

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Klára Schnitterová

**PŘEDSTAVA CHŮZE U PACIENTŮ PO CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODĚ  
ASPEKTEM POVRCHOVÉ ELEKTROMYOGRAFIE**

Diplomová práce

Vedoucí práce: PhDr. Barbora Kolářová Ph.D.

Olomouc 2020

## ANOTACE

**Typ závěrečné práce:** Diplomová práce

**Název práce v ČJ:** Představa chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě aspektem povrchové elektromyografie

**Název práce v AJ:** Motor imagery of gait in patients after stroke evaluated by surface electromyography

**Datum zadání:** 2019-01-31

**Datum odevzdání:** 2020-07-31

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Schnitterová Klára

**Vedoucí práce:** PhDr. Barbora Kolářová Ph.D.

**Oponent práce:** Mgr. Marek Tomsa

**Rozsah:** počet stran 71 / počet příloh 8

### **Abstrakt v ČJ**

**Úvod:** Představa pohybu je dynamický děj, během nějž je vnitřně aktivována představa konkrétní pohybové činnosti bez jakéhokoliv motorického výstupu.

**Cíl:** Cílem práce bylo zhodnotit vliv představy chůze po čáře na aktivitu vybraných svalů dolních končetin u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP) v porovnání se zdravými jedinci.

**Metodika:** Měření se zúčastnilo celkem 16 probandů (9 pacientů po CMP, jejichž průměrný věk byl 64,3 let ( $\pm$  5,5 let); a 7 zdravých jedinců, jejichž průměrný věk činil 52,7 let ( $\pm$  6,3 let). Všichni probandi měli dobrou schopnost představivosti dle dotazníku MIQ-R. V rámci experimentu byla svalová aktivita snímána pomocí povrchové elektromyografie (EMG) z m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. rectus femoris, m. biceps femoris

bilaterálně v následujících situacích: klid (K), představa chůze po čáře (PL1), provedení chůze po čáře (L1), znovu představa chůze po čáře (PL2) a následně provedení chůze po čáře (L2) - vždy u všech probandů v tomto pořadí. Dále byla hodnocena kvalita a časování představy chůze po čáře.

**Výsledky:** Ze statistických výsledků vyplynulo, že během představy chůze po čáře došlo k signifikantnímu snížení svalové aktivity u pacientů po CMP u neparetického m. GM v situaci K x PL2 ( $p < 0,01$ ) a paretického m. RF v situacích K x PL1 ( $p < 0,04$ ) a K x PL2 ( $p < 0,01$ ). U ostatních svalů se statisticky významné výsledky neukázaly, stejně tak ani u celé kontrolní skupiny zdravých jedinců, ani v porovnání obou skupin mezi sebou. Současně bylo prokázáno signifikantní zlepšení kvality představy po realizaci chůze po čáře.

**Závěr:** Představa chůze po čáře má vliv na svalovou aktivitu u pacientů po CMP, což by mohlo podpořit terapeutický potenciál imagince v rehabilitaci těchto pacientů.

**Klíčová slova:** představa pohybu, chůze, cévní mozková příhoda, povrchová elektromyografie

### **Abstract in AJ**

**Introduction:** Motor imagery is a dynamic process during which the idea of a specific movement activity is internally activated without any motor output.

**Aim:** The aim of the thesis was to evaluate the effect of gait imagery on the activity of selected lower limb muscles in patients after stroke in comparison with healthy subjects.

**Methods:** A total of 16 probands participated in the measurement (9 patients after stroke, whose mean age was 64.3 ( $\pm 5.5$  years); and 7 healthy individuals, whose mean age was 52.7 ( $\pm 6.3$  years). All probands had a good imagery ability according to the MIQ-R. In the experiment, muscle activity was measured by surface electromyography from the anterior tibialis muscle, gastrocnemius medialis muscle, rectus femoris muscle, biceps femoris muscle bilaterally in the following situations: rest position (K), gait imagery along the line (PL1), gait along the line (L1), again gait imagery along the line (PL2) and then gait along the line (L2) - always for all probands in this order. Furthermore, the quality and timing of the gait imagery was evaluated.

**Results:** Statistical results showed that during gait imagery along the line there was a significant decrease in muscle activity in patients after stroke in non-paretic m. GM in the situation K x PL2 ( $p < 0.01$ ) and paretic m. RF in situations K x PL1 ( $p < 0.04$ ) and K x PL2 ( $p < 0.01$ ). For other muscles, no statistically significant results were shown, nor in the whole control group of healthy individuals, nor in the comparison of the two groups with each other.

There was also a significant improvement in the quality of motor imagery after the execution of gait along the line.

**Conclusion:** Gait imagery along the line has an effect on muscle activity in patients after stroke, which could support the therapeutic potential of the imagination in the rehabilitation of these patients.

**Key words:** motor imagery, gait, stroke, surface electromyography

## DEDIKACE

Tato diplomová práce vznikla za podpory grantu Univerzity Palackého v Olomouci IGA\_FZV\_2019\_006 „Vliv rehabilitace na strategii chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě“ (hlavní řešitelka PhDr. Barbora Kolářová, Ph.D.).

## PROHLÁŠENÍ

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

Olomouc 31. července 2020

---

podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Na prvním místě děkuji své vedoucí PhDr. Barboře Kolářové Ph.D. za podporu, vstřícnost a pozitivní přístup, za cenné rady, konzultace a veškerý čas, který věnovala záležitostem týkající se této práce. Dále děkuji paní Mgr. Dagmaře Tečové za pomoc se statistickým zpracováním dat. A také děkuji mé spolužačce Bc. Lucii Chytilové, která mi byla při měření nejlepší kolegyní, jakou jsem si mohla přát.

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Úvod .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1 Teoretický přehled poznatků .....</b>                           | <b>11</b> |
| 1.1 Pohyb .....  | 11        |
| 1.1.1 Mechanismy řízení pohybu.....                                  | 11        |
| 1.1.2 Oblasti mozku aktivované při přípravě a realizaci pohybu ..... | 11        |
| 1.1.3 Lokomoční pohyb .....  | 13        |
| 1.2 Představa pohybu .....   | 17        |
| 1.2.1 Druhy představy pohybu.....                                    | 17        |
| 1.2.2 Oblasti mozku aktivované při představě pohybu.....             | 17        |
| 1.2.3 Vztah představy pohybu a motorického učení.....                | 18        |
| 1.2.4 Hodnocení představy pohybu .....                               | 20        |
| 1.3 Cévní mozková příhoda .....                                      | 21        |
| 1.3.1 Incidence cévní mozkové příhody .....                          | 21        |
| 1.3.2 Příčiny a následky cévní mozkové příhody .....                 | 22        |
| 1.3.3 Chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě .....                | 22        |
| 1.3.4 Deficit kognitivních funkcí u pacientů po CMP .....            | 24        |
| <b>2 Cíle a hypotézy.....</b>  | <b>26</b> |
| 2.1 Cíl práce .....  | 26        |
| 2.2 Hypotézy .....   | 26        |
| <b>3 Metodika výzkumu.....</b>                                       | <b>28</b> |
| 3.1 Charakteristika testovaného souboru .....                        | 28        |
| 3.2 Postup měření .....  | 28        |
| 3.2.1 Příprava probandů.....   | 29        |
| 3.2.2 Vlastní průběh měření.....                                     | 29        |
| 3.3 Zpracování dat .....   | 30        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1    | Zpracování a hodnocení elektromyografického záznamu ..... | 30        |
| 3.3.2    | Statistické zpracování dat .....                          | 31        |
| <b>4</b> | <b>Výsledky .....</b>                                     | <b>32</b> |
| 4.1      | Výsledky k výzkumné otázce č. 1 .....                     | 32        |
| 4.1.1    | Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 1 .....          | 32        |
| 4.2      | Výsledky k výzkumné otázce č. 2 .....                     | 33        |
| 4.2.1    | Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 2 .....          | 34        |
| 4.3      | Výsledky k výzkumné otázce č. 3 .....                     | 34        |
| 4.3.1    | Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 3 .....          | 35        |
| <b>5</b> | <b>Diskuze .....</b>                                      | <b>37</b> |
| 5.1      | Diskuze k vědecké otázce č. 1 .....                       | 39        |
| 5.2      | Diskuze k vědecké otázce č. 2 .....                       | 40        |
| 5.3      | Diskuze k vědecké otázce č. 3 .....                       | 42        |
| 5.4      | Limity studie .....                                       | 44        |
| 5.5      | Potenciál využití představy pohybu v klinické praxi ..... | 44        |
|          | <b>Závěr .....</b>  | <b>48</b> |
|          | <b>Referenční seznam .....</b>                            | <b>50</b> |
|          | <b>Seznam zkratk .....</b>                                | <b>57</b> |
|          | <b>Seznam obrázků .....</b>                               | <b>58</b> |
|          | <b>Seznam tabulek .....</b>                               | <b>59</b> |
|          | <b>Seznam příloh .....</b>                                | <b>60</b> |
|          | <b>Přílohy .....</b>                                      | <b>61</b> |



## Úvod

Pohyb představuje základní projev všech živých organismů. Pro člověka je charakteristickým pohybem bipedální vzpřímená chůze, která vyžaduje koordinaci posturální kontroly s fázickým lokomočním pohybem končetin. Chůze představuje přirozený a každodenní motorický projev jedince, a proto bývá jedním z nejdůležitějších úkolů rehabilitace tuto schopnost u pacientů po cévní mozkové příhodě či jakémkoliv jiném traumatu úspěšně obnovit. Dysfunkce chůze je totiž u pacientů po cévní mozkové příhodě běžná a vyplývá jak z primárních poruch spojených s neurologickou příhodou, tak i ze sekundárních kardiovaskulárních a muskuloskeletálních následků způsobených nepoužíváním a fyzickou inaktivitou. Poruchy chůze jsou odpovědné za jejich četné obtíže, zejména mohou narušit schopnost jednotlivce vykonávat a zvládat běžné denní činnosti. Z již publikovaných studií lze za slibnou techniku při rehabilitaci lokomotorických funkcí považovat mentální trénink pomocí představy pohybu. Přestože ta neslouží jako plnohodnotná náhrada fyzického cvičení, tak by měla být vnímána jako doplňková, avšak plně relevantní metoda pro zlepšení pohybového projevu.

