že chůze představuje vysoce automatizovaný pohyb, který člověk využívá dennodenně, její představa by neměla být nijak složitá. Nicméně s ohledem na znalosti jejího řízení se můžeme domnívat, že její představa byla pro probandy mnohem těžší, než jsme očekávali. Studie (Bakker et al., 2007, p. 501; Munzert et al., 2015, pp. 813-814) zaměřené na představu chůze odhalily, že doba trvání představy chůze je velice blízká době trvání fyzické chůze, čímž podporují i ostatní studie zahrnující představu pohybu horní končetinou. Toto zjištění naznačuje, že probandi byli schopni zachovat časovou organizaci chůze během její představy vykonávanou v novém prostředí, ve výchozí poloze vsedě (Bakker et al., 2007, p. 501). Jiné studie zabývající se naopak reaktivitou autonomního systému zachytily změny srdečních a respiračních hodnot během představy chůze na chodícím pásu, přičemž zvyšující se rychlost se odrážela v autonomních odpovědích, jejichž hodnoty obdobně narůstaly (Decety et al., 1991, p. 4).

Ačkoliv se zdá, že jednoduchý pohyb chodidla je vzdálený od komplexnějšího pohybu končetin charakteristických pro chůzi, Bakker et al. (2008, pp. 2525-2527) na základě transkraniální magnetické stimulace prokázal blízký vztah v řízení m. tibialis anterior během představy jednoduchého pohybu do dorzální flexe a chůze. Z toho tedy vyplývá, že kortikospinální excitabilita jednoduchého pohybu předpovídá excitabilitu komplexnějšího pohybu zahrnujícího totožné svaly.

### **6.2.3 Přítomnost posturálních výchylek během představy chůze a klidových hodnot**

Uvádíme 5. hypotézu, jež se zabývá přítomností posturálních výchylek během představy chůze v situacích před a po její vlastní realizaci v porovnání s klidovou aktivitou.

Naším předpokladem bylo, že kinestetická představa, kterou v naší studii využíváme, nepovede k výraznému zvýšení posturálních výchylek vzhledem ke zvoleným výchozím



pozicím. Z grafu 5 (str. 42) je zřejmé, že během všech testovaných situací nebyla zaznamenaná přítomnost statisticky významných hodnot během klidu a představy chůze. Můžeme tedy říct, že změny svalové aktivity souvisí pouze s vlastní představou pohybu a nikoliv s pohybem samotným.

Naše výsledky se razantně rozcházejí s výsledky současných studií (Grangeon et al., 2011, pp. 52-53; Rodrigues et al., 2010, p. 747; Lemos et al., 2014, pp. 101-102), které naopak uvádějí, že představa pohybu ve vzpřímeném postoji podporuje nárůst posturálních výchylek bez jakýchkoliv změn svalové aktivity lýtkových svalů. Zatímco naše EMG záznamy potvrzují signifikantně významný nárůst svalové aktivity obou mm. gastrocnemii mediales.

Je obecně známo, že posturální kontrola u člověka závisí na integraci mnohonásobných sensorických systémů (vizuální, vestibulární, propioceptivní), řízení svalové síly, točivých momentech kloubů podél tělesné osy a motorických dovednostech zahrnující strategie reakcí na anterioposteriorní výchylky (Souza et al., 2015, p. 2). V kontextu s předchozími studii je tedy možné, že posturální kontrola je mimo jiné ovlivněna i neurálními procesy na vysoké úrovni, včetně motorické představivosti (Lemos et al., 2014, p. 101). To ovšem v našem případě nebylo potvrzeno.

Dále bylo zjištěno, že modulace posturálních výchylek může mít určitou souvislost i s úsilím představovaného pohybu. Literatura uvádí, že udržení statické rovnováhy je do značné míry automatizovaný proces, vyžadující malou pozornost, ale zároveň je citlivý ke kognitivním aktivitám, včetně motorické představivosti (Stins et al., 2015, p. 82). V našem případě tedy představa chůze ve stoji, potažmo i vsedě představuje tzv. „dual-task“. Existují důkazy o tom, že v případě zvyšování požadavků na pozornost kognitivního úkolu dochází současně i k nárůstu posturálních výchylek (Pellecchia, 2003, p. 33). Pokud by tedy míra úsilí a pozornosti vynaložená k představě daného pohybu souvisela s větším výskytem posturálních výchylek, můžeme se domnívat, že představa chůze po rovině, jako v našem případě, nevyžaduje takovou soustředěnost a úsilí.

Někteří autoři se domnívají, že výskyt posturálních změn má určitou souvislost s podobností v neurální aktivitě představy a skutečného pohybu. Potvrzují to například Guillot et al. (2009, pp. 102-114), kteří na základě zobrazovacích technik, odhalili aktivitu mozečku a bazálních ganglií, jež se podílejí i na fyzickém pohybu. Boulton & Mitra (2013, pp. 2623-2624) prokázali významný dopad posturálních podmínek na délku představy

dosahové aktivity. Posturální výchylky byly značné zejména v případě, kdy pohyb byl prováděn ve směru nestability. Podobně i Rodriguez et al., (2010, pp. 747-748) odhalili výraznou posturální aktivitu během představy bilaterální plantární flexe dolních končetin, která již nebyla doprovázena změnami EMG hodnot. Výskyt posturálních změn je tedy přisuzován nedokonalé inhibici motorických příkazů, podobně jak je tomu i v případě svalové aktivity. Nicméně pokud by to byla pravda, tak by i v našem případě mělo dojít k významným posturálním změnám, a to především v poloze ve stoje, kde výrazně převažovala aktivita lýtkových svalů, jejíž nárůst právě díky absenci posturálních změn přisuzujeme samotné představě chůze a s tím související nekompletní inhibici motorických příkazů. Mimo to, kdyby se skutečně jednalo o nekompletní inhibici motorických příkazů, měly by být přítomny i změny v EMG aktivitě. V tomto kontextu Lemos et al. (2014, pp. 101-105) uvádějí, že motorická představivost generuje podprahovou excitaci motorických drah zahrnutých do posturálního řízení, současně je však rovnováha udržována aktivitou posturálních synergií, dochází tedy k sumaci aktivit, která má za následek vznik nadprahové posturální aktivity. Jednoduše řečeno podprahová aktivita se stává aktivitou nadprahovou, jakmile je motorický systém aktivní, jako například při vzpřímeném stoji, a následnou kombinací efektů dochází ke změnám posturálních výchylek. Tento mechanismus je přijatelný pro představu pohybu zahrnující aktivitu svalů, jež se současně podílejí i na udržení vzpřímeného stoje. Nicméně v našem případě ani toto tvrzení nelze pokládat za adekvátní.

Nakonec je důležité zmínit, že výzkum byl prováděný na mladých, zdravých jedincích bez jakéhokoliv posturálního deficitu. Je dobře známo, že jak laterální stabilita, tak schopnost motorické inhibice klesá s věkem (Boulton & Mitra, 2015, p. 326), tedy signifikanci výskytu posturálních výchylek bychom očekávali spíše u starších lidí.

#### **6.2.4 Vliv výchozí polohy na svalovou aktivitu během všech testovaných situací**

Zde uvádíme 6. a 7. hypotézu, zabývající se porovnáním svalové aktivity testovaných svalů během sedu a stoje během klidu před realizací chůze (K1) a klidu po realizaci chůze (K2), stejně tak během představy před realizací chůze (P1) a představy po realizaci chůze (P2).

Dle našeho očekávání téměř ve všech případech stoj vykazoval vyšší hodnoty EMG aktivity v porovnání se sedem. Signifikantní navýšení bylo zjištěno v případě obou

mm. gastrocnemii mediales během všech porovnávaných situací (K1, K2, P1, P2), v případě levého m. tibialis anterior došlo k signifikanci během situace P2. Výjimku tvořil pravý m. tibialis anterior v porovnávaných situacích K1 a P2, kde můžeme vidět mírný nesignifikantní pokles aktivity.

Zvýšení svalové aktivity během stoje může být v první řadě způsobeno jeho celkovou posturální náročností a zvýšením nároků na svalovou aktivitu, týkající se především distálních svalů dolních končetin v antero-posteriorním směru (Winter, 1995, p. 205). Konkrétně zadní skupina svalů, včetně m. gastrocnemius medialis, aktivně brání kymácení způsobenému vlivem gravitace (Loram et al., 2004, p. 683). Z grafu 5 (str. 42) je zřejmý lehce převažující výskyt posturálních výchylek dorzálním směrem, s čímž může souviset převažující aktivita mm. gastrocnemii mediales. Nicméně s ohledem na absenci signifikance posturálních výchylek tento nárůst aktivity nemůže být přisuzován tomu, že stoj představuje posturálně náročnější polohu, ale jednoznačnou roli zde hraje samotná představa chůze.

Je důležité si uvědomit, že narozdíl od většiny studií, kde vyžadovali, aby svaly byly relaxované, jak jen to bylo možné, tak v našem případě obě výchozí pozice vyžadovaly určitou svalovou aktivitou. Lze to tedy pokládat za další důvod, proč výsledky EMG aktivity byly tak nejednoznačné. Louis et al. (2011, p. 378) naopak tvrdí, že relaxace během představy není nutná, ba dokonce může omezovat benefity představy týkající se zlepšení motorického výkonu. Jinými slovy, relaxace by měla být používána pouze během iniciální představy za účelem pomoci subjektům redukovat možné rozptýlení, těsně před použitím motorické představitosti (Lebon et al., 2011, p. 48).

### **6.3 Přínos pro fyzioterapeutickou praxi**

V průběhu posledních dvou desetiletí byla vytvořena spousta prací zabývajících se využitím mentálního nácviku prostřednictvím motorické představitosti za účelem optimalizace znovuoobnovení motorických funkcí u pacientů s fyzickým deficitem. Přestože její využití jako dopňkové terapie fyzického cvičení v rámci neurorehabilitace je stále relativně nové a zůstává spousta otázek týkajících se optimalizace tréninkových strategií, byla již použita k přípravě a zlepšení výkonu ve sportu (Weinberg, 2008, pp. 1-14), k podpoře znovuoobnovení se lokomoce u pacientů s neurologickým deficitem (Malouin & Richards, 2010, pp. 240-251), k optimalizaci dalších dovedností, jako je

regulace posturálního řízení a k hodnocení aktivity mozku během pohybu (Bakker et al., 2007, pp. 497-504) či k dynamice motorického plánování a přípravy (de Lange et al., 2008, pp. 494-506).