Představa pohybu je definována jako kognitivní proces, při kterém si jedinec představuje, že provádí určitý pohybový úkon, aniž by daný pohyb skutečně vykonával. Při tom všem však dochází k aktivaci četných oblastí mozku, které by byly aktivní i při reálném fyzickém provedení daného pohybu. Představa pohybu se tedy v rámci řízení motoriky velice podobá plánování a reálné exekuci pohybu. To otvírá neskutečně široké možnosti na poli rehabilitace, zejména v terapii neurologických pacientů po cévní mozkové příhodě, kteří častokrát mají realizaci pohybu ztíženou či úplně znemožněnou.

Představa pohybu, jakožto jedna z možností tréninku kognitivních funkcí, úzce souvisí s kvalitou motorického projevu. Každý funkční, účelový, cílený pohyb je vždy doprovázen nutností řešit situace, tzn. kognitivně je zpracovat a dál koordinovat. Její efektivita byla pomocí evidence based medicine prokázána na mnoha jednoduchých analytických pohybech horní nebo dolní končetinou, nicméně se postupem času začínají objevovat i studie, které zkoumají komplexnější pohyby řízené na mnoha úrovních nervového systému, tedy např. chůzi. Pro experimentální část této diplomové práce byla navíc zvolena představa modifikované chůze, konkrétně chůze po čáře.

Cílem práce je zhodnotit prostřednictvím povrchové elektromyografie, jaký má představa ztížené chůze (chůze po čáře) vliv na aktivitu vybraných svalů obou dolních

končetin u pacientů po cévní mozkové příhodě v porovnání se zdravými jedinci. Dílčími cíli pak je u obou skupin posoudit kvalitu a časování představy chůze po čáře.

Pro tvorbu diplomové práce byly použity následující internetové databáze: PubMed, Ovid MEDLINE, De Gruyter a ResearchGate. Vyhledávány byly články publikované v časovém rozmezí od roku 1990 do 25. 3. 2019. Při vyhledávání byla použita tato klíčová slova: představa pohybu, chůze, cévní mozková příhoda, povrchová elektromyografie, resp. jejich ekvivalenty v anglickém jazyce: motor imagery, gait, stroke, surface electromyography. Celkem bylo v on-line databázích na základě klíčových slov vyhledáno 36 zahraničních odborných článků. Zbylých 20 zdrojů je odbornou knižní publikací, z nichž několik níže uvedených titulů současně sloužilo jako vstupní studijní literatura.

ENOKA, R. M. 2008. *Neuromechanics of Human Movement* (4th Edition). United States of America: Human Kinetics. ISBN: 978-0-7360-6679-2.

FEIGIN, V. 2007. *Cévní mozková příhoda; prevence a léčba mozkového iktu* (1. vydání). Praha: Galén. ISBN: 978-80-7262-428-7.

GUILLOT, A., COLLET, C. 2010. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford University Press. ISBN 978-01-995-4625-1.

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

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

KRÁLÍČEK, P. 2004. *Úvod do speciální neurofyzologie* (2. vydání). Praha: Karolinum. ISBN: 80-246-0350-0.

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

LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ, M. 2005. *Neurorehabilitace* (1. vydání). Praha: Galén. ISBN: 80-7262-317-6.

LEVINE, D., RICHARDS, J., WHITTLE, M. W. 2012. *Whittle's Gait Analysis* (5th edition). Elsevier Ltd. ISBN: 978-0-7020-4265-2.

# **1 Teoretický přehled poznatků**

## **1.1 Pohyb**

Pohyb je považován za základní vlastnost a projev všech živých organismů. Z hlediska člověka představuje nezbytnou součást celého života a má výrazný vliv na jeho celkový zdravotní stav (Vokurka et al., 2008, s. 201). Pravděpodobně nejčastějším každodenním pohybem člověka je lokomoce, která je definována jako pohybová akce, během níž se mění umístění celého těla v daném prostředí (Latash, 1998, p. 172). Úmyslný pohyb je aktivní proces, který je řízen teleologicky, tedy se záměrem dosažení určitého cíle a účelu pohybu. Takovéto účelně orientované pohybové chování jedince, řízené tvořivým volným úsilím, lze taktéž označit za pohyb ideomotorický (Véle, 1997, s. 11).

### **1.1.1 Mechanismy řízení pohybu**

Pohyb je řízen z centrálního nervového systému (CNS), a proto každá pohybová aktivita s činností CNS přímo souvisí (Véle, 1997, s. 12). Obecně lze proces řízení pohybu označit za obousměrný přenos informací mezi CNS a výkonnou složkou, svaly. Kontrolní funkci pak zastávají sensorické receptory, které poskytují zpětnou vazbu o probíhajícímu pohybu. Pro zajištění úspěšného procesu řízení musí mít CNS možnost korelovat pohybový záměr se skutečně probíhajícímu pohybem a v případě odchylky zajistit potřebnou korekci, aby byla dosažena shoda s původním záměrem (Véle, 1997, s. 61).

Nervové mechanismy, které tvoří podklad pro volní úmyslný pohyb, lze rozdělit do pěti fází. První fází představuje primární motivační popud k určitému vzorci chování, který vychází z motivačních ústředí CNS (tj. ze struktur, které mají vztah k limbickému systému). Následuje sensorická analýza zevního prostředí. Dále je vypracován plán akce, v němž jsou sensorické vjemy transformovány do motorického systému, kde je na jejich základě vytvořena strategie k dosažení daného cíle. Na základě této vybrané strategie je vypracován konkrétní program pohybu a v konečné fázi nastává iniciace a samotná realizace daného pohybu (Králíček, 2004, s. 158).

### **1.1.2 Oblasti mozku aktivované při přípravě a realizaci pohybu**

Jednotlivé struktury zapojené do přípravné fáze pohybu a samotné realizace úmyslného pohybu lze rozdělit do tří hlavních řídicích úrovní: spinální mícha, mozkový kmen a mozková kůra (Enoka, 2008, s. 288; Véle, 1997, s. 62).

V přípravné fázi pohybu, kam spadají procesy sensorické analýzy, plánování a programování pohybu, se předpokládá účast zadní parietální (terciární, asociační) oblasti,

prefrontální korové oblasti a doplňkové motorické korové oblasti (supplementary motor area, SMA). Při realizaci úmyslného pohybu se uplatňuje zejména premotorická korová oblast (PM) a primární motorická korová oblast (M1) (Králíček, 2004, s. 158).

#### ***1.1.2.1 Korové oblasti aktivní v přípravné fázi pohybu***

Zadní parietální asociační oblast zaujímá převážně zevní plochu parietálního laloku a přesahuje přes horní okraj hemisféry na část její mediální plochy (Čihák, Druga a Grim, 2004, s. 397). Hlavní aferentaci dostává ze somatosenzorické a zrakové korové oblasti. Její hlavní projekce míří do prefrontální oblasti, PM a SMA. Předpokládá se, že zadní parietální kůra uskutečňuje výběr a zpracování vhodné sensorické informace pro účinné provedení pohybu (Králíček, 2004, s. 158).

Prefrontální korová oblast je lokalizována na dorzolaterální straně frontálního laloku. Vstupní informace přijímá především ze zadního parietálního laloku a bazálních ganglií. Její hlavní projekce vedou do PM a SMA. Prefrontální korová oblast se účastní na vypracování plánu pohybu (Králíček, 2004, s. 159).

SMA, jakožto součást premotorické korové oblasti, leží na mediální ploše gyrus frontalis superior. Hlavní aferentace k ní přichází ze zadní parietální asociační oblasti a z bazálních ganglií. Hlavní projekce směřují do M1, PM a mozkového kmene. Její dráždění vyvolá pohyby svalů hlavy a končetin, přičemž se jedná o složité bilaterální pohyby a tonické kontrakce svalů. SMA se považuje za místo, kde dochází k přípravě, programování a iniciaci pohybu. Vlastní provedení pohybu je poté předáno následujícím motorickým oblastem (Čihák, Druga a Grim, 2004, s. 389).

#### ***1.1.2.2 Korové oblasti aktivní při realizaci pohybu***

PM se nachází před M1, konkrétně v předním okraji gyrus praecentralis a v zadních částech všech tří frontálních závitů (Čihák, Druga a Grim, 2004, s. 388). Hlavní aferentace přichází ze všech oblastí přípravné fáze pohybu a také z mozečku. Její projekce míří do mozkového kmene a do pyramidové dráhy. PM hraje důležitou roli v kontrole pletencového a axiálního svalstva. Dále také zahajuje iniciální fázi úmyslného pohybu, ve které dochází ke stáčení očí, hlavy, trupu a končetin směrem k cíli motorického úkonu, čímž vytváří jakési postojové pozadí pro následný pohyb (Králíček, 2004, s. 160).

M1 je uložena v gyrus praecentralis od mediální strany hemisféry až k fossa cerebri lateralis. Díky svým charakteristickým obrovským pyramidovým neuronům V. vrstvy tvoří nejsilnější korovou oblast z celého mozkového kortexu. Hlavní aferentaci dostává z thalamu a mozečku. Její hlavní projekce vedou skrze pyramidovou dráhu k motoneuronům hlavových

a míšních nervů (Čihák, Druga a Grim, 2004, s. 388). M1 je rozhodující strukturou pro řízení jemných cílených pohybů akrálních partií končetin, jejímž hlavním úkolem je realizovat pohyb (Králíček, 2004, s. 160-161).

Výše popsané mozkové oblasti, které jsou zapojené do přípravy a samotného vykonávání pohybu, jsou velice důležité i v otázce představy pohybu. Rychle rostoucí počet vědeckých studií totiž předkládá výsledky, jimiž dosvědčuje zejména aktivitu korových oblastí mozku podílejících se na řízení pohybu i při představě pohybu (Guillot et al., 2008, p. 1471).

### **1.1.3 Lokomoční pohyb**

Lokomoce znamená schopnost pohybovat se v prostoru pomocí svalové síly a je také definována jako pohyb z místa na místo. Pro člověka je charakteristická bipedální vzpřímená chůze, která vyžaduje koordinaci posturální kontroly s fázickým lokomočním pohybem končetin. Lokomoční projev zdravého člověka je teleologický, což znamená, že nemyslí plně na pohyb, který vykonává, ale myslí na cíl, kterého chce dosáhnout (Véle, 1997, s. 11).

#### **1.1.3.1 Řízení lokomoce**

Z původních vědeckých poznatků se soudilo, že rytmické lokomoční pohyby (střídání flexe a extenze vyvolané aktivací z proprioceptorů) jsou výsledkem řetězce reflexních dějů s centry ve spinální míše. Současné poznatky však ukazují, že rytmická reciproční činnost antagonistických svalových skupin může probíhat bez zmíněné signalizace z periferie, a tudíž nemůže mít reflexní charakter. Předpokládá se, že celý pohyb je výsledkem spuštění předem připraveného vzorce neuronální aktivity, který označujeme jako centrální motorický program. Ten je zakódován v paměti neuronální sítě, kterou nazýváme jako generátor vzorce pohybu - CPG, z angl. central pattern generator (Králíček, 2004, s. 141). CPG, který vytváří daný vzorec nervových impulzů, není lokalizován na jednom místě CNS, ale skládá se ze sítí neuronů v různých částech mozku a míchy (Enoka, 2008, p. 276; Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 19).

Konkrétně generátor vzorce lokomočního pohybu, který umožňuje koordinovaně aktivovat svaly, které jsou při chůzi potřebné, je situován ve spinální míše (Králíček, 2004, s. 141; Lippertová-Grünerová, 2005, s. 110), ale je zde aktivován signálem vycházejícím z vyšších úrovní (Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 19), konkrétně z oblasti retikulární formace středního mozku označované jako mesencefalická lokomoční oblast. Tato oblast kromě spuštění generátoru lokomočního pohybu navíc určuje i charakter lokomoce (Králíček, 2004, s. 141). Chůze se tak stává výsledkem složitého regulačního mechanismu, do kterého je

zapojena nejen mícha, ale současně i mozkový kmen, bazální ganglia, thalamus, mozková kůra a mozeček. Normální průběh chůze závisí na integrované aktivitě všech uvedených regulačních etáží. Zejména regulační okruhy bazálních ganglií a mozečku mají v řízení chůze mimořádný význam a jsou považovány za systémy, které integrují automatizované hybné stereotypy jako např. chůzi se souhybem horních končetin (Kolář et al., 2009, s. 50).

Aktivita CPG je bezpochyby ovlivněna i senzoricou zpětnou vazbou a neuromodulací hormony. Přestože jsou CPG schopny generovat specifický pohybový vzorec, je pro normální pohybový model absolutně nezbytná zpětná vazba ze senzoricých receptorů (Enoka, 2008, p. 276, 280). Ačkoliv lokomoce zdaleka není pouze reflexního původu, aferentní signalizace z končetinových proprioceptorů je velice důležitá a pokud je vyřazena, je normální cyklus lokomočních pohybů výrazně narušen, zpomalen a nemůže být plně přizpůsoben terénu a vnějšímu prostředí (Králíček, 2004, s. 141).

Samotné zahájení lokomoce obvykle závisí na volním či kognitivním podnětu, který vyžaduje činnost mozkové kůry, nebo na emočním podnětu, který se odvíjí od aktivity limbického systému. Bez ohledu na to, zda je iniciace lokomočního pohybu výsledkem volního nebo emočního stimulu, je vždy doprovázena automatickým řízením opory, rovnováhy a rytmické aktivity. Volní proces ale navíc vyžaduje aktivaci četných kortikálních oblastí a je uskutečněn projekcemi do mozkového kmene a míchy. Bazální ganglia přijímají vstupy z mozkové kůry a ovlivňují tak všechny volní, emoční i automatické pohyby prostřednictvím projekcí do mozkové kůry, limbického systému a mozkového kmene. Kromě těchto struktur je také mozeček rozhodující součástí pro přizpůsobování chůze jakýmkoliv podmínkám a pro procesy učení (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 337).

Spinální úroveň řízení tedy na základě informací z proprioceptorů a exteroceptorů zajišťuje adekvátní svalový tonus, který je základem pro zachování vzpřímeného stoje a rovnováhy. Subkortikální úroveň zprostředkovává adaptaci na vnitřní a vnější prostředí, udržuje orientovanou polohu, zajišťuje automatizaci a kontrolu opakovaných pohybů. A kortikální úroveň řídí volní ideomotoriku, tzn. realizaci představy, která vznikla v mysli, pomocí lokomočního systému (Trojan et al., 2005, s. 29).

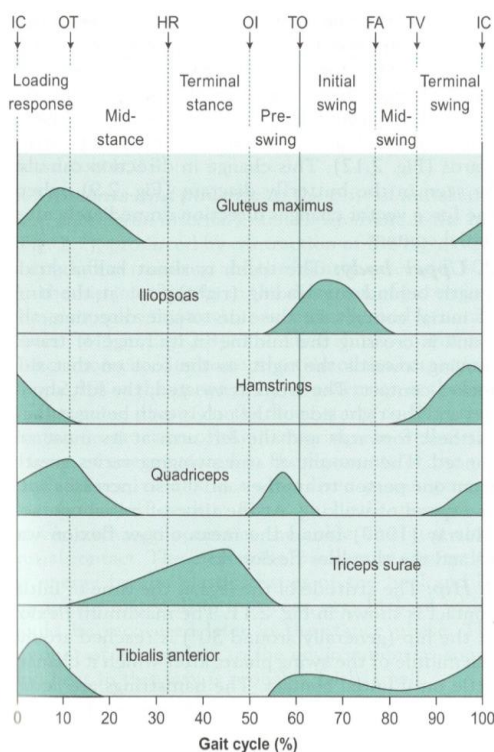
### **1.1.3.2 Mechanika chůze**

Chůze je základní lokomoční stereotyp vybudovaný na fylogeneticky fixovaných principech charakteristických pro každého jedince (Kolář et al., 2009, s. 48). Chůze se při samotném provedení různými skupinami osob vyznačuje množstvím společných či velmi podobných rysů, současně má však u každého jedince individuální prvky, které jsou podmíněny

zdravotním stavem, psychickými faktory, vnějšími podmínkami a v neposlední řadě také biomechanickými parametry lidského těla (Gúth in Neumannová et al., 2015, s. 8). Možnost vykonání chůze je založena na schopnosti tzv. posturální kontroly. Posturální kontrola představuje schopnost jedince kontrolovat své držení těla tak, aby během funkčních činností (jako je i chůze) udržoval vzpřímený postoj a kompenzoval vnější i vnitřní výchyly těla, aby nedošlo k nezamýšleným pádům (Tasseel-Ponche, Yelnik and Bonan, 2015, p. 328).

U zdravého člověka se svalová aktivita, která je nutná k posturální kontrole, vyvíjí teprve reaktivně během stojné fáze. Chůze tedy může být také popsána jako neustálá interakce mezi vědomým impulsem pohybu a reaktivní svalovou aktivitou (Lippertová-Grünerová, 2005, s. 109). Pro snadnější porozumění této svalové souhře během udržování posturální kontroly je důležité popsat zapojení svalů na dolních končetinách během krokového cyklu (viz Obrázek 1, s. 16).

Krokový cyklus neboli dvojkrok se skládá ze dvou pravidelně se opakujících částí - stojné fáze (stance phase) a švihové fáze (swing phase). Dvojkrok je zahájen kontaktem jednoho chodidla s podložkou a ukončen dalším kontaktem toho stejného chodidla s podložkou. Stojná a švihová fáze se dále dělí na menší části, a to dle Perry (1992) na počáteční kontakt, postupné zatěžování, střední stoj, konečný stoj, předšvih a počáteční švih, střední švih, konečný švih (Neumannová et al., 2015, s. 12-13). Při počátečním kontaktu, kdy začíná docházet k převzetí hmotnosti těla stojnou DK, jsou nejvíce aktivní hamstringy a m. tibialis anterior. Ve fázi postupného zatěžování dominuje společně s m. tibialis anterior i m. quadriceps femoris, který zpomaluje flexi kolenního kloubu a absorbuje náraz. Při středním stoji aktivita m. quadriceps femoris po dokončení extenze kolenního kloubu postupně klesá a aktivitu m. tibialis anterior střídá nastupující m. triceps surae. Ve fázi konečného stoje m. triceps surae zajišťuje více než 80% akcelerační síly. V předšvihové fázi je hmotnost těla přenášena na kontralaterální DK, zvýšenou aktivitu zde vydává m. quadriceps femoris. Při počátečním švihu působí zejména flexory kyčelního kloubu, dále také m. tibialis anterior začíná pohyb směrem do dorzální flexe. Střední švih je pokračováním posunu DK vpřed, chodidlo je nad zemí, m. tibialis anterior udržuje neutrální postavení v hleznu. V konečné švihové fázi se opět začínají účastnit hamstringy, m. quadriceps femoris a m. tibialis anterior, které společně nastavují končetinu do optimálního postavení pro další počáteční kontakt (Bastlová, 2013, s. 107-109).



**Obrázek 1** Typická aktivita hlavních svalových skupin během krokového cyklu (Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 39).

Nezbytnou součástí komplexního provedení chůze je i adaptabilita chůze, tedy schopnost přizpůsobit se ať už vnějším charakteristikám prostředí nebo anatomickým či funkčním změnám těla. Např. chůze po kluzkém chodníku indukuje specifický režim chůze včetně zvýšené tuhosti končetiny, kratších kroků, prodlouženého kontaktu chodidla se zemí a přilnavostí špičky chodidla, čímž dohromady je zajištěno nižší smykové napětí působící na povrch země a zároveň větší dostupné tření půdy pro účely brzdění. Jak bylo popsáno v předchozí podkapitole, o tuto přizpůsobivost chůze okolním podmínkám se stará především mozeček ve spolupráci s kortexem a sensorickými vstupy (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 339). Zejména vizuální systém je využíván k volbě směru chůze a vyhýbání se překážkám, a zároveň s vestibulárním systémem zajišťují orientaci těla v okolním prostředí. Je-li tedy vnější prostředí náročnější a složitější pro kinematické řízení končetin při chůzi, je pro výsledné provedení chůze aktivováno více subkortikálních a kortikálních struktur (Enoka, 2008, p. 285).