Je důležité si uvědomit, že představa pohybu není vhodná pro každého. Vzhledem k tomu, že schopnost utvářet vnitřní reprezentaci motorického projevu je nezbytnou součástí tréninku imaginace pohybu, je třeba zjistit, zda je tato schopnost zachovalá i v případě poškození centrálního či periferního systému. Proto by před každým zahájením terapie měla být u pacientů nějakým způsobem zhodnocena jejich schopnost představivosti. Nejčastěji užívaná forma hodnocení je v podobě dotazníku MIQ-R založeném na subjektivním hodnocení představy předem definovaných pohybů zahrnujících horní i dolní končetiny. Mimo jiné je důležité brát v potaz i motivaci pacienta. Na jedné straně je doloženo, že lidé s větší motivací se více zlepšují v představě pohybu, na straně druhé angažovanost v procesu motorické představivosti může vést ke zvýšení sebezdatnosti a tak mít pozitivní vliv na motivaci a sebedůvěru (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 947).

Dle povahy úkolu, prostředí a individuálních charakteristik je potřeba si zvolit vhodnou strategii představy. Pro naučení nových motorických dovedností je vhodná spíše vizuální představivost, pro kterou je charakteristická představa pohybu z pohledu třetí osoby. Ukázalo se, že její užití je dokonce výhodnější i v případě zlepšení posturální stability. Pokud naopak chceme zlepšit timing a koordinaci pohybu, je výhodnější použít představu kinestetickou. Pro tuto strategii je typická imaginace pohybu z pohledu sama sebe (Dickstein & Deutsch, 2007, p. 945). Navíc vytváří signifikantně výraznější fyziologické změny, jako změny srdeční frekvence, krevního tlaku či respirace v porovnání s vizuální představou (Yao et al., 2013, p. 2).

Dalším zvažovaným aspektem během tréninku motorické představivosti je pacientův výchozí postoj, poněvadž vnitřní reprezentace pohybu implikuje motorický plán založený na vizuokinestetických vstupech. Výchozí poloha by se teda měla co nejvíce podobat skutečné poloze během pohybu, jelikož bylo zjištěno, že právě za těchto podmínek dochází k aktivaci mozku na vysokých úrovních a generaci motorického plánu na základě aktuálního postavení končetin (Dickstein & Deutsch, 2007, pp. 248-249).

Ačkoli zlepšení motorického výkonu můžeme dosáhnout i za pomoci samotné motorické představivosti, lepší výsledky jsou vždy dosaženy při její kombinaci s tělesným

cvičením. Také musíme mít na paměti, že mentální praxe je doplňkem obvyklé terapie a že mentální nácvik určitého pohybu nikdy nenahradí jeho vlastní fyzický nácvik. Mimo to může být kombinovaná i s observací. Tato kombinace se zdá být přirozeným doplňkem, založeném na práci zrcadlových neuronů, jež přispívají k imitaci, observaci a imaginaci pohybu.

## 6.4 Limity studie

Jedním z hlavních omezení naší studie je malý vzorek probandů (36 probandů), na kterém nelze prokázat generalizaci výsledků. Dále se jednalo o mladé a zdravé jedince, bez jakéhokoliv deficitu a narušení chůze. Na jednu stranu jsme zvolili mladé jedince právě z toho důvodu, že představa chůze nebyla doposud pořádně prozkoumána, na druhou stranu by bylo vhodné, aby budoucí studie otestovaly její vliv i na pacienty s konkrétní diagnózou, abychom určili, zda vůbec má smysl představu pohybu využívat jako doplňkovou terapii v rehabilitaci. Mimoto u zdravých jedinců lze očekávat menší motivaci a vynaložení úsilí k představě konkrétního pohybu.

Za další limit můžeme považovat, podobně jako předchozí studie, využití povrchové elektromyografie k hodnocení svalové aktivity. Některé studie uvádějí, že důvodem absence EMG aktivity během motorické představivosti může být přítomnost aktivity hlouběji uložených svalových vláken, která právě není dobře detekovatelná povrchovou elektromyografií. Mimoto k hodnocení svalové aktivity byl využitý EMG přístroj firmy Delsys, se kterým jsme neměli předchozí zkušenosti. Je tedy možné, že nejednoznačné výsledky mohly vzniknout v důsledku nepřesné palpce svalových bříšek, nepřesného uložení elektrod či špatné přilnavosti elektrod na povrch kůže, v neposlední řadě z důvodu přítomnosti mnoha zdrojů elektromagnetického rušení.

S ohledem na dřívější studie zabývající se obecně představou pohybu, ať už horních či dolních končetin, v našem případě měření probíhalo jednorázově, tedy bez jakéhokoliv předešlého tréninku. Ve většině případů bylo měření prováděno před a následně po několikadenním či týdenním tréninku motorické představivosti konkrétního pohybu. V některých studiích dokonce jedinci docházeli na terapii motorické představivosti.

Prostředí, ve kterém byl výzkum prováděný, mohlo sehrát taky určitou roli při hodnocení EMG aktivity. I přes velkou snahu zajistit klidné prostředí pro nerušenou

představu, nebylo v našich silách se úplně vyhnout hluku z venkovního prostředí a okolních místností.

Oproti publikovaným studiím byly všechny situace hodnoceny s otevřenými očima. Což mohlo určitým způsobem také ovlivnit schopnost představy. Jak někteří probandi sami potvrdili, se zavřenými očima se dokážou více soustředit. Navíc byli zainstruováni, aby jejich pohled směřoval během celého měření do bílého plátna, za účelem minimalizace rušivých zrakových vjemů.

Dále by bylo vhodné, aby se další studie zaměřily i na zjištění dominance dolní končetiny, což by mohlo hrát taktéž určitou roli v hodnocení. V našem případě sice dominance nebyla regulérně vyšetřovaná, avšak většina probandů uvedla pravou dolní končetinu jako dominantní, zatímco naše výsledky spíše prokazují vyšší aktivitu levé dolní končetiny. Mimoto studie uvádí určitou spojitost mezi představou pohybu a vynaloženým úsilím, z toho důvodu by bylo tedy vhodné hodnotit představu chůze ve složitějším terénu, například s překážkami.

Další výzkum by měl tedy jednak zahrnovat větší testovací skupinu, stejně tak by měl být realizován na pacientech s konkrétní diagnózou, nejlépe neuromuskulárního charakteru, vzhledem k tomu, že právě u těchto pacientů je její využití v současnosti nejvíce rozebíráno. Mimo svalové aktivity, by bylo vhodné, aby byla zaznamenávána i délka představy chůze před a po její vlastní realizaci a následně porovnána s délkou skutečné chůze, stejně tak i přítomnost změn autonomního nervového systému. Jak již bylo uvedeno v dřívějších studiích, představa chůze je spíše spojována se změnami rychlosti chůze, respirační a srdeční činnosti či s délkou kroku.

## ZÁVĚR

Důkazy o tom, že motorická představivost vede ke zlepšení motorického výkonu, existují jak pro zdravé jedince, tak se pomalu začínají objevovat i v případě jedinců s neurologickým deficitem. Studie zkoumající mozkovou aktivitu odhalily silnou korelaci mezi představou pohybu a jeho skutečnou realizací. Behaviorální studie podobně potvrdily shodu v zachování časových a rychlostních charakteristik. Naše studie se zaměřila na ozřejnění podobnosti pomocí snímání svalové aktivity povrchovou elektromyografií, jež je přítomna v důsledku nedostatečné inhibice motorických příkazů spouštějících pohyb. Pro tento výzkum jsme se rozhodli na základě nedostatečného množství studií zkoumajících vliv představy chůze na modulaci svalové aktivity dolních končetin. S ohledem na nedostatek EMG studií představy chůze jsme se rozhodli výzkum provést na zdravých jedincích. Testovanými situacemi byly představa chůze před a následně po realizaci vlastní chůze, jež se porovnávaly s klidovými hodnotami před a po realizaci chůze a mezi sebou. Situace byly měřené ve výchozích polohách v sedu a ve stoji. Z důvodu vyloučení mimovolných pochybů a nadměrných posturálních výchylek byla navíc zaznamenána i akcelerometrie.

Na základě výsledků lze říci, že představa chůze nevede k významným změnám svalové aktivity mm. tibiales anteriores a mm. gastrocnemii mediales v porovnání s klidovými hodnotami. Zatímco představa chůze před její vlastní realizací měla spíše tendenci k nárůstu svalové aktivity, v situaci po realizaci chůze tomu bylo naopak a svalová aktivity spíše klesala. Signifikantní pokles byl pak zaznamenán u obou mm. gastrocnemii mediales a to pouze tehdy, kdy probandi zaujímalí sed jako výchozí polohu. Fakt, že v naší studii docházelo spíše k poklesu EMG aktivity, zatímco v jiných studiích se aktivita spíše zvyšovala a to při představě pohybu horními i dolními končetinami, si můžeme vysvětlit tak, že naše studie se oproti těm předchozím zaměřuje na představu chůze, jež představuje vysoce automatizovaný, komplexní pohyb. Záznamy z akcelerometrie nám prokázaly nepřítomnost signifikantních posturálních výchylek, z toho tedy vyplývá, že jakákoliv změna svalové aktivity je přisuzovaná představě chůze, nikoliv vlastnímu pohybu. Co se týče porovnání aktivity v sedu a ve stoji, dle předpokladů stoj vykazoval výraznější navýšení svalové aktivity. Signifikance pak byla přítomná u obou mm. gastrocnemii mediales ve všech testovaných situacích.