## **1.2 Představa pohybu**

Představa pohybu je způsob myšlenkového provedení pohybu, během kterého sice nedochází ke zjevnému vykonání pohybu či k fyzické svalové aktivitě, ale jsou při něm zapojeny stejné oblasti mozku, které jsou aktivní i při reálném pohybovém úkonu (Mulder, 2007, p. 1265). Jedná se tedy o dynamický děj, během nějž je vnitřně aktivována představa konkrétní pohybové činnosti bez jakéhokoliv motorického výstupu (Guillot et al., 2008, p. 1472; Dickstein and Deutsch, 2007, p. 942; Mulder, 2007, p. 1267).

Proces představování si obecně je pravděpodobně jedna z nejs sofistikovnějších schopností lidského mozku. Formování představ věcí či událostí (včetně pohybu) je cestou k vytvoření vlastního světa, k přeměně existujících skutečností ve věci, kterých opravdu chceme dosáhnout. Ve tvorbě představ neexistují žádné limity, protože ani lidský mozek ve své unikátní schopnosti představování si nemá žádné limity (Guillot et Collet, 2010, p. 13).

### **1.2.1 Druhy představy pohybu**

Celé pojetí představy pohybu lze rozdělit do několika druhů, z čehož jako dva základní typy lze chápat představu pohybu kinestetickou a představu pohybu vizuální. Tyto dvě základní strategie představy pohybu se od sebe vzájemně odlišují zejména charakterem vnímané modality (Kosslyn, Ganis and Thompson in Guillot et Collet, 2010, p. 3).

Představu pohybu je možné rozdělit na kinestetickou (interní) a vizuální (externí). Během kinestetické představy pohybu má daný jedinec pocit, že skutečně vykonává pohyb se všemi jeho smyslovými důsledky (tzv. perspektiva první osoby). Oproti tomu během vizuální představy pohybu daný jedinec vnímá sám sebe jakoby z dálky, jak provádí určitý pohyb (tzv. perspektiva třetí osoby) (Guillot et al., 2008, p. 1471; Mulder, 2007, p. 1268). U vnitřní (kinestetické) představy si jedinec představuje, že se nachází přímo uvnitř svého vlastního těla a prožívá pocity, které by mohly v reálné situaci nastat, kdežto u vnější (vizuální) představy daný jedinec vnímá sám sebe z perspektivy vnějšího pozorovatele, diváka (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 169; Dickstein and Deutsch, 2007, p. 945)

### **1.2.2 Oblasti mozku aktivované při představě pohybu**

Potvrzením o funkční podobnosti mezi vykonaným pohybem a pohybem v představě mohou být výsledky ze studií, které různými technikami zobrazují mozek a zkoumají funkční neuroanatomické korelace představy chůze (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 162).

Pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS), která umožňuje přímé srovnání kortikální aktivity vyvolané během skutečné chůze a představované chůze, bylo zjištěno, že obě tyto podmínky (skutečná a simulovaná chůze) zvyšují aktivitu mozku na mediální

ploše primární senzomotorické kůry oboustranně a také v SMA. Tato zvýšená aktivace během skutečné chůze byla také srovnatelná s aktivací odhalenou pomocí funkční magnetické rezonance (fMRI) během představování si chůze (Miyai et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 162). Z další studie vyplývá, že jestliže je úkol navíc ztížen tím, že jsou probandi požádáni, aby si představovali sami sebe, jak se pohybují kolem překážek, zvýšená aktivita je pak pozorována i v přidavných oblastech mozku (např. gyrus parahippocampalis, precuneus, lobulus parietalis inferior). To naznačuje skutečnost, že se další centra mozku postupně zapojují, když jsou požadavky na pohybové úkoly náročnější a vyžadují zvýšení kognitivního a senzomotorického zpracování informací (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 162).

Další studie, jako jedna z prvních, porovnávala funkční neuroanatomické sítě u jedinců s dobrou oproti špatné schopnosti motorického představování. Pomocí fMRI zobrazila vzorce aktivace mozku u 13 zkušených a 15 nezkušených probandů během reálného vykonání pohybu prstů a představy téhož pohybu. Podle očekávání byly u obou skupin (s dobrou i špatnou schopností představy) aktivovány oblasti lobulus parietalis inferior et superior stejně jako oblasti spojené s motorikou včetně laterální a mediální premotorické kůry, mozeček a putamen. Vzájemné srovnání však odhalilo, že skupina s dobrou představou pohybu více aktivuje parietální a ventrolaterální premotorické oblasti, o kterých je známo, že při vytváření představovaných obrazů hrají rozhodující roli. Naproti tomu skupina se špatnou schopností představy najímá mozeček, orbito-frontální a horní cingulární oblasti kůry. Z výsledků této studie tedy vyplývá, že jedinci se špatnou představou (oproti těm s dobrou) nejenže potřebují nábor kortiko-striatálního systému, ale navíc musí představu pohybu kompenzovat ještě kortiko-cerebelárním systémem (Guillot et al., 2008, p. 1471).

Výše uvedená zjištění tedy ukazují, že se mentálně představované a fyzicky provedené pohybové úkoly spoléhají na podobné motorické zastoupení a také aktivují neurální sítě, které se vzájemně výrazně překrývají, což naznačuje, že obě podmínky sdílejí velmi podobné mechanismy (Guillot et al., 2008, p. 1471). Tato zjištění jsou v souladu s tvrzením, že mentální cvičení prostřednictvím představy pohybu je účinné, jelikož aktivuje mozkovou síť srovnatelně jako fyzické cvičení (Jackson et al., Szameitat et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 162-163).

### **1.2.3 Vztah představy pohybu a motorického učení**

Představa pohybu, jakožto jedna z možností tréninku kognitivních funkcí, úzce souvisí s kvalitou motorického projevu. Každý funkční, účelový, cílený pohyb je vždy doprovázen nutností řešit situace, tzn. kognitivně je zpracovat a dál koordinovat. Důležitost kognitivních

funkcí a především role paměti je zřejmá v případě všech pohybových dovedností a v procesu motorického učení (Latash, 1998, p. 152).

Motorické učení představuje dlouhodobý proces získávání pohybových dovedností, a tento proces působí poměrně trvalé změny v pohybovém chování jedince. Motorické učení je neodmyslitelně spjato s plasticitou CNS, která zajišťuje schopnost změny a přizpůsobení se novým (vnitřním či vnějším) podmínkám a zkušenostem. Motorické učení tedy není způsobeno pouze fyziologickým dozráváním a senzomotorickým vývojem jedince, ale je naopak podmíněno konkrétní praktickou dovedností a zkušeností. Proces motorického učení není možné přímo vidět ani sledovat, lze ho pouze předpokládat na základě dlouhodobých změn pohybového výkonu jedince (Haibach-Beach, Reid a Collier, 2018). Pro konsolidaci paměťové stopy v rámci motorického učení je nezbytné nejen intaktní fungování paměti, ale také kontext, emoční náboj a počet opakování dané události či pohybového úkonu. Větší šanci na upevnění v dlouhodobé paměti mají vysoce emocionální události, a to i po jednom vystavení, oproti událostem nezajímavým a nudným, které vyžadují zvýšené úsilí pro zapamatování (Latash, 1998, s. 155). Pozitivní zkušenost jedince s následným zlepšením pohybu a funkce vede k vyšší efektivitě učení, pozitivním změnám v očekávání a chování, větší motivaci a k dalšímu zlepšení výkonnosti (Bastlová, 2013, s. 10).

Zvláštním typem dlouhodobé paměti jsou paměťové stopy s vysokou stabilitou. Vznikají postupně mnohonásobným opakováním a jsou v CNS snadno a ihned přístupné. Tímto způsobem jsou uloženy základní praktické dovednosti a vědomosti jedince. Patří sem zejména paměťové stopy z nedeklarativní (též procedurální) paměti, která je součástí různých mimovolných projevů chování. Informace v ní uložené si proto jedinec většinou neuvědomuje a slovní formou se obtížně vyjadřují. Kromě somatických a vegetativních podmíněných reflexů a tvorby percepčních schémat do nedeklarativní paměti spadá právě také tvorba pohybových vzorců (tzv. motorická paměť), která ukládá programy pro jednotlivé pohyby a jejich prostorový a časový sled (timing). Pozvolné ukládání pohybových vzorců do dlouhodobé paměti (tj. motorické učení), které postupuje od nekoordinovaných pohybů, přes pohyby kontrolované až k podvědomému provádění pohybů, je významnou součástí mnoha rehabilitačních strategií (Trojan et al., 2003, s. 702).

Z těchto úzkých vztahů mezi kognicí a pohybem lze představu pohybu považovat za slibnou techniku při rehabilitaci motorických funkcí. Ačkoliv neslouží jako náhrada fyzického cvičení, měla by být vnímána jako doplňková, avšak plně relevantní metoda pro zlepšení motorického učení (Mulder, 2007, p. 1275; Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 170).

## **1.2.4 Hodnocení představy pohybu**

### **1.2.4.1 Dotazníky**

Představování si je mnohotvárná schopnost, která se mezi jednotlivci liší. Pro dosažení maximálního využití výhod plynoucích z představy pohybu je důležité věnovat relevantní pozornost právě této individuální schopnosti umět představu použít. A právě pro kvantifikaci schopnosti jedince provádět mentální trénink slouží různé dotazníky motorické představivosti (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 945-946).