Cílem práce tedy bylo zhodnocení změn svalové aktivity během představy chůze vůči klidové aktivitě. Na základě výsledků je zřejmé, že představa chůze má výrazně facilitační vliv na svalovou aktivitu lýtkových svalů ve výchozí poloze ve stoji. Vsedě pak působí výraznou inhibici této svalové skupiny. Na základě dalších studií je navíc zřejmé, že představa chůze jednoznačně ovlivňuje následné provedení skutečné chůze ve smyslu ovlivnění rychlosti, délky kroků, symetrie či samotného provedení chůze. Závěrem lze říci, že představa chůze má jednoznačně pozitivní vliv na motorický výkon, včetně modulace svalové aktivity dolních končetin.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANDERSSON, G., HAGMAN, J., TALIANZADEH, R., SVEDBERG, A., LARSEN, H. CH. 2002. Effect of cognitive load on postural control. *Brain Research Bulletin*. 2002, vol. 58, no. 1, pp. 135-139. ISSN: 0361-9230. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/11256800\\_Effect\\_of\\_cognitive\\_load\\_on\\_postural\\_control](https://www.researchgate.net/publication/11256800_Effect_of_cognitive_load_on_postural_control)

BAKKER, F. C., BOSCHKER, M., CHUNG, T. 1996. Changes in muscular activity while imagining weight lifting using stimulus or response propositions. *Journal of Sport & Exercise psychology*. 1996, vol. 18, no. 3, pp. 313-324. ISSN: 1557-251X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/232453541\\_Changes\\_in\\_muscular\\_activity\\_while\\_imagining\\_weight\\_lifting\\_using\\_stimulus\\_or\\_response\\_propositions](https://www.researchgate.net/publication/232453541_Changes_in_muscular_activity_while_imagining_weight_lifting_using_stimulus_or_response_propositions)

BAKKER, M., DE LANGE, F. P., STEVENS, J. A., TONI, I., BLOEM, B. R. 2007. Motor Imagery of gait: a quantitative approach. *Experimental Brain Research*. 2007, vol. 179, no. 3, pp. 497-504. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/BakkerEtAl07.pdf>

BAKKER, M., OVEREEM, S., SNIJDERS, A. H., BORM, G., VAN ELSWIJK, G., TONI, I., BLOEM, B. R. 2008. Motor imagery of foot dorsiflexion and gait: effects on corticospinal excitability. *Clinical Neurophysiology*. 2008, vol. 119, no. 11, pp. 2519-2527. ISSN: 1388-2457. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245708009097>

BAKKER, M., DE LANGE, F. P., HELMICH, R. C., SCHEERINGA, R., BLOEM, B. R., TONI, I. 2008. Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait. *NeuroImage*. 2008, vol. 41, no. 3, pp. 998-1010. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811908002401>

BOULTON, H., MITRA, S. 2013. Body posture modulates imagined arm movements and responds to them. *Journal of Neurophysiology*. 2013, vol. 110, no. 11, pp. 2617-2626. ISSN: 1388-2457. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/jn/110/11/2617.full.pdf>

BOULTON, H., MITRA, S. 2015. Incomplete inhibition of central postural commands during manual motor imagery. *Brain Research*. 2015, vol. 1624, pp. 321-329. ISSN: 0006-8993. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899315005740>

BUNNO, Y., YURUGI, Y., ONIGATA, CH., SUZUKI, T., IWATSUKI, H. 2014. Influence of Motor Imagery of Isometric Opponens Pollicis Activity on the Excitability of Spinal Motor Neurons: A Comparison Using Different Muscle Contraction Strengths. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014, vol. 26, no. 7, pp. 1069-1073. ISSN: 0915-5287. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/264904689\\_Influence\\_of\\_Motor\\_Imagery\\_of\\_Isometric\\_Opponens\\_Pollicis\\_Activity\\_on\\_the\\_Excitability\\_of\\_Spinal\\_Motor\\_Neurons\\_A\\_Comparison\\_Using\\_Different\\_Muscle\\_Contraction\\_Strengths](https://www.researchgate.net/publication/264904689_Influence_of_Motor_Imagery_of_Isometric_Opponens_Pollicis_Activity_on_the_Excitability_of_Spinal_Motor_Neurons_A_Comparison_Using_Different_Muscle_Contraction_Strengths)

BUNNO, Y., ONIGATA, CH., SUZUKI, T. 2015. Excitability of spinal motor neurons during motor imagery of thenar muscle activity under maximal voluntary contractions of 50 % and 100 %. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015, vol. 27, no. 9, pp. 2775-2778. ISSN: 0915-5287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4616092/>

BURIANOVÁ, H., MARSTALLER, R., SOWMAN, P., TESAN, G., RICH, A. N., WILLIAMS, M., SAVAGE, G., JOHNSON, B. W. 2013. Multimodal functional imaging of motor imagery using a novel paradigm. *NeuroImage*. 2013, vol. 71, pp. 50-58. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/f66d/43f53f0761f0847089e816e54bd9fd67d0.pdf>

CASTERMANS, T., DUVINAGE, M., CHERON, G., DUTOIT, T. 2013. Towards effective non-invasive brain-computer interfaces dedicated to gait rehabilitation systems. *Brain Sciences*. 2013, vol. 4, no. 1, pp. 1-48. ISSN: 2076-3425. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4066236/>

CEVALLOS, C., ZARKA, D., HOELLINGER, T., LEROY, A., CHERON, G. 2015. Oscillations in the human brain during walking execution, imagination and observation. *Neuropsychologia*. 2015, vol. 79, pp. 223-232. ISSN: 0023-3932. Dostupné z: <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/oscillations-in-the-human-brain-during-walking-execution-imagination-LNPH7p057b>

DECETY, J., JEANNEROD, M., GERMAIN, M., PASTENE, J. 1991. Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behavioural Brain Research*. 1991, vol. 42, no. 1, pp. 1-5. ISSN: 0166-4328. Dostupné z: <http://wexler.free.fr/library/files/decety%20%281991%29%20vegetative%20response%20during%20imagined%20movement%20is%20proportional%20to%20mental%20effort.pdf>

DECETY, J., JEANNEROD, M., DUROZARD, D., BAVEREL, G. 1993. Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions in man. *The Journal of Physiology*. 1993, vol. 461, pp. 549-563. ISSN: 1469-7793. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1175272/>

DECETY, J. 1996. Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cognitive Brain Research*. 1996, vol. 3, no. 2, pp. 87-93. ISSN: 0926-6410. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/157e/3e0c5003be31e630741983746ce03030f8e8.pdf>

DEIBER, M. P., PASSINGHAM, R. E., COLEBATCH, J. G., FRISTON, K. J., NIXON, P. D., FRACKOWIAK, R. S. J. 1991. Cortical areas and the selection of movement: a study with positron emission tomography. *Experimental Brain Research*. 1991, vol. 84, no. 2, pp. 393-402. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2065746>

DE LANGE, F. P., ROELOFS, K., TONI, I. 2008. Motor Imagery: A window into the mechanism and alterations of the motor system. *Cortex*. 2008, vol. 44, no. 5, pp. 494-506. ISSN: 0010-9452. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945207001141>

DEMOUGEOT, L., NORMAND, H., DENISE, P., PAPAXANTHIS, C. 2009. Discrete and effortful imagined movements do not specifically activate the autonomic nervous system. *PloS One*. 2009, vol. 4, no. 8, pp. 1-8. ISSN: 1932-6203. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2728546/pdf/pone.0006769.pdf>

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 Behaviour*. 2005, vol. 37, no. 6, pp. 475-483. ISSN: 0022-2895. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/JMBR.37.6.475-483?journalCode=vjmb20>

DICKSTEIN, R., DEUTSCH, J. E. 2007. Motor Imagery in Physical Therapist Practice. *Physical Therapy*. 2007, vol. 87, no. 7, pp. 942-953. ISSN: 1538-6724. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/87/7/942>

DIJKERMAN, H. C., IETSWAART, M., JOHNSTON, M., MACWALTER, F. S. 2004. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clinical Rehabilitation*. 2004, vol. 18, pp. 538-549. ISSN: 1477-0873. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/8418072\\_Does\\_motor\\_imagery\\_training\\_improve\\_hand\\_function\\_in\\_chronic\\_stroke\\_patients\\_A\\_pilot\\_study\\_Clin\\_Rehabil](https://www.researchgate.net/publication/8418072_Does_motor_imagery_training_improve_hand_function_in_chronic_stroke_patients_A_pilot_study_Clin_Rehabil)

DI RIENZO, F., BLACHE, Y., KANTHACK, T. F., MONTEIL, K., COLLET, C., GUILLOT, A. 2015. Short-term effects of integrated motor imagery practice on muscle activation and force performance. *Neuroscience*. 2015, vol. 305, pp. 146-156. ISSN: 0306-4522. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452215007071>

EHRENFRIED, T., GUERRAZ, M., THILO, K. V., YARDLEY, L., GREASY, M. A. 2003. Posture and mental task performance when viewing a moving visual field. *Cognitive Brain Research*. 2003, vol. 17, no. 1, pp. 140-153. ISSN: 0926-6410. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926641003000880>

EHRSSON, H. H., GEYER, S., NAITO, E. 2003. Imagery of Voluntary Movement of Fingers, Toes, and Tongue Activates Corresponding Body-Part-Specific Motor Representations. *Journal of Neurophysiology*. 2003, vol. 90, no. 5, pp. 3304-3316. ISSN: 0022-3077. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/90/5/3304.long>

FEURRA, M., BIANCO, G., POLIZZOTTO, N. R., INNOCENTI, I., ROSSI, A., ROSSI, S. 2011. Cortico-cortical connectivity between right parietal and bilateral primary motor cortices during imagined and observed actions: a combined TMS/tDCS study. *Frontiers in Neural Circuits*. 2011, vol. 5, no. 10, pp. 1-9. ISSN: 1662-5110. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3163809/pdf/fncir-05-00010.pdf>

FOGASSI, L., LUPPINO, G. 2005. Motor functions of the parietal lobe. *Current Opinion in Neurobiology*. 2005, vol. 15, no. 6, pp. 626-631. ISSN: 0959-4388. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959438805001649>

FOURKAS, A. D., IONTA, S., AGLIOTI, S. M. 2006. Influence of imagined posture and imagery modality on corticospinal excitability. *Behavioural Brain Research*. 2006, vol. 168, no. 2, pp. 190-196. ISSN: 0166-4328. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/7454950\\_Influence\\_of\\_imagined\\_posture\\_and\\_imagery\\_modality\\_on\\_corticospinal\\_excitability](https://www.researchgate.net/publication/7454950_Influence_of_imagined_posture_and_imagery_modality_on_corticospinal_excitability)