Mezi nejčastěji používané dotazníky pro hodnocení představy pohybu patří Movement imagery Questionnaire (MIQ) a jeho další modifikace (např. MIQ-R, MIQ-RS, V-MIQ, atd.), u kterých došlo ke zjednodušení z důvodu minimalizace času potřebného ke splnění dotazníku či odstranění fyzicky náročných úkolů a přizpůsobení jedincům s tělesným deficitem (Butler et al., 2012, p. 1-2). MIQ a MIQ-R jsou založeny na hodnocení jednotlivců v otázce subjektivní „snadnosti“ představy předem definovaných pohybů horní nebo dolní končetinou na sedmibodové stupnici. Před hodnocením každého pohybu jsou daní jedinci vyzváni k fyzickému provedení pohybu. Schopnost představy pohybu je zde hodnocena dvakrát, jednou za vizuální představu (jedinec je požádán, aby viděl sám sebe ve své mysli, jak provádí danou úlohu) a jednou za kinestetickou představu (jedinec je vyzván, aby cítil své vlastní tělo, jak provádí daný pohybový úkol). Existují důkazy o přímém vztahu mezi skóre MIQ a mírou získání motorických dovedností (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 946).

### **1.2.4.2 Povrchová elektromyografie**

Představu pohybu (resp. její vliv na pohybový systém člověka) lze objektivně hodnotit prostřednictvím povrchové elektromyografie (EMG). EMG představuje experimentální vyšetřovací metodu, která prostřednictvím snímání akčních potenciálů podává obraz o svalové aktivitě a nabízí možnost objektivnějšího hodnocení neuromuskulární činnosti. Jednou z předností povrchové EMG je její neinvazivní charakter a relativně snadná aplikace elektrod, pomocí nichž lze snímat aktivitu více svalů současně, v různých polohách či v průběhu téměř jakéhokoliv pohybu. Navíc také poskytuje informace z většího množství svalové tkáně (Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 105; Krobot a Kolářová, 2011, s. 16). EMG má jako nástroj pro hodnocení pohybu nezastupitelnou úlohu, protože nehodnotí kvalitu výsledného motorického projevu, ale zprostředkovává nám vhled na samotné mechanismy řízení pohybu a pomocí snímání bioelektrických signálů svalu podává zprávu o neurálních mechanismech pohybové kontroly (Kolářová et al., 2014, s. 75), což je při čistě kognitivním tréninku představy pohybu jeden z nejpřístupnějších způsobů zaznamenání měřených skutečností.

### **1.2.4.3 Další možnosti**

Objektivní hodnocení efektů představy pohybu je neurovědci umožněno zejména prostřednictvím moderních zobrazovacích technik, mezi kterými ve studiích dominuje funkční magnetická rezonance (fMRI). fMRI slouží k funkčnímu zobrazování mozkové tkáně, resp. k mapování mozkové odezvy (skrže lokální změny oxygenace a perfuze mozkové kůry) na vnější či vnitřní podnět, kterým může být právě i představa pohybu (Chlebus et al., 2005, s. 133). Technika fMRI tedy odkrývá korelace mezi skutečným pohybem a jeho představou, a poskytuje důkazy, že reálně vykonané a představované pohyby sdílejí stejný neurální substrát (Guillot and Collet, 2005, p. 388).

Mezi pomocné metody, pomocí nichž lze přispět k hodnocení představy pohybu patří např. akcelerometrie a mentální chronometrie. Akcelerometrie se využívá pro detekci zrychlení segmentu zpravidla ve třech na sebe navzájem kolmých osách (Kolářová et al., 2014, s. 68). Při použití akcelerometrů je dané zrychlení převáděno na měřitelný elektrický signál. Akcelerometry lze využít při hodnocení variability chůze, jako prediktor výchylek či pádů nebo také při hodnocení posturální stability (Neumannová et al., 2015, s. 36-37).

Mentální chronometrie (MC) jakožto součást představy pohybu byla definována jako schopnost správně odhadnout čas potřebný k provedení pohybové úlohy pomocí intenzivní představivosti (Liepert et al., 2016, p. 909). MC používá měření reakčního času (označovaného také jako doba odezvy či uplynulý čas mezi nástupem sensorických podnětů a následnou odpovědí v chování) v percepčně-motorických úkolech pro odvození obsahu, trvání a časového uspořádání mentálních operací. MC pomáhá neurovědě objasnit biologické mechanismy, na nichž je založeno vnímání, pozornost a rozhodování (Jensen, 2006).

## **1.3 Cévní mozková příhoda**

### **1.3.1 Incidence cévní mozkové příhody**

Cévní mozková příhoda (CMP) neboli iktus patří mezi akutní cévní onemocnění mozku a představuje náhle vzniklé závažné postižení mozkových krevních cév (Feigin, 2004, s. 39). Celosvětově CMP představuje druhou nejčastější příčinu úmrtí (10,2% z celkového počtu úmrtí; WHO, 2016) a třetí nejčastější příčinu zdravotního postižení (Johnson et al., 2016, p. 634).

V České republice je s diagnózou CMP ročně hospitalizováno cca 35 tisíc osob (ÚZIS ČR, 2012), z nichž průměrně 8 tisíc umírá a 1/3 přeživších zůstává s neurologickým deficitem, ať už mírným až středním (10%) či těžkým (20%). Rekonvalescence po CMP

představuje dlouhodobý proces, který může trvat i několik let. Významná část zotavování však probíhá během prvních 2-3 let, především pak do 6 měsíců od vzniku iktu (Feigin, 2004, s. 109). Z výše uvedených informací vyplývá, že rehabilitace má v péči o tyto pacienty dominantní a nezastupitelnou roli (Horáček a Kolář in Kolář et al., 2009, s. 387).

### **1.3.2 Příčiny a následky cévní mozkové příhody**

CMP vzniká buď následkem ischemie, nedokrvění mozkové tkáně (80%) nebo hemoragií, krvácením do mozkové tkáně či mezi mozkové pleny (20%). V obou případech dochází k nedostatečnému krevnímu zásobení mozku a následnému klinickému obrazu, který vzniká v závislosti na lokalitě a velikosti poškození (Feigin, 2004, s. 39). Nekrotické mozkové buňky (v případě hemoragické CMP krevní sraženina) jsou poté postupně vstřebávány a nahrazeny cystou vyplněnou mozkomíšním mokem. Ve většině případů je tento fyziologický proces ukončen během 3 měsíců po CMP, což je ale stále období, kdy je přibližně 1/3 pacientů nesoběstačná a mívá komplikace, které mohou způsobit úmrtí či vážnou trvalou disabilitu (Feigin, 2004, s. 102-103).

Mezi následky CMP patří poruchy motorické, senzitivní, senzorické, emoční i kognitivní. Na pohled nejvýraznějším deficitem bývá porucha hybnosti a síly horní nebo dolní končetiny na jedné polovině těla (hemiparéza, hemiplegie), kterou trpí až 80% pacientů po CMP. Dále se vyskytují problémy s komunikací (afázie), polykáním (dysfagie), řečí (dysartrie), koordinací těla při stožení a chůzi (ataxie), orientací v prostoru, vnímáním vlastního těla (poruchy cití, neglect syndrom), zrakem (hemianopsie, diplopie), poruchami nálad včetně organického depresivního syndromu a v neposlední řadě se až u 80-90% pacientů objevuje také zmatenost a problémy s myšlením, vzpomínáním a pamětí (Feigin, 2004, s. 103-104).

### **1.3.3 Chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě**

Jak již bylo zmíněno výše, chůze představuje přirozený a základní motorický projev jedince, a proto je jedním z nejdůležitějších cílů rehabilitace tuto narušenou schopnost u pacientů po CMP úspěšně obnovit (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 336). Dysfunkce chůze je u pacientů běžná a vyplývá jak z primárních poruch spojených s neurologickou příhodou, tak i ze sekundárních kardiovaskulárních a muskuloskeletálních následků způsobených nepoužíváním a fyzickou inaktivitou (Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 136). Poruchy chůze jsou odpovědné za četné obtíže u rehabilitujících pacientů, zejména pak mohou narušit schopnost jednotlivce vykonávat a zvládat běžné denní činnosti (Israely, Leisman and Carmeli, 2018, p. 605).

Poruchy chůze vznikají u pacientů po CMP ztrátou či omezením funkce některého z regulačních okruhů. Tyto poruchy při centrálních parézách nejsou způsobeny pouze zvýšeným a dysregulovaným svalovým napětím (spasticitou), ale téměř vždy u těchto pacientů nalézáme také deficit percepce, rovnováhy, atd. (Kolář et al., 2009, s. 50). Příčinou poruch rovnováhy jsou motorické poruchy, smyslové ztráty, vjemové vady a změněné prostorové vnímání. Toto posturální narušení může dále zahrnovat pohybovou slabost, asymetrický svalový tonus a poruchy tělesného schématu (Tasseel-Ponche, Yelnik and Bonan, 2015, p. 327-328). S tím vším souvisí kvalita řízení lokomočního pohybu u pacientů s neurologickým postižením, jejichž pohybový projev je v různé míře redukován, neekonomický a velmi brzy se u nich při terapii objevuje únava (Skaličková-Kováčiková, 2017, s. 9-10). Samotná terapie chůze je ale pro pacienty po CMP velmi podstatná, i když zároveň také zatěžující a často spojená s pocitem strachu z pádu (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 336; Lippertová-Grünerová, 2005, s. 110). Nicméně rychlé a optimální zlepšení posturální kontroly u pacientů po CMP je nezbytné pro zajištění jejich nezávislosti, sociální participace a celkového zdraví (Tasseel-Ponche, Yelnik and Bonan, 2015, p. 328).

Klinický obraz hemiparézy doprovázející CMP je způsoben narušením descendentních nervových drah, obvykle bez přímé léze mozkového kmene či struktur zapojených do pohybových automatismů. Míra zlepšení pohybových aktivit včetně lokomoce je po CMP různá, obvykle se ale vyznačuje typickým posturálním chováním v podobě preferování nepostižené strany těla pro zajištění opory a rovnováhy těla, což se děje pravděpodobně v reakci na počáteční svalovou slabost a nejistotu postižené strany. Snížená rychlost chůze se postupem času a využitím různých rehabilitačních strategií zlepšuje, ale asymetrické posturální chování při chůzi je bohužel často zafixováno, udržováno nebo pouze přechodně sníženo (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 335).