FUSCO, A., LOSA, M., GALLOTTA, M. CH., PAOLUCCI, S., BALDARI, C., GUIDETTI, L. 2014. Different performances in static and dynamic imagery and real locomotion: An exploratory trial. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014, vol. 8, no. 760, pp. 1-6. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00760/full>

GANIS, G., KEENAN, J. P., KOSSLYN, S. M., PASCUAL-LEONE, A. 2000. Transcranial magnetic stimulation of primary motor cortex affects mental station. *Cerebral Cortex*. 2000, vol. 10, no. 2, pp. 175-180. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/10/2/175.long>

GEMIGNANI, A., TEFANO, M., SEBASTIANI, L., GHELARDUCCI, B., JEANNEROD M., GUAZZELLI, M., MASSARELLI, R. 2004. Influence of mental motor imagery on the execution of a finger-to-thumb opposition task. *Archives Italiennes de Biologie, A Journal of Neuroscience*. 2004, vol. 142, no. 1, pp. 1-9. ISSN: 0003-9829. Dostupné z: <http://www.architalbiol.org/aib/article/view/1421/15143619>

GENTILI, R., PAPAXANTHIS, C., POZZO, T. 2006. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*. 2006, vol. 137, no. 3, pp. 761-772. ISSN: 0306-4522. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452205011541>

GERARDIN, E., SIRIGU, A., LEHÉRICY, S., POLINE, J. B., GAYMARD, B., MARSAULT, C., AQID, Y., LE BIHAN, D. 2000. Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex*. 2000, vol. 10, no. 11, pp. 1093-1104. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/10/11/1093.full.pdf+html>

GRANGEON, M., GUILLOT, A., COLLET, C. 2011. Postural Control During Visual and Kinesthetic Motor Imagery. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2011, vol. 36, no. 1, pp. 17-56. ISSN: 1573-3270. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10484-011-9145-2#/page-1>

GROSS, J. M., FETTO, J., ROSEN, E. 2005. *Vyšetření pohybového aparátu*. 2. vyd. Triton, 2005. ISBN 80-7254-720-8.

GUILLOT, A., LEBON, F., ROUFFET, D., CHAMPELY, S., DOYON, J., COLLET, C. 2008. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology*. 2008, vol. 66, no. 1, pp. 18-27. ISSN: 0167-8760. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6247947\\_Muscular\\_responses\\_during\\_motor\\_imagery\\_as\\_a\\_function\\_of\\_muscle\\_contraction\\_types](https://www.researchgate.net/publication/6247947_Muscular_responses_during_motor_imagery_as_a_function_of_muscle_contraction_types)

GUILLOT, A., COLLET, CH., NGUYEN, V. A., MALOUIN, F., RICHARDS C., DOYON, J. 2009. Brain Activity During Visual Versus Kinesthetic Imagery: An fMRI Study. *Human Brain Mapping*. 2009, vol. 30, no. 7, pp. 2157-2172. ISSN: 1097-0193. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/23282057\\_Brain\\_Activity\\_During\\_Visual\\_Versus\\_Kinesthetic\\_Imagery\\_An\\_fmri\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/23282057_Brain_Activity_During_Visual_Versus_Kinesthetic_Imagery_An_fmri_Study)

GUILLOT, A., COLLET, CH. 2010. *The Neurophysiological Foundations of Mental and Motor Imagery*. 2010. Oxford University Press, 2010. ISBN 978-0-19-954625-1.

GUILLOT, A., DI RIENZO, F., MACLINTYRE, T., MORAN, A., COLLET, CH. 2012. Imagining is not doing but involves specific motor commands: a review of experimental data related to motor inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012, vol. 6, no. 247, pp. 1-22. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/230843807\\_Imagining\\_is\\_Not\\_Doing\\_but\\_Involves\\_Specific\\_Motor\\_Commands\\_A\\_Review\\_of\\_Experimental\\_Data\\_Related\\_to\\_Motor\\_Inhibition](https://www.researchgate.net/publication/230843807_Imagining_is_Not_Doing_but_Involves_Specific_Motor_Commands_A_Review_of_Experimental_Data_Related_to_Motor_Inhibition)

HANAKAWA, T., IMMISCH, I., TOMA, K., DIMYAN, M. A., VAN GELDEREN, P., HALLETT, M. 2003. Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery. *Journal of Neurophysiology*. 2003, vol. 89, no. 2, pp. 989-1002. ISSN: 1522-1598. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/jn/89/2/989.full.pdf>

HANAKAWA, T., DIMYAN, M. A., HALLETT, M. 2008. Motor Planning, Imagery, and Execution in the Distributed Motor Network: A Time-Course Study with Functional MRI. *Cerebral Cortex*. 2008, vol. 18, no. 12, pp. 2775-2788. ISSN: 1047-3211. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2583155/>

HÉTU, S., GRÉGOIRE, M., SAIMPONT, A., COLL M. P., EUGÉNE, F., MICHON, P. E., JACKSON, P. L. 2013. The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2013, vol. 37, no. 5, pp. 930-949. ISSN: 0149-7634. Dostupné z: [http://ac.els-cdn.com/S0149763413000778/1-s2.0-S0149763413000778-main.pdf?\\_tid=ec5d34be-15d9-11e6-90f0-00000aacb35e&acdnat=1462793820\\_7c4a42b736182c11760e644f9a67ac51](http://ac.els-cdn.com/S0149763413000778/1-s2.0-S0149763413000778-main.pdf?_tid=ec5d34be-15d9-11e6-90f0-00000aacb35e&acdnat=1462793820_7c4a42b736182c11760e644f9a67ac51)

IONTA, S., FOURKAS, A. D., FIORIO, M., AGLIOTI, S. M. 2007. The influence of hands posture on mental rotation of hands and feet. *Experimental Brain Research*. 2007, vol. 183, no. 1, pp. 1-7. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-007-1020-2>

IOSA, M., ZOCCOLILLO, L., MONTESI, M., MORELLI, D., PAOLUCCI, S., FUSCO, A. 2014. The brain's sense of walking: a study on the intertwine between locomotor models in healthy adults, typically developing children and children with cerebral palsy. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014, vol. 8, no. 859, pp. 1-9. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00859/full>

JACKSON, P. L., LAFLEUR, M. F., MALOUIN, F., RICHARDS, C. S., DOYON, J. 2003. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *NeuroImage*. 2003, vol. 20, no. 2, pp. 1171-1180. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811903003690>

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*. 2004, vol. 22, no. 4, pp. 1722-1731. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811904002964>

JEANNEROD, M. 1995. Mental imagery in the motor cortex. *Neuropsychologia*. 1995, vol. 33, no. 11, pp. 1419-1432. ISSN: 0028-3932. Dostupné z: <http://wexler.free.fr/library/files/jeannerod%20%281995%29%20mental%20imagery%20in%20the%20motor%20context.pdf>

JEANNEROD, M., DECETY, J. 1995. Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Current Opinion in Neurobiology*. 1995, vol. 5, no. 6, pp. 727-732. ISSN: 0959-4388. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0959438895800999>

JEANNEROD, M. 2001. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*. 2001, vol. 14, pp. 103-109. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.212.520&rep=rep1&type=pdf>

JOHNSON, S. H. 1999. Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *NeuroReport*. 1999, vol. 11, no. 4, pp. 729-732. ISSN: 0959-4965. Dostupné z: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.20.0b/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=fulltext&D=ovft&AN=00001756-200003200-00015&NEWS=N&CSC=Y&CHANNEL=PubMed>

KALICINSKI, M., LOBINGER, B. 2013. Benefits of Motor and Exercise Imagery for Older Adults. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*. 2013, vol. 8, no. 1, pp. 1-15. ISSN: 1932-0191. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/236941867\\_Benefits\\_of\\_Motor\\_and\\_Exercise\\_Imagery\\_for\\_Older\\_Adults](https://www.researchgate.net/publication/236941867_Benefits_of_Motor_and_Exercise_Imagery_for_Older_Adults)

KASESS, CH. H., WINDISCHBERGER, CH., CUNNINGTON, R., LANZENBERGER, R., PEZAWAS, L., MOSER, E. 2007. The suppressive influence of SMA on M1 in motor imagery revealed by fMRI and dynamic causal modeling. *NeuroImage*. 2007, vol. 40, no. 2, pp. 828-837. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/5616508\\_The\\_suppressive\\_influence\\_of\\_SMA\\_on\\_M1\\_in\\_motor\\_imagery\\_revealed\\_by\\_fMRI\\_and\\_dynamic\\_causal\\_modeling](https://www.researchgate.net/publication/5616508_The_suppressive_influence_of_SMA_on_M1_in_motor_imagery_revealed_by_fMRI_and_dynamic_causal_modeling)

KITADA, R., NAITO, E., MATSUMURA, M. 2002. Perceptual changes in illusory wrist flexion angles resulting from motor imagery of the same wrist movements. *Neuroscience*. 2002, vol. 109, no. 4, pp. 701-707. ISSN: 0306-4522. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030645220100495X>



KOLÁŘOVÁ, B., MARKOVÁ, M., STACHO, J., SZMEKOVÁ, L. 2014. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4266-2.

KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. 2011. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.