Pro skutečnou obnovu pohybových vzorů je vyžadována reorganizace neurálních drah, která by umožnila rovnoměrné používání postižené i nepostižené končetiny prioritně v antigravitační funkci pro kontrolu rovnováhy během všech posturálních a lokomotorických situací (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 348). V souladu s vývojem teorií motorické kontroly postupně došlo ke změně zaměření rehabilitačních strategií po neurologickém onemocnění či zranění. Pojmy jako „samoorganizace dynamického systému“, „stupně volnosti“, „variabilita pohybu“, „nelinearita“ nebo „stálé a nestálé pohybové vzory“ nabízí potenciál pro pochopení základních mechanismů CNS a změněných pohybových vzorů po CMP. Na základě výzkumů týkajících se neurální plasticity (zejm. adaptační neuroplasticity) se tedy trénink motorických dovedností, který ilustruje princip „use it and

improve it“ (co je využíváno, je zlepšováno), v léčbě po poškození mozku hojně využívá (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 345).

Poznatky o regeneraci nervového systému a neuroplasticitě v dnešní době tvoří základ moderních fyzioterapeutických postupů. Optimální stimulací lze CNS facilitovat a podněcovat tak funkčně-anatomickou přestavbu, reparaci a regeneraci. Fyzioterapeutické metody na neurofyziologickém podkladě (např. Bobath koncept, PNF, a další) využívají principů motorického učení, a proto se plasticity přímo dotýkají a ovlivňují ji. Nepracují tedy pouze se strukturou, ale působí především na funkce. A skrze stimulaci těchto funkcí pak zpětně ovlivňují strukturu CNS, a to zejména prostřednictvím jeho plasticity (Kolář et al., 2009, s. 229). V terapii chůze po CMP se zde zmíněné metody zaměřují zejména na svalovou dysfunkci (jako abnormální svalový tonus, synergii flexorů a extenzorů, svalovou slabost) a v důsledku ní vzniklé dysfunkční pohyby (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 346).

### **1.3.4 Deficit kognitivních funkcí u pacientů po CMP**

Kognitivní problémy, mezi které se řadí potíže při myšlení, koncentraci, vzpomínání, rozhodování, uvažování, plánování a učení, jsou častou komplikací mozkového poškození (Lippertová-Grünerová, 2005, s. 160) a postihují 64% přeživších a u 1/5 z nich dokonce vedou k vaskulární demenci. Dalším problémem při postižení kognitivních funkcí po CMP může být zpomalení zpracovávání informací, problém zrakově-prostorové orientace, snížení duševního výkonu a mohou se objevit také poruchy řeči (Senohrábková, 2015, s. 30).

U strategicky umístěného infarktu (tzn. kortikální ischemické léze) pozorujeme v závislosti na lokalizaci léze řadu kognitivních, mnestických a behaviorálních změn, které nesplňují obecná kritéria demence jakožto globální poruchy, ale jedná se o tzv. izolovaný kognitivní deficit. Typický je zde náhlý vznik poruchy v přímé návaznosti na vzniklou mozkovou ischemii (Goldmund a Telecká, 2008, s. 122).

U mnoha pacientů se situace v průběhu času a rehabilitace zlepšuje a jejich gnostické schopnosti se plně navracují (Feigin, 2004, s. 160). Avšak vážné kognitivní problémy, které vznikly v důsledku těžšího neurologického postižení, se po počátečním částečném spontánním zotavení většinou již dále nezlepšují, a vyžadují proto intervenci např. v podobě kognitivního tréninku, jinak se stabilizují na úrovni, která je prokazatelně nižší než před vznikem CMP. Pod pojmem kognitivní trénink se rozumí opakovaný nácvik a systematická snaha o zlepšení stávající poruchy intelektuální činnosti (Malia and Brannagan, 2010, s. 44). Takový trénink má však jisté limity - jeho úspěšnost totiž do značné míry závisí na vůli



a aktivní účasti pacienta a je také podmíněna vytrvalostí při procvičování a množstvím času, který pacient cvičení věnuje (Malia and Brannagan, 2010, s. 24).

Jestliže je schopnost představy pohybu definována jako aktivní mentální proces, během kterého je reprezentace určité akce interně reprodukována v pracovní paměti bez zjevného pohybového výstupu, kognitivní cvičení prostřednictvím představování je tedy opakování či nacvičování imaginárních pohybových úkonů s cílem zlepšení fyzického provedení. Proto je schopnost tvořit interní představu pohybového úkonu předpokladem pro trénink pomocí mentálního cvičení. Je tedy samozřejmé se ptát, zda může být schopnost představy pohybu po prodělané CMP nějak ovlivněna (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 163).

Tato otázka je neustále zkoumána pomocí různých přístupů jako např. mentální chronometrií či standardizovanými dotazníky představy pohybu, které jsou blíže popsány v předchozí kapitole. Schopnost představy pohybu je u lidí s mozkovou lézí rozsáhle studována a dosavadní zjištění naznačují, že schopnost představy pohybu (kromě několika málo případů fokálních lézí v lobulus parietalis superior či ve frontálním kortexu) je zachována (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 163), a to dokonce i u jedinců se závažným a chronickým motorickým postižením (Johnson, Sprehn and Saykin, 2002, p. 841), což ukazuje, že samotná mentální reprezentace pohybu není závislá na insuficientní motorické aktivitě po poranění CNS (Malouin and Richards, 2010, p. 242). Naopak by bylo dobré a potřebné, aby pacienti s obtížemi při fyzickém vykonávání motorického úkolu byli povzbuzováni k rutinnímu představování si daného pohybu před reálným zahájením onoho náročného motorického úkolu (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 947).

Ačkoliv důkazy podporující uchování schopnosti představy pohybu po CMP jsou přesvědčivé, nelze je obecně aplikovat na všechny pacienty po CMP. Například u několika pacientů s lézemi v kontralaterální parietální oblasti a v premotorické oblasti byla zjištěna porucha schopnosti představy pohybu, zejména při cílených umíst'ovacích aktivitách a rotačních pohybech horní končetinou. Navíc, navzdory důkazům o zachování schopnosti představy po proděláním CMP se zdá, že mohou být narušeny přesnost a časová souvislost pohybu (tento jev byl Sharmou označen jako „chaotická představa pohybu“). Nicméně i přes množství různých faktorů ovlivňujících schopnost a nácvik představy pohybu, může kdokoliv (i pacient s narušenou schopností) představu pohybu stále praktikovat (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 944).

## 2 Cíle a hypotézy

### 2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit prostřednictvím EMG záznamu, jestli má představa ztížené chůze (chůze po čáře) vliv na svalovou aktivitu dolních končetin u pacientů po cévní mozkové příhodě ve srovnání se zdravými jedinci. Dílčími cíli pak bylo u obou skupin posoudit kvalitu a časování představy.

### 2.2 Hypotézy

Vzhledem ke stanoveným cílům byly formulovány následující výzkumné otázky a hypotézy:

#### 1. Výzkumná otázka - kvalita představy chůze po čáře

$H_{01}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u zdravých jedinců neliší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.

$H_{A1}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u zdravých jedinců liší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.

$H_{02}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u pacientů po CMP neliší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.

$H_{A2}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u pacientů po CMP liší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.

$H_{03}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.

$H_{A3}$ : Kvalita představy chůze po čáře se u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.

#### 2. Výzkumná otázka - čas představy chůze po čáře

$H_{04}$ : U zdravých jedinců není rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.

$H_{A4}$ : U zdravých jedinců je rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.

*H<sub>05</sub>*: U pacientů po CMP není rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.

*H<sub>A5</sub>*: U pacientů po CMP je rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.

*H<sub>06</sub>*: Porovnání času představy chůze po čáře s časem reálné chůze po čáře se u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.

*H<sub>A6</sub>*: Porovnání času představy chůze po čáře s časem reálné chůze po čáře se u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.

### 3. Výzkumná otázka - EMG při představě chůze po čáře

*H<sub>07</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u zdravých jedinců nemění.

*H<sub>A7</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u zdravých jedinců mění.

*H<sub>08</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u pacientů po CMP nemění.

*H<sub>A8</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u pacientů po CMP mění.

*H<sub>09</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.

*H<sub>A9</sub>*: Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.

## **3 Metodika výzkumu**

### **3.1 Charakteristika testovaného souboru**

Do testovaného souboru bylo zařazeno celkem 16 probandů, kteří byli dále rozděleni na experimentální skupinu pacientů po cévní mozkové příhodě a na kontrolní skupinu zdravých.

Experimentální skupinu tvořilo 9 probandů ve věku 56-72 let, z toho 5 mužského a 4 ženského pohlaví, kteří byli v subakutní fázi (tzn. cca do 1 měsíce) po cévní mozkové příhodě. Jednalo se o pacienty hospitalizované na lůžkovém oddělení rehabilitace ve Fakultní nemocnici Olomouc. Průměrný věk probandů činil 64,3 let ( $\pm 5,5$  let). Kritériem pro zařazení do testovaného souboru byla diagnóza CMP v akutním/subakutním stádiu a schopnost samostatné chůze. Paretická a dominantní končetina byla u každého pacienta zjišťována dotazem. Kritériem pro vyloučení z testovaného souboru je neschopnost probanda spolupracovat z důvodu těžkého kognitivního deficitu, demence či jiného závažného neurologického onemocnění, apraxie, poruchy zraku, poruchy rovnováhy, výrazná spasticita a akutní bolest.

V kontrolní skupině bylo testováno 7 zdravých probandů, z toho 4 mužského a 3 ženského pohlaví, kteří byli bez akutního ortopedického, neurologického, muskuloskeletálního, psychiatrického, závažného interního či jiného onemocnění, bez akutní či chronické bolesti, poruch rovnováhy a problémů s chůzí. Jejich průměrný věk činil 52,7 let ( $\pm 6,3$  let). Všichni testovaní probandi podepsali informovaný souhlas s průběhem studie schválený Etickou komisí FZV UP (Příloha 1, s. 61).

### **3.2 Postup měření**

Ve výzkumném měření byly testovány dvě skupiny probandů - pacienti po CMP (experimentální skupina) a zdraví jedinci (kontrolní skupina). Každý proband před samotným začátkem měření nejprve vyplnil dotazník představitosti pohybu MIQ-R (viz Příloha 2, s. 63) a byl seznámen s průběhem a účelem výzkumu. Skupina pacientů po CMP prošla testem představy pohybu MIQ-R s průměrným výsledkem 42,89 bodů ( $\pm 6,53$  bodů). Kontrolní skupina zdravých prošla testem MIQ-R s průměrným výsledkem 51,14 bodů ( $\pm 3,39$  bodů), viz Příloha 3, s. 66.

Všechna měření byla realizována v prostorách kineziologické laboratoře na oddělení rehabilitace ve Fakultní nemocnici Olomouc. Snahou bylo zajistit klidné prostředí se stálou

teplotou a konstantním osvětlením. Každý proband byl následně elektromyograficky změřen za použití EMG přístroje americké firmy Delsys. Pořadí jednotlivých úkolů v průběhu celého experimentu bylo pro všechny probandy stejné a neměnné.

### **3.2.1 Příprava probandů**

Příslušná místa kůže nad vybranými svaly dolních končetin byla očištěna roztokem lékařského alkoholu a osušena čistou papírovou utěrkou. Poté zde byly aplikovány bezdrátové elektrody (přípevněné oboustrannou lepicí páskou) paralelně se svalovými vlákny a také akcelerometry na obě kosti holenní, stehenní a kost křížovou (viz Příloha 7, s. 70). V případě nedostatečného kontaktu elektrody s povrchem kůže byla elektroda ještě svrchu zajištěna další lepicí páskou. Elektrody byly následně zapnuty a jejich funkčnost byla ozřejmena v programu Delsys pomocí volní aktivity probanda. Svalová aktivita na dolních končetinách byla snímána bilaterálně pomocí následujících 13 kanálů:

1. kanál: m. tibialis anterior sin.
2. kanál: m. tibialis anterior dx.
3. kanál: m. gastrocnemius medialis sin.
4. kanál: m. gastrocnemius medialis dx.
5. kanál: m. rectus femoris sin.
6. kanál: m. rectus femoris dx.
7. kanál: m. biceps femoris sin.
8. kanál: m. biceps femoris dx.
9. kanál: tibie sin. (acc)
10. kanál: tibie dx. (acc)
11. kanál: femur sin. (acc)
12. kanál: femur dx. (acc)
13. kanál: sacrum (acc)

### **3.2.2 Vlastní průběh měření**

Výchozí pozicí těla pro měření byl klidný stoj čelem k bílé zdi, s horními končetinami volně podél těla a s otevřenými očima (viz Příloha 8, s. 71). V rámci experimentální části pro tuto diplomovou práci byla snímána svalová aktivita během níže uvedených situací v následujícím pořadí:

1. Jako referenční hodnota sloužila klidová svalová aktivita měřena ve výchozí pozici po dobu 30 vteřin, během nichž si proband v duchu zpíval písničku „Hodně štěstí, zdraví“.
2. PŘEDSTAVA 1: Proband byl vyzván k představě chůze po čáře (ztížené provedení, tandemová chůze) nalepené na podlaze na chodbě barevnou lepicí páskou širokou 5 cm v průměru, se kterou byl při příchodu do kineziologické laboratoře seznámen.
3. Proband subjektivně zhodnotil na škále 1-5, jak snadno se mu chůze po čáře představovala.
4. ČÁRA 1: Proband byl vyzván k fyzickému provedení chůze po 10 metrové čáře nalepené na chodbě.
5. PŘEDSTAVA 2: Proband byl ve výchozí pozici opět vyzván k představě chůze po čáře.
6. Proband znovu subjektivně zhodnotil, jak snadno se mu nyní chůze po čáře představovala.
7. ČÁRA 2: Proband byl znovu vyzván k fyzickému provedení chůze po čáře na chodbě.

### **3.3 Zpracování dat**

#### **3.3.1 Zpracování a hodnocení elektromyografického záznamu**

Pro zpracování EMG signálu a záznamu z akcelerometrů byl použit program EMGworks<sup>®</sup> Analysis. Nejprve byl v surovém EMG záznamu zvolen vhodný časový interval, pro který měla být data rektifikována a vyhlazena. Ve všech hodnocených situacích u všech probandů se jednalo o úsek 7 vteřin. Následně byly EMG záznamy rektifikovány a vyhlazeny pomocí střední kvadratické hodnoty (root mean square), kde byla nastavena velikost okna 0,125 s a překrytí okna 0,0625 s. Poté byla data exportována do tabulky v programu Microsoft Office Excel. Zde byly vypočítány průměry, směrodatné odchylky, minima, maxima a koeficienty svalové aktivity u všech probandů. Koeficienty se vypočítají vydělením průměru a referenční hodnoty u každé hodnocené situace (tzn. u představy chůze po čáře 1 a u představy chůze po čáře 2), nejčastěji jsou procentuálně vyjádřené a představují výsledek normalizace elektromyografického signálu, která se uskutečňuje vztažením naměřených parametrů k předem stanovené referenční hodnotě. Takto upravené hodnoty byly seřazeny do jednotné tabulky za účelem statistického zpracování.

### **3.3.2 Statistické zpracování dat**

Ke statistickému zpracování byl použit statistický software TIBCO Statistica, verze 13, StatSoft Inc. Po prvotní kontrole byly z naměřených dat odstraněny odlehlé hodnoty. Pro všechny hodnocené parametry (tzn. kvalitu představy, čas představy a EMG) byla vytvořena popisná statistika a analýza rozptylu. Pro kvalitu představy byl dále použit neparametrický Wilcoxonův test. V případě hodnocení času představy byla použita ANOVA pro opakovaná měření. U EMG záznamů se pracovalo s Friedmanovou ANOVOU a Wilcoxonovým párovým testem. Pro zhodnocení rozdílů mezi experimentální a kontrolní skupinou u všech tří výzkumných otázek byl použit neparametrický Mann-Whitney U test. Vše bylo počítáno pro hladinu statistické významnosti  $p < 0,05$ .

## 4 Výsledky

### 4.1 Výsledky k výzkumné otázce č. 1

Níže je uvedena tabulka popisné statistiky (viz Tabulka 1) k výzkumné otázce č. 1, která se zabývá kvalitou představy chůze po čáře.

**Tabulka 1** Popisná statistika pro kvalitu představy chůze po čáře

|            |        | <b>N</b> | <b>Průměr</b> | <b>SD</b> |
|------------|--------|----------|---------------|-----------|
| <b>PL1</b> | CMP    | 9        | 3,33          | 1,00      |
|            | zdraví | 7        | 3,71          | 0,76      |
| <b>PL2</b> | CMP    | 9        | 4,11          | 0,93      |
|            | zdraví | 7        | 4,57          | 0,53      |

**Legenda:** PL1 - představa chůze po čáře (lajně) před jejím reálným provedením, PL2 - představa chůze po čáře po jejím reálném provedení, N - počet testovaných, SD - směrodatná odchylka

#### 4.1.1 Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 1

Hypotézu  $H_{01}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u zdravých jedinců neliší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.“ **zamítám** (viz Tabulka 2).

Hypotézu  $H_{A1}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u zdravých jedinců liší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.“ **potvrzuji**.

Hypotézu  $H_{02}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u pacientů po CMP neliší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.“ **zamítám** (viz Tabulka 2).

Hypotézu  $H_{A2}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u pacientů po CMP liší s ohledem na to, zda byla chůze reálně vykonána.“ **potvrzuji**.

Hypotézu  $H_{03}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.“ **nelze zamítnout** (viz Příloha 4, s. 67).

Hypotézu  $H_{A3}$  „Kvalita představy chůze po čáře se u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.“ **zamítám**.

**Tabulka 2** Wilcoxonův test porovnávající kvalitu představy před a po realizaci chůze

| <b>PL1 vs. PL2</b> | <b>N</b> | <b>T</b> | <b>Z</b> | <b>p</b>     |
|--------------------|----------|----------|----------|--------------|
| CMP + zdraví       | 12       | 0,00     | 3,06     | <b>0,002</b> |
| CMP                | 7        | 0,00     | 2,37     | <b>0,018</b> |



|        |   |      |      |       |
|--------|---|------|------|-------|
| zdraví | 5 | 0,00 | 2,02 | 0,043 |
|--------|---|------|------|-------|

**Legenda:** PL1 - představa chůze po čáře před jejím reálným provedením, PL2 - představa chůze po jejím reálném provedení, N - počet testovaných, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

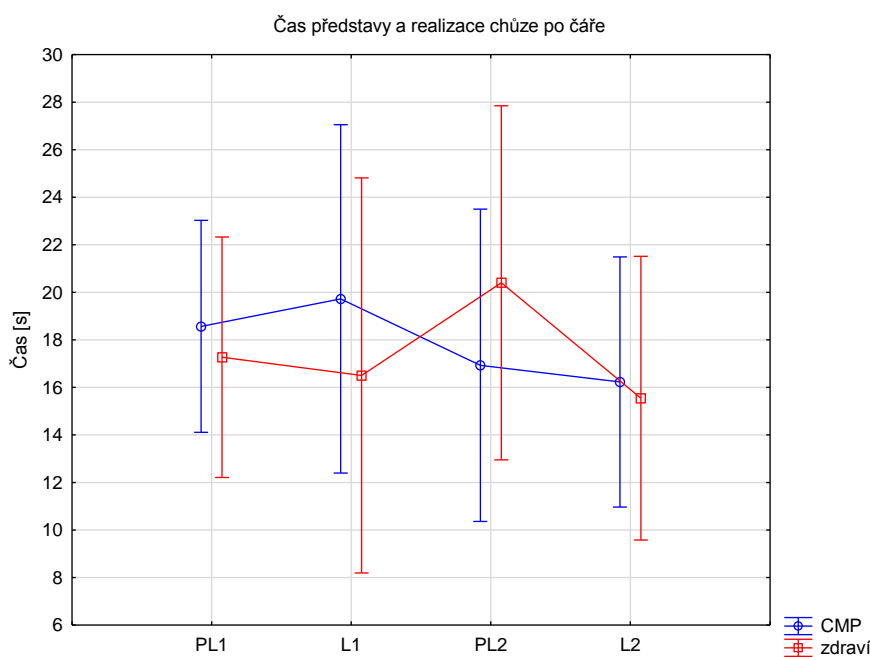
## 4.2 Výsledky k výzkumné otázce č. 2

Níže je uvedena tabulka popisné statistiky (viz Tabulka 3) k výzkumné otázce č. 2, která se zabývá časovými parametry představy chůze po čáře.