LACEY, S., LAWSON, R. 2013. *Multisenzory imagery*. Springer, 2013. ISBN 978-1-4614-5879-1. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=EVhHAAAAQBAJ&pg=PA421&dq=multisensory+imagery&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiPkL210s\\_MAhXM1iwKHcI-CMIQ6AEIGzAA#v=onepage&q=multisensory%20imagery&f=false](https://books.google.cz/books?id=EVhHAAAAQBAJ&pg=PA421&dq=multisensory+imagery&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiPkL210s_MAhXM1iwKHcI-CMIQ6AEIGzAA#v=onepage&q=multisensory%20imagery&f=false)

LAFLEUR, M. F., JACKSON, P. L., MALOUIN, F., RICHARDS, C. L., EVANS, A. C., DOYON, J. 2002. Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and imagination of sequential foot movements. *NeuroImage*. 2002, vol. 16, no. 1, pp. 142-157. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811901910481>

LA FOUGÈRE, C., ZWERGAL, A., ROMINGER, A., FÖRSTER, S., FESL, G., DIETERICH, M., BRANDT, T., STRUPP, M., BARTENSTEIN, P., JAHN, K. 2010. Real versus imagined locomotion: a [18F]-FDG PET-fMRI comparison. *NeuroImage*. 2010, vol. 50, no. 4, pp. 1589-1598. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811909013494>

LAMEIRA, A. P., GUIMARÃES-SILVA, S., FERREIRA, F. M., PEREIRA JR. A., GAWRYSZEWSKI, L. G. 2008. Hand posture and motor imagery: a body part recognition study. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2008, vol. 12, no. 5, pp. 379-385. ISSN: 1413-3555. Dostupné z: [http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n5/en\\_a07v12n5.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n5/en_a07v12n5.pdf)

LEBON, F., ROUFFET, D., COLLET, C., GUILLOT, A. 2008. Modulation of EMG power spectrum frequency during motor imagery. *Neuroscience Letters*. 2008, vol. 435, no. 3, pp. 181-185. ISSN: 1872-7972. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394008002218>

LEBON, F., GUILLOT, A., COLLET, CH. 2011. Increased Muscle Activation Following Motor Imagery During the Rehabilitation of the Anterior Cruciate Ligament. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2011, vol. 37, no. 1, pp. 45-51. ISSN: 1573-3270. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/51840349\\_Increased\\_Muscle\\_Activation\\_Following\\_Motor\\_Imagery\\_During\\_the\\_Rehabilitation\\_of\\_the\\_Anterior\\_Cruciate\\_Ligament](https://www.researchgate.net/publication/51840349_Increased_Muscle_Activation_Following_Motor_Imagery_During_the_Rehabilitation_of_the_Anterior_Cruciate_Ligament)

LEMOS, T., RODRIGUEZ, E. C., VARGAS, C. D. 2014. Motor imagery modulation of postural sway is accompanied by changes in the EMG-COP association. *Neuroscience Letters*. 2014, vol. 577, pp. 101-105. ISSN: 0304-3940. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394014004911>

LIM, V. K., POLYCH, M. A., HOLLÄNDER, A., BYBLOW, W. D., KIRK, I. J., HAMM, J. P. 2006. Kinesthetic but not visual imagery assists in normalizing the CNV in Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*. 2006, vol. 117, no. 10, pp. 2308-2314. ISSN: 1388-2457. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245706009771>

LOISON, B., MOUSSADDAQ, A. S., CORMIER, J., RICHARD, I., FERRAPIE, A. L., RAMOND, A., DINOMAS, M. 2013. Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire – Revised Second Version (MIQ-RS). *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013, vol. 56, no. 3, pp. 157-173. ISSN: 1877-0657. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877065713000031>

LORAM, I. D., MAGANARIS, C. N., LAKIE, M. 2004. Paradoxical muscle movement in human standing. *The Journal of Physiology*. 2004, vol. 556, no. 3, pp. 683-689. ISSN: 1469-7793. Dostupné z: <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/LoramEtAl09a.pdf>

LOREY, B., BISCHOFF, M., PILGRAMM, S., STARK, R., MUNZERT, J., ZENTGRAF, K. 2009. The embodied nature of motor imagery: the influence of posture and perspective. *Experimental Brain Research*. 2009, vol. 194, no. 2, pp. 233-243. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/215135179?pq-origsite=gscholar>

LOREY, B., PILGRAMM, S., WALTER, B., STARK, R., MUNZERT, J., ZENTGRAF, K. 2010. Your mind's hand: Motor imagery of pointing movements with different accuracy. *NeuroImage*. 2010, vol. 49, no. 4, pp. 3239-3247. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811909012221>

LOTZE, M., MONTOYA, P., ERB, M., HÜLSMANN, E., FLOR, H., KLOSE, U., BIRBAUMER, N., GRODD, W. 1999. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1999, vol. 11, no. 5, pp. 491-501. ISSN: 0898-929X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/12788121\\_Activation\\_of\\_Cortical\\_and\\_Cerebellar\\_Motor\\_Areas\\_during\\_Executed\\_and\\_Imagined\\_Hand\\_Movements\\_An\\_fMRI\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/12788121_Activation_of_Cortical_and_Cerebellar_Motor_Areas_during_Executed_and_Imagined_Hand_Movements_An_fMRI_Study)

LOTZE, M., FLOR, H., GRODD, W., LARBIG, W., BIRBAUMER, N. 2001. Phantom movements and pain. An fMRI study in upper limb amputees. *Brain*. 2001, vol. 124, pp. 2268-2277. ISSN: 1460-2156. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/124/11/2268.long>

LOTZE, M., HALSBAND, U. 2006. Motor Imagery. *Journal of Physiology - Paris*. 2006, vol. 99, pp. 386-395. ISSN: 0928-4257. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928425706000210>

LOUIS, M., COLLET, CH., GUILLOT, A. 2011. Differences in motor imagery times during aroused and relaxed conditions. *Journal of Cognitive Psychology*. 2011, vol. 23, no. 3, pp. 374-382. ISSN: 2044-592X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20445911.2011.521739>

MALOUIN, F., RICHARDS, C. L., JACKSON, P. L., DUMAS, F., DOYON, J. 2003. Brain Activations During Motor Imagery of Locomotor-Related Tasks: A PET Study. *Human Brain Mapping*. 2003, vol. 19, no. 1, pp. 47-62. ISSN: 1097-0193. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945214003153>

MALOUIN, F., RICHARDS, C. L. 2010. Mental Practice for Relearning Locomotor Skills. *Physical Therapy*. 2010, vol. 90, no. 2, pp. 240-251. ISSN: 1538-6724. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/90/2/240>

MERCIER, C., ABALLEA, A., VARGAS, C. D., PAILLARD, J., SIRIGU A. 2008. Vision without Proprioception Modulates Cortico-spinal Excitability during Hand Motor Imagery. *Cerebral Cortex*. 2008, vol. 18, no. 2, pp. 272-277. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/18/2/272.full>

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*. 2012, vol. 35, no. 2, pp. 455-470. ISSN: 1097-0193. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.22192/epdf>

MICHELON, P., VETTEL, J. M., ZACKS, J. M. 2006. Lateral Somatotopic Organization During Imagined and Prepared Movements. *Journal of Neurophysiology*. 2006, vol. 95, no. 2, pp. 811-822. ISSN: 1522-1598. Dostupné z: <https://pages.wustl.edu/files/pages/imce/dcl/michelonjnp06.pdf>

MILTON, J., SOLODKIN, A., HLUŠTÍK, P., SMALL, S. L. 2007. The mind of expert motor performance is cool and focused. *NeuroImage*. 2007, vol. 35, pp. 804-813. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6489410\\_The\\_mind\\_of\\_expert\\_motor\\_performance\\_is\\_cool\\_and\\_focused](https://www.researchgate.net/publication/6489410_The_mind_of_expert_motor_performance_is_cool_and_focused)

MILTON J., SMALL, S. L., SOLODKIN, A. 2008. Imaging motor imagery: Methodological issues related to expertise. *Methods*. 2008, vol. 45, no. 4, pp. 336-341. ISSN: 1046-2023. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1046202308000789>

MIZUGUCHI, N., YAMAGISHI, T., NAKATA, H., KANOSUE, K. 2015. The effect of somatosensory input on motor imagery depends upon motor imagery capability. *Frontiers in Psychology*. 2015, vol. 6, no. 104, pp. 1-6. ISSN: 1664-1078. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4325658/pdf/fpsyg-06-00104.pdf>

MORECRAFT, R. J., HERRICK, J. L., STILWELL-MORECRAFT, K. S., LOUIE, J. L., SCHROEDER, C. M., OTTENBACHER, J. G., SCHOOLFIELD, M. W. 2002. Localization of arm representation in the corona radiata and internal capsule in the non-human primate. *Brain: A Journal of Neurology*. 2002, vol. 125, pp. 176-198. ISSN: 1460-2156.

MULDER, TH., DE VRIES, S., ZIJLSTRA, S. 2005. Observation, imagination and execution of an effortful movement: more evidence for a central explanation of motor imagery. *Experimental Brain Research*. 2005, vol. 163, no. 3, pp. 344-351. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-004-2179-4#/page-1>

MULDER, TH. 2007. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*. 2007, vol. 114, pp. 1265-1278. ISSN: 1435-1463. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2797860/>

MUNZERT, J., LOREY, B., ZENTGRAF, K. 2009. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*. 2009, vol. 60, no. 2, pp. 306-326. ISSN: 0165-0173. Dostupné z: [http://ac.els-cdn.com/S0165017309000022/1-s2.0-S0165017309000022-main.pdf?\\_tid=0deb7c60-15dc-11e6-94f5-00000aab0f6c&acdnat=1462794735\\_ab960765f048baf6e92ab9927b39b6cf](http://ac.els-cdn.com/S0165017309000022/1-s2.0-S0165017309000022-main.pdf?_tid=0deb7c60-15dc-11e6-94f5-00000aab0f6c&acdnat=1462794735_ab960765f048baf6e92ab9927b39b6cf)

MUNZERT, J., BLISCHKE, K., KRÜGER, B. 2015. Motor imagery of locomotion with and additional load: actual load experience does not affect differences between physical and mental durations. *Experimental Brain research*. 2015, vol. 233, no. 3, pp. 809-816. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/269108360\\_Motor\\_imagery\\_of\\_locomotion\\_with\\_an\\_additional\\_load\\_actual\\_load\\_experience\\_does\\_not\\_affect\\_differences\\_between\\_physical\\_and\\_mental\\_durations](https://www.researchgate.net/publication/269108360_Motor_imagery_of_locomotion_with_an_additional_load_actual_load_experience_does_not_affect_differences_between_physical_and_mental_durations)

NAITO, E., KOCHIYAMA, T., KITADA, R., NAKAMURA, S., MATSUMURA, M., YONEKURA, Y., SADATO, N. 2002. Internally Simulated Movement Sensations during Motor Imagery Activate Cortical Motor Areas and the Cerebellum. *The Journal of Neuroscience*. 2002, vol. 42, no. 9, pp. 3683-3691. ISSN: 1529-2401. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/22/9/3683.full.pdf>

NIAZI, S. M., BAI, N., SHAHAMAT, M. D. 2014. Investigation of effects of imagery training on changes in the electrical activity of motor units of muscles and their strength in the lower extremities. *European Journal of Experimental Biology*. 2014, vol. 4, no. 1, pp. 595-599. ISSN: 2248-9215. Dostupné z: <http://pelagiaresearchlibrary.com/european-journal-of-experimental-biology/vol4-iss1/EJEB-2014-4-1-595-599.pdf>

OISHI, K., KASAI, T., MAESHIMA, T. 2000. Autonomic response specificity during motor imagery. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 2000, vol. 19, no. 6, pp. 255-261. ISSN: 1345-3475. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpa/19/6/19\\_6\\_255/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpa/19/6/19_6_255/_article)

PEIKENKAMP, K., STIEF, T. 2012. Effect of motor imagery of the human gait on SEMG-activities of the lower limb muscles. *Journal of biomechanics*. 2012, vol. 45, no. 1, pp. 246. ISSN: 0021-9290. Dostupné z: <http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290%2812%2970247-6/abstract>

PELLECCHIA, G. L. 2003. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait and Posture*. 2003, vol. 18, no. 1, pp. 29-34. ISSN: 0966-6362. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/10667218\\_Postural\\_sway\\_increases\\_with\\_attentional\\_demands\\_of\\_concurrent\\_cognitive\\_task](https://www.researchgate.net/publication/10667218_Postural_sway_increases_with_attentional_demands_of_concurrent_cognitive_task)

PERSONNIER, P., BALLAY, Y., PAPAXANTHIS, CH. 2010. Mentally represented motor actions in normal aging: III. Electromyographic features of imagined arm movements. *Behavioural Brain Research*. 2010, vol. 206, no. 2, pp. 184-191. ISSN: 0166-4328. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166432809005269>

PICARD, N., STRICK, P. L. 1996. Motor areas of the medial wall: a review of their location and functional activation. *Cerebral Cortex*. 1996, vol. 6, no. 3, pp. 342-353. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/6/3/342.long>

PORRO, C. A., FRANCESCATO, M. P., CETTOLO, V., DIAMOND, M. E., BARALDI, P., ZUIANI, CH., BAZZOCCHI, M., PRAMPERO, P. E. 1996. Primary Motor and Sensory Cortex Activation during Motor Performance and Motor Imagery: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of Neuroscience*. 1996, vol. 16, no. 23, pp. 7688-7698. ISSN: 1529-2401. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/16/23/7688.long>

RANGANATHAN, V. K., SIEMIONOW, V., LIU, J. Z., SAHGAL, V., YUE, G. H. 2004. From mental power to muscle power – gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*. 2004, vol. 42, no. 7, pp. 944-956. ISSN: 0028-3932. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393203003257>

RILEY, M. A., BAKER, A. A., SCHMIT, J. M. 2003. Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Research Bulletin*. 2003, vol. 62, no. 3, pp. 191-195. ISSN: 0361-9230. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/8940293\\_Inverse\\_relation\\_between\\_postural\\_variability\\_and\\_difficulty\\_of\\_a\\_concurrent\\_short-term\\_memory\\_task](https://www.researchgate.net/publication/8940293_Inverse_relation_between_postural_variability_and_difficulty_of_a_concurrent_short-term_memory_task)

ROSS, J. S., TKACH, J., RUQQIERI, P. M., LIEBER, M., LAPRESTO, E. 2003. The mind's eye: functional MR imaging evaluation of golf motor imagery. *American Journal of Neuroradiology*. 2003, vol. 24, no. 6, pp. 1036-1044. ISSN: 1936-959X. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/content/24/6/1036.long>

RODRIGUES, E. C., LEMOS, T., GOUVEA, B., VOLCHAN, E., IMBIRIBA, L. A., VARGAS, C. D. 2010. Kinesthetic motor imagery modulates body sway. *Neuroscience*. 2010, vol. 169, no. 2, pp. 743-750. ISSN: 0306-4522. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/44587111\\_Kinesthetic\\_motor\\_imagery\\_modulates\\_body\\_sway](https://www.researchgate.net/publication/44587111_Kinesthetic_motor_imagery_modulates_body_sway)

RUBY, P., DECETY, J. 2003. What you believe versus what you think they believe: a neuroimaging study of conceptual perspective-taking. *European Journal of Neuroscience*. 2003, vol. 17, pp. 2475-2480. ISSN: 1460-9568. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6952981\\_Ruby\\_P\\_Decety\\_J\\_What\\_you\\_believe\\_versus\\_what\\_you\\_think\\_they\\_believe\\_a\\_neuroimaging\\_study\\_of\\_conceptual\\_perspective-taking\\_Eur\\_J\\_Neurosci\\_17\\_2475-2480](https://www.researchgate.net/publication/6952981_Ruby_P_Decety_J_What_you_believe_versus_what_you_think_they_believe_a_neuroimaging_study_of_conceptual_perspective-taking_Eur_J_Neurosci_17_2475-2480)

SACCO, K., CAUDA, F., CERLIANI, L., MATE, D., DUCA, S., GEMINIANI, D. C. 2006. Motor imagery of walking following training in locomotor attention. The effect of „the tango lesson“. *NeuroImage*. 2006, vol. 32, no. 3, pp. 1441-1449. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6925107\\_Motor\\_imagery\\_of\\_walking\\_following\\_training\\_in\\_locomotor\\_attention\\_-\\_The\\_effect\\_of\\_'the\\_tango\\_lesson'](https://www.researchgate.net/publication/6925107_Motor_imagery_of_walking_following_training_in_locomotor_attention_-_The_effect_of_'the_tango_lesson')

SAIMPONT, A., MALOUIN, F., TOUSIGNANT, B., JACKSON, P. L. 2012. The influence of body configuration on motor imagery of walking in younger and older adults. *Neuroscience*. 2012, vol. 222, pp. 49-57. ISSN: 0306-4522. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452212007063>

SEEBACHER, B., KUISMA, R., GLYNN, A., BERGER, T. 2015. Rhythmic cued motor imagery and walking in people with multiple sclerosis: a randomised controlled feasibility study. *Pilot and Feasibility studies*. 2015, vol. 1, no. 25, pp. 1-13. ISSN: 2055-5784. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/280050399\\_Rhythmic\\_cued\\_motor\\_imagery\\_and\\_walking\\_in\\_people\\_with\\_multiple\\_sclerosis\\_a\\_randomised\\_controlled\\_feasibility\\_study](https://www.researchgate.net/publication/280050399_Rhythmic_cued_motor_imagery_and_walking_in_people_with_multiple_sclerosis_a_randomised_controlled_feasibility_study)

SHARMA, N., POMEROY, V. M., BARON, J. C. 2006. Motor Imagery: A Backdoor to the Motor System After Stroke?. *Journal of the American Heart Association*. 2006, vol. 37, pp. 1941-1952. ISSN: 1524-4628. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/content/37/7/1941.long>

SHARMA, N., JONES, P. S., CARPENTER, T. A., BARON, J. C. 2008. Mapping the involvement of BA 4a and 4p during Motor imagery. *NeuroImage*. 2008, vol. 41, no. 1, pp. 92-99. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811908001237>

SHARMA, N., BARON, J. C. 2013. Does motor imagery share neural networks with executed movement: a multivariate fMRI analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013, vol. 7, no. 564, pp. 1-8. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3771114/>



SCHACK, T., ESSIG, K., FRANK, C., KOESTER, D. 2014. Mental representation and motor imagery training. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014, vol. 8, no. 328, pp. 1-10. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4033090/>

SIRIGU, A., DUHAMEL, J. R., COHEN, L., PILLON, B., DUBOIS, B., AGID, Y. 1996. The Mental Representation of Hand Movements After Parietal Cortex Damage. *Science*. 1996, vol. 273, no. 5281, pp. 1564-1568. ISSN: 1095-9203. Dostupné z: <http://science.sciencemag.org/content/273/5281/1564.long>

SIRIGU, A., DUHAMEL, J. R. 2001. Motor and Visual Imagery as Two Complementary but Neurally Dissociable Mental Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2001, vol. 13, no. 7, pp. 910-919. ISSN: 0898-929X. Dostupné z: [http://www.isc.cnrs.fr/duh/PDFs/sirigu\\_jcn.pdf](http://www.isc.cnrs.fr/duh/PDFs/sirigu_jcn.pdf)

SOLODKIN, A., HLUSTIK, P., CHEN, E., SMALL, S. L. 2004. Fine Modulation in Network Activation during Motor Execution and Motor Imagery. *Cerebral Cortex*. 2004, vol. 14, pp. 1246-1255. ISSN: 1047-3211. Dostupné z: <http://fmri.upol.cz/webdoc/solodkin-motorImagery04.pdf>

SOUZA, N. S., MARTINS, A. C. G., CANUTO, K. S., MACHADO, D., TEIXEIRA, S., ORSINI, M., MENENDEZ-GONZALEZ, M., VELASQUES, B., RIBEIRO, P., VALE BASTOS, V. H., ARIAS-CARRIÓN, O. 2015. Postural Control Modulation During Motor Imagery Tasks: A Systematic Review. *International Archives of Medicine*. 2015, vol. 8, no. 43, pp. 1-12. ISSN: 1755-7682. Dostupné z: <http://imed.pub/ojs/index.php/iam/article/view/1076>

STINEAR, C. M., BYBLOW, W. D., STEYVERS, M., LEVIN, O., SWINNEN, S. P. 2006. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental Brain Research*. 2006, vol. 168, no. 1,2, pp. 157-164. ISSN: 1432-1106. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/7681755\\_Kinesthetic\\_but\\_not\\_visual\\_motor\\_imagery\\_modulates\\_corticomotor\\_excitability](https://www.researchgate.net/publication/7681755_Kinesthetic_but_not_visual_motor_imagery_modulates_corticomotor_excitability)

STINS, J. F., SCHNEIDER, I. K., KOOLE, S. L., BEEK, P. J. 2015. The Influence of Motor Imagery on Postural Sway: Differential Effects of Type of Body Movement and Person Perspective. *Advances in Cognitive Psychology*. 2015, vol. 11, no. 3, pp. 77-83. ISSN: 1895-1171. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4584255/>

STYNS, F., VAN NOORDEN, L., MOELANTS, D., LEMAN, M. 2007. Walking on music. *Human Movement Science*. 2007, vol. 26, no. 5, pp. 769-785. ISSN: 0167-9457. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167945707000589>

SZAMEITAT, A. J., SHEN, S., STERR, A. 2007. Motor imagery of complex everyday movements. An fMRI study. *NeuroImage*. 2007, vol. 34, no. 2, pp. 702-713. ISSN: 1053-8119. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811906009748>

TAKAKUSAKI, K. 2013. Neurophysiology of gait: from the spinal cord to the frontal lobe. *Movement Disorders*. 2013, vol. 28, no. 11, pp. 1483-1491. ISSN: 1531-8257. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mds.25669/pdf>

THOBOIS, S., DOMINEY, P. F., DECETY, J., POLLAK, P., GREGOIRE, M. C., LE BARS, D., BROUSSOLLE, E. 2000. Motor imagery in normal subjects and in asymmetrical Parkinson's disease: A PET study. *Neurology*. 2000, vol. 55, no. 7, pp. 996-1002. ISSN: 2090-5513. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/253853517\\_Motor\\_imagery\\_in\\_normal\\_subjects\\_and\\_in\\_asymmetrical\\_Parkinson's\\_disease](https://www.researchgate.net/publication/253853517_Motor_imagery_in_normal_subjects_and_in_asymmetrical_Parkinson's_disease)

VARGAS, C. D., OLIVIER, E., CRAIGHERO, L., FADIGA, L., DUHAMEL, J. R., SIRIGU, A. 2004. The Influence of Hand Posture on Corticospinal Excitability during Motor Imagery: A Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Cerebral Cortex*. 2004, vol. 14, no. 11, pp. 1200-1206. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://wexler.free.fr/library/files/vargas%20%282004%29%20the%20influence%20of%20hand%20posture%20on%20corticospinal%20excitability%20during%20motor%20imagery.%20a%20transcranial%20magnetic%20stimulation%20study.pdf>

VÉLE, F. 2006. *Kineziologie*. 2. vyd. Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

VERMA, R., ARYA, K. N., SHARMA, P., GRAG, R. K. 2012. Understanding gait control in post-stroke: Implications for management. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2012, vol. 16, no. 1, pp. 14-21. ISSN: 1360-8592. Dostupné z: [http://ac.els-cdn.com/S1360859210001890/1-s2.0-S1360859210001890-main.pdf?\\_tid=c4feb5e0-15df-11e6-a1d3-00000aab0f27&acdnat=1462796330\\_135ce8b534b51f9d9792ecfd1bfad589](http://ac.els-cdn.com/S1360859210001890/1-s2.0-S1360859210001890-main.pdf?_tid=c4feb5e0-15df-11e6-a1d3-00000aab0f27&acdnat=1462796330_135ce8b534b51f9d9792ecfd1bfad589)

WEINBERG, R. 2008. Does Imagery Work? Effects on Performance and Mental Skills. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*. 2008, vol. 3, no. 1, pp. 1-21. ISSN: 1932-0191. Dostupné z: [http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/\\$002fj\\$002fjirspa.2008.3.1\\$002fjirspa.2008.3.1.1025\\$002fjirspa.2008.3.1.1025.pdf?t:ac=j\\$002fjirspa.2008.3.1\\$002fjirspa.2008.3.1.1025\\$002fjirspa.2008.3.1.1025.xml](http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/$002fj$002fjirspa.2008.3.1$002fjirspa.2008.3.1.1025$002fjirspa.2008.3.1.1025.pdf?t:ac=j$002fjirspa.2008.3.1$002fjirspa.2008.3.1.1025$002fjirspa.2008.3.1.1025.xml)

WINTER, D. A. 1995. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*. 1995, vol. 3, pp. 193-214. ISSN: 0966-6362. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0966636296828499>

WISE, S. P., BOUSSAOU, D., JOHNSON, P. B., CAMINITI, R. 1997. Premotor and parietal cortex: Corticocortical Connectivity and Combinatorial Computations. *Annual Review of Neuroscience*. 1997, vol. 20, pp. 25-42. ISSN: 0147-006X. Dostupné z: [http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.neuro.20.1.25?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_dat=cr\\_pub%3Dpubmed&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&journalCode=neuro](http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.neuro.20.1.25?url_ver=Z39.88-2003&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&journalCode=neuro)

WITTEWER, J. E., WEBSTER, K. E., HILL, K. 2013. Effect of rhythmic auditory cueing on gait in people with Alzheimer disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013, vol. 94, no. 4, pp. 718-724. ISSN: 1532-821X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999312011100>

WOLBERS, T., WEILER, C., BÜCHEL, C. 2003. Contralateral Coding of Imagined Body Parts in the Superior Parietal Lobe. *Cerebral Cortex*. 2003, vol. 13, no. 4, pp. 392-399. ISSN: 1460-2199. Dostupné z: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/13/4/392.long>

WRIESSNEGGER, S. C., STEYRL, D., KOSCHUTNIG, K., MÜLLER-PUTZ, G. R. 2014. Short time sports exercise boosts motor imagery patterns: implications of mental practice in rehabilitation programs. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014, vol. 8, no. 469, pp. 1-9. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00469/full>

YÁGÜEZ, L., CANAVAN, A. G. M., LANGE, H. W., HÖMBERG, V. 1999. Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's disease. *Behavioural Brain Research*. 1999, vol. 102, no. 1,2, pp. 115-127. ISSN: 0166-4328. Dostupné z: <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/YaguezEtAl99.pdf>

YAO, W. X., RANGANATHAN, V. K., ALLEXANDER, D., SIEMIONOW, V., YUE, G. H. 2013. Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013, vol. 7, no. 561, pp. 1-6. ISSN: 1662-5161. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00561/full>

YUE, G., COLE, K. J. 1992. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contraction. *Journal of Neurophysiology*. 1992, vol. 67, no. 5, pp. 1114-1123. ISSN: 1522-1598. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/67/5/1114>

ZIJDEWIND, I., TOERING, S. T., BESSEM, B., VAN DER LAAN, O., DIERCKS, R. L. 2003. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve*. 2003, vol. 28, no. 2, pp. 168-173. ISSN: 1097-4598. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mus.10406/abstract?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+be+unavailable+on+Saturday+14th+May+11%3A00-14%3A00+BST+%2F+06%3A00-09%3A00+EDT+%2F+18%3A00-21%3A00+SGT+for+essential+maintenance.Apologies+for+the+inconvenience.>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACL	přední zkřížený vaz (anterior cruciate ligament)
ANS	autonomní nervový systém
CB	mozeček (cerebellum)
CPGs	centrální generátory pohybu
EEG	elektroencefalografie
EMG	elektromyografie
fMRI	funkční magnetická rezonance
IFG	inferiorní frontální gyus
IPL	inferiorní parietální lalok
KVIQ	Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire
MEG	magnetoencefalografie
MfG	střední frontální gyus
MI	motor imagery (motorická představivost)
MIQ-R	Movement Imagery Questionnaire-Revised
MIQ-RS	Movement Imagery Questionnaire-Revised Second
PcG	postcentrální gyus
PET	pozitronová emisní tomografie
PPC	posteriovní parietální kortex
SMA	suplementární motorická oblast
SPL	superiorní parietální lalok
TMS	transkraniální magnetická stimulace

VMIQ Vividness of Motor Imagery Questionnaire

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tab 1	Základní veličiny popisné statistiky vybraných svalů během testovaných situací v poloze vsedě .....	37
Tab 2	Základní veličiny popisné statistiky vybraných svalů během testovaných situací v poloze ve stoji .....	37
Graf 1	Aktivita m. tibialis anterior během testovaných situací ve výchozí poloze vsedě ..	40
Graf 2	Aktivita m. gastrocnemius medialis během testovaných situací ve výchozí poloze vsedě .....	40
Graf 3	Aktivita m. tibialis anterior během testovaných situací ve výchozí poloze ve stoji .....	41
Graf 4	Aktivita m. gastrocnemius medialis během testovaných situací ve výchozí poloze ve stoji .....	41
Graf 5	Záznam z akcelerometru m. tibialis anterior během sedu a stoje při jednotlivých situacích .....	42
Graf 6	Aktivita m. tibialis anterior vsedě a ve stoji během klidu před a po realizaci chůze .....	42
Graf 7	Aktivita m. gastrocnemius medialis vsedě a ve stoji během klidu a po realizaci chůze .....	43
Graf 8	Aktivita m. tibialis anterior vsedě a ve stoji během představy chůze před a po realizaci chůze .....	43
Graf 9	Aktivita m. gastrocnemius medialis vsedě a ve stoji během představy chůze před a po realizaci chůze .....	44

## SEZNAM PŘÍLOH

Příl. 1	Informovaný souhlas .....	89
Příl. 2	Dotazník představy pohybu MIQ-R.....	90
Příl. 3	Výsledky dotazníku MIQ-R.....	94
Příl. 4	Základní veličiny popisné statistiky výsledků bodového hodnocení dotazníku MIQ-R .....	95
Příl. 5	Výsledky subjektivního hodnocení představy chůze .....	96
Příl. 6	Protokol měření.....	99
Příl. 7	Obrázek chodby, po které se probandi procházeli v představě.....	100
Příl. 8	Výchozí pozice - sed a stoj .....	101
Příl. 9	Ukázka testovaných situací.....	102



# PŘÍLOHY

## Příloha 1 Informovaný souhlas

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

tř. Svobody 8

771 11 Olomouc

### **Poučení a souhlas klientky**

Klient/ka ..... souhlasí s provedením kineziologického rozboru a vyšetření pomocí povrchového elektromyografického přístroje firmy Delsys USA v Kineziologické laboratoři Fakultní nemocnice Olomouc pro účely diplomové práce s názvem „Představa chůze v obraze povrchové elektromyografie“, kterou zpracovává Bc. Tereza Suchánková pod vedením Mgr. Barbory Kolářové.

Byla jsem srozumitelně seznámena s průběhem všech vyšetření. Souhlasím s jejich provedením, nahlédnutím do mé zdravotnické dokumentace v rozsahu nezbytně nutném a anonymním použitím získaných údajů s respektováním pravidel ochrany osobních dat.

V Olomouci dne .....

Podpis klientky .....

**Dotazník představy pohybu**

**MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE-REVISED**

**(MIQ-R)**

Tento dotazník hodnotí dva způsoby provádění pohybů v představě. První způsob je pokusit se vytvořit vizuální představu neboli obraz pohybu ve své mysli, druhý je pokusit se cítit a vnímat pohyb bez jeho skutečného provedení. Žádám Tě o provedení obou těchto mentálních úkolů pro dané pohyby v tomto dotazníku a následně zhodnocení, jak snadné/obtížné pro Tebe tyto úkoly byly. Na dané otázky neexistují správné či špatné odpovědi.

Každé z následujících tvrzení popisuje konkrétní pohyb. Čti pečlivě každé tvrzení, a pak proved' popsany pohyb. Ten vykoněj pouze jednou. Vrat' se do výchozí pozice a splň druhou, mentální, část úkolu. Po dokončení požadovaného mentálního úkolu zhodnot' snadnost/obtížnost, s jakou jsi byla schopna úkol provést. Hodnot' dle následující stupnice:

**Stupnice vizuální představy**



velmi snadnosnadno    spíše snadno    neutrálně    spíše obtížně    obtížně    velmi obtížně  
viděná    viděná    viděná(ani snadno ani obtížně)viděná    viděná    viděná  
viděná

**Stupnice kinestetické představy**



velmi snadnosnadno    spíše snadno    neutrálně    spíše obtížně    obtížně    velmi obtížně  
vnímaná    vnímaná    vnímaná(ani snadno ani obtížně)vnímaná    vnímaná    vnímaná  
vnímaná

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

**6. VÝCHOZÍ POZICE:** Stoj snožmo s horními končetinami připaženými.

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

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

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

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

<b>HODNOCENÍ:</b>
-------------------

**Příloha 3**      Výsledky dotazníku MIQ-R

Jméno	Vizuální představa				Kinestetická představa			
	1. úkol	2. úkol	3. úkol	4. úkol	5. úkol	6. úkol	7. úkol	8. úkol
Proband 1	6	6	6	6	7	7	7	7
Proband 2	4	5	3	6	7	7	6	6
Proband 3	7	7	7	7	7	7	7	7
Proband 4	7	6	7	7	7	7	6	6
Proband 5	6	5	7	5	6	7	6	6
Proband 6	7	7	7	7	7	7	7	7
Proband 7	6	6	6	6	7	7	7	7
Proband 8	6	6	7	7	7	7	7	7
Proband 9	6	6	7	7	5	6	6	5
Proband 10	6	6	5	6	5	6	6	5
Proband 11	6	5	6	5	6	6	5	6
Proband 12	6	6	6	7	5	5	5	5
Proband 13	4	5	4	3	3	3	3	3
Proband 14	6	4	7	6	7	7	7	7
Proband 15	5	6	5	6	6	6	5	6
Proband 16	4	5	5	4	7	7	7	7
Proband 17	7	7	6	6	6	6	7	6
Proband 18	5	7	7	7	7	7	7	7
Proband 19	7	7	7	7	7	7	7	7
Proband 20	7	6	6	6	6	7	7	7
Proband 21	7	7	7	6	4	4	5	7
Proband 22	6	5	4	2	6	6	4	4
Proband 23	7	7	7	7	3	5	7	7
Proband 24	5	6	6	6	2	2	3	3
Proband 25	4	5	5	5	6	6	6	6
Proband 26	3	2	2	2	4	4	4	4
Proband 27	7	7	7	7	3	3	4	4
Proband 28	6	7	7	6	6	6	5	6
Proband 29	6	5	6	6	5	6	5	6
Proband 30	5	6	6	6	6	6	5	6
Proband 31	7	7	7	7	7	7	7	7
Proband 32	6	7	7	7	7	7	7	7
Proband 33	7	7	7	6	7	7	7	7
Proband 34	6	6	6	6	7	7	7	7
Proband 35	6	6	5	6	7	7	7	6
Proband 36	7	6	5	6	6	7	6	5

**Příloha 4**      Základní veličiny popisné statistiky výsledků bodového hodnocení dotazníku MIQ-R

<b>MIQ-R</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
VIZ	5,811718	1,033564
KIN	5,870463	1,207122
SUMA	6,25	0,25

**Příloha 5**      Výsledky subjektivního hodnocení představy chůze

Jméno		Bez rytmu		S rytmen	
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 1	p.př.	3	3	4	4
	p.po.	3	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 2	p.př.	4	3	4	4
	p.po.	4	3	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 3	p.př.	3	3	3	4
	p.po.	4	4	4	4
		STOJ	SED	STOJ	SED
Proband 4	p.př.	4	3	3	3
	p.po.	4	3	4	4
		SED	STOJ	SED	STOJ
Proband 5	p.př.	1	2	2	3
	p.po.	2	2	2	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 6	p.př.	3	4	4	4
	p.po.	4	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 7	p.př.	2	3	4	4
	p.po.	3	3	4	4
		SED	STOJ	SED	STOJ
Proband 8	p.př.	2	3	3	4
	p.po.	3	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 9	p.př.	2	3	3	3
	p.po.	3	3	3	3
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 10	p.př.	3	2	3	2
	p.po.	3	2	3	3
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 11	p.př.	2	2	1	2
	p.po.	3	2	2	3
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 12	p.př.	2	3	3	4
	p.po.	3	4	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 13	p.př.	2	3	3	4
	p.po.	3	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ



Proband 14	p.př.	3	4	4	4
	p.po.	4	4	4	4
		SED	STOJ	SED	STOJ
Proband 15	p.př.	2	3	4	3
	p.po.	2	4	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 16	p.př.	3	3	4	3
	p.po.	4	4	4	3
		SED	STOJ	SED	STOJ
Proband 17	p.př.	2	4	4	4
	p.po.	3	4	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 18	p.př.	1	1	3	2
	p.po.	3	1	3	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 19	p.př.	2	3	3	3
	p.po.	3	3	3	3
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 20	p.př.	4	4	4	4
	p.po.	4	4	4	4
		STOJ	SED	STOJ	SED
Proband 21	p.př.	1	2	3	4
	p.po.	2	3	3	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 22	p.př.	3	2	4	4
	p.po.	3	2	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 23	p.př.	3	4	3	4
	p.po.	4	4	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 24	p.př.	2	3	2	2
	p.po.	3	3	3	2
		SED	STOJ	SED	STOJ
Proband 25	p.př.	2	4	3	4
	p.po.	4	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 26	p.př.	3	2	3	3
	p.po.	4	2	2	3
		STOJ	SED	STOJ	SED
Proband 27	p.př.	2	2	2	2
	p.po.	3	3	2	3
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 28	p.př.	2	2	3	3
	p.po.	3	3	3	3
		SED	STOJ	STOJ	SED

Proband 29	p.př.	1	2	2	2
	p.po.	3	3	3	3
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 30	p.př.	2	2	4	3
	p.po.	2	3	4	3
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 31	p.př.	3	4	4	4
	p.po.	4	4	4	4
		STOJ	SED	STOJ	SED
Proband 32	p.př.	3	4	4	3
	p.po.	4	4	4	3
		STOJ	SED	STOJ	SED
Proband 33	p.př.	4	4	4	4
	p.po.	4	4	4	4
		SED	STOJ	STOJ	SED
Proband 34	p.př.	3	4	4	4
	p.po.	3	4	4	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 35	p.př.	2	2	3	3
	p.po.	2	3	3	4
		STOJ	SED	SED	STOJ
Proband 36	p.př.	3	4	4	3
	p.po.	4	4	3	3

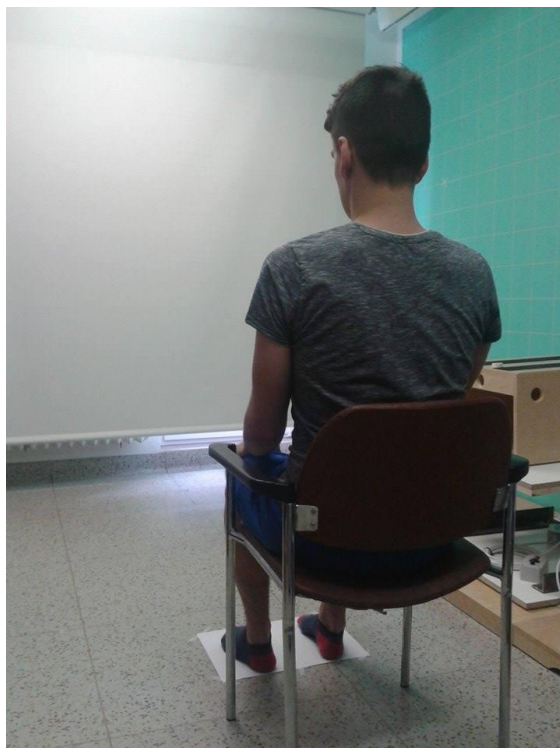
**Příloha 6** Protokol měření

	<b>Poloha</b>	<b>Situace</b>	<b>Snadnost představy 1-4 (4 velmi snadná, 1 velmi obtížná )</b>
<b>A</b>	Sed	Klid	
	Sed	Klid (píseň v duchu)	
	Sed	Představa chůze (po chodbě)	
	Sed	Realizace chůze po chodbě	
	Sed	Klid (píseň v duchu)	
	Sed	Představa chůze po chodbě	
<b>B</b>	Stoj	Klid	
	Stoj	Klid (píseň v duchu)	
	Stoj	Představa chůze (po chodbě)	
	Stoj	Realizace chůze po chodbě	
	Stoj	Klid (píseň v duchu)	
	Stoj	Představa chůze po chodbě	

**Příloha 7**    Obrázek chodby, po které se probandi procházeli v představě



**Příloha 8**    Výchozí pozice - sed a stoj



**Příloha 9** Ukázka testovaných situací