**Tabulka 3** Popisná statistika časových parametrů představy a realizace chůze po čáře

|     |        | Chůze po čáře |        |        |       |
|-----|--------|---------------|--------|--------|-------|
|     |        | N             | Průměr | Medián | SD    |
| PL1 | CMP    | 9             | 18,57  | 17,01  | 7,62  |
|     | zdraví | 7             | 17,27  | 16,35  | 3,65  |
| L1  | CMP    | 9             | 19,72  | 18,60  | 11,87 |
|     | zdraví | 7             | 16,50  | 12,45  | 7,56  |
| PL2 | CMP    | 9             | 16,93  | 15,93  | 8,35  |
|     | zdraví | 7             | 20,40  | 15,30  | 10,20 |
| L2  | CMP    | 9             | 16,23  | 15,37  | 8,10  |
|     | zdraví | 7             | 15,55  | 13,06  | 6,24  |

**Legenda:** PL1 - čas představy chůze po čáře (lajně) před provedením chůze, L1 - čas reálné chůze po čáře, PL2 - čas představy chůze po čáře po provedení chůze, L2 - čas reálné chůze po čáře po druhé představě, N - počet testovaných, SD - směrodatná odchylka



**Obrázek 2** Graf znázorňující čas představy a realizace chůze po čáře u pacientů po CMP (modře) a zdravých jedinců (červeně).

#### 4.2.1 Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 2

Hypotézu  $H_{04}$  „U zdravých jedinců není rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.“ **zamítám** pro situaci PL2 x L2 ( $p < 0,02$ ). **Nelze zamítnout** pro situaci PL1 x L1 (viz Příloha 5, s. 68).

Hypotézu  $H_{A4}$  „U zdravých jedinců je rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.“ **potvrzuji** pro situaci PL2 x L2.

Hypotézu  $H_{05}$  „U pacientů po CMP není rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.“ **nelze zamítnout** pro žádnou testovanou situaci (viz Příloha 5, s. 68).

Hypotézu  $H_{A5}$  „U pacientů po CMP je rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a časem reálné chůze po čáře.“ **zamítám** pro obě testované situace.

Hypotézu  $H_{06}$  „Porovnání času představy chůze po čáře s časem reálné chůze po čáře se u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.“ **nelze zamítnout** pro žádnou testovanou situaci (viz Příloha 5, s. 68).

Hypotézu  $H_{A6}$  „Porovnání času představy chůze po čáře s časem reálné chůze po čáře se u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.“ **zamítám** pro obě testované situace.

#### 4.3 Výsledky k výzkumné otázce č. 3

Níže je uvedena tabulka popisné statistiky (viz Tabulka 4) k výzkumné otázce č. 3, která se zabývá hodnocením svalové aktivity na DKK při představě chůze po čáře.

**Tabulka 4** Popisná statistika hodnocených parametrů pro průměrnou svalovou aktivitu během situací K, PL1 a PL2

| Testovaný sval | Situace | zdraví |      |      | CMP    |      |      |
|----------------|---------|--------|------|------|--------|------|------|
|                |         | Průměr | SD   | p    | Průměr | SD   | p    |
| Par_m.TA       | K       | 1,00   | 0,00 | 0,10 | 1,00   | 0,00 | 0,26 |
|                | PL1     | 0,99   | 0,33 |      | 0,90   | 0,27 |      |
|                | PL2     | 0,85   | 0,21 |      | 1,22   | 0,82 |      |
| Nepar_m.TA     | K       | 1,00   | 0,00 | 0,56 | 1,00   | 0,00 | 0,46 |
|                | PL1     | 0,94   | 0,08 |      | 0,94   | 0,29 |      |
|                | PL2     | 1,06   | 0,33 |      | 1,12   | 0,40 |      |
| Par_m.GM       | K       | 1,00   | 0,00 | 0,65 | 1,00   | 0,00 | 0,46 |

|                   |            |      |      |      |      |      |             |
|-------------------|------------|------|------|------|------|------|-------------|
|                   | <b>PL1</b> | 1,14 | 0,52 |      | 1,01 | 0,42 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 1,03 | 0,39 |      | 0,92 | 0,38 |             |
| <b>Nepar_m.GM</b> | <b>K</b>   | 1,00 | 0,00 | 0,87 | 1,00 | 0,00 | <b>0,01</b> |
|                   | <b>PL1</b> | 1,01 | 0,39 |      | 0,89 | 0,26 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 1,09 | 0,58 |      | 0,69 | 0,22 |             |
| <b>Par_m.RF</b>   | <b>K</b>   | 1,00 | 0,00 | 0,56 | 1,00 | 0,00 | <b>0,01</b> |
|                   | <b>PL1</b> | 0,87 | 0,31 |      | 0,88 | 0,17 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 0,99 | 0,41 |      | 0,83 | 0,13 |             |
| <b>Nepar_m.RF</b> | <b>K</b>   | 1,00 | 0,00 | 0,28 | 1,00 | 0,00 | 0,46        |
|                   | <b>PL1</b> | 0,95 | 0,06 |      | 1,03 | 0,43 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 0,97 | 0,23 |      | 1,07 | 0,30 |             |
| <b>Par_m.BF</b>   | <b>K</b>   | 1,00 | 0,00 | 0,16 | 1,00 | 0,00 | 0,12        |
|                   | <b>PL1</b> | 0,93 | 0,16 |      | 0,99 | 0,35 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 0,85 | 0,25 |      | 1,10 | 0,37 |             |
| <b>Nepar_m.BF</b> | <b>K</b>   | 1,00 | 0,00 | 0,16 | 1,00 | 0,00 | 0,89        |
|                   | <b>PL1</b> | 0,76 | 0,30 |      | 0,96 | 0,28 |             |
|                   | <b>PL2</b> | 0,97 | 0,41 |      | 0,98 | 0,16 |             |

**Legenda:** K - klid, PL1 - představa chůze po čáře (lajně) před provedením chůze, PL2 - představa chůze po čáře po provedení chůze, Par. - paretický, Nepar. - neparetický, m.TA - musculus tibialis anterior, m.GM - m. gastrocnemius medialis, m.RF - m. rectus femoris, m.BF - m. biceps femoris, SD - směrodatná odchylka, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

#### 4.3.1 Vyjádření k hypotézám výzkumné otázky č. 3

Hypotézu **H<sub>07</sub>** „Svalová aktivita pro *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. quadriceps femoris* a *m. biceps femoris* se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u zdravých jedinců nemění.“ **nelze zamítnout** pro žádnou testovanou situaci u všech testovaných svalů (viz Tabulka 4, s. 34-35).

Hypotézu **H<sub>A7</sub>** „Svalová aktivita pro *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. quadriceps femoris* a *m. biceps femoris* se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u zdravých jedinců mění.“ **zamítám** pro všechny testované situace u všech testovaných svalů.

Hypotézu **H<sub>08</sub>** „Svalová aktivita pro *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. quadriceps femoris* a *m. biceps femoris* se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě u pacientů po CMP nemění.“ **zamítám** pro neparetický m. GM v situaci K x PL2 ( $p < 0,01$ ) a paretický m. RF v situacích K x PL1 ( $p < 0,04$ ) a K x PL2 ( $p < 0,01$ ) viz Tabulka 5, s. 36. **Nelze zamítnout** pro m. TA, m. BF, paretický m. GM a neparetický m. RF.

Hypotézu **H<sub>A8</sub>** „Svalová aktivita pro *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. quadriceps femoris* a *m. biceps femoris* se při představě chůze po čáře vůči klidové aktivitě

u pacientů po CMP mění.“ **potvrzují** pro neparetický m. GM v situaci K x PL2 ( $p < 0,01$ ) a paretický m. RF v situacích K x PL1 ( $p < 0,04$ ) a K x PL2 ( $p < 0,01$ ).

Hypotézu  $H_{09}$  „Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře u experimentální skupiny neliší oproti kontrolní skupině.“ **nelze zamítnout** pro žádnou testovanou situaci u všech testovaných svalů (viz Příloha 6, s. 69).

Hypotézu  $H_{A9}$  „Svalová aktivita pro m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medialis, m. quadriceps femoris a m. biceps femoris se při představě chůze po čáře u experimentální skupiny liší oproti kontrolní skupině.“ **zamítám** pro všechny testované situace u všech testovaných svalů.

**Tabulka 5** Wilcoxonův párový test pro statisticky významné rozdíly p-hodnoty u 3. výzkumné otázky

| Situace          | <b>p-hodnoty</b>  |                 |
|------------------|-------------------|-----------------|
|                  | neparetický m. GM | paretický m. RF |
| <b>K x PL1</b>   | 0,14              | <b>0,04</b>     |
| <b>K x PL2</b>   | <b>0,01</b>       | <b>0,01</b>     |
| <b>PL1 x PL2</b> | 0,07              | 0,26            |

**Legenda:** K - klid, PL1 - představa chůze po čáře před provedením chůze, PL2 - představa chůze po čáře po provedení chůze, m.GM - m. gastrocnemius medialis, m.RF - m. rectus femoris, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

## 5 Diskuze

Během posledních několika let dochází ke zvyšujícímu se zájmu o zkoumání představy pohybu, zejména pak v souvislosti s jejím využitím v rámci neurorehabilitace pacientů po poškození CNS. Představa pohybu, jakožto aktivní děj, během kterého je vnitřně vyvolána představa konkrétní motorické činnosti bez jakéhokoliv pohybového výstupu (Guillot et al., 2008, p. 1472; Mulder, 2007, p. 1267), byla a stále je již dlouhou dobu využívána pro tréninkové účely ve sportu či při hře na hudební nástroj u profesionálních umělců (Diskstein and Deutsch, 2007, p. 943; Lotze and Halsband, 2006, p. 390). S postupným rozmachem moderních zobrazovacích technik se nyní představa pohybu začíná více zkoumat i z hlediska klinického využití u pacientů s neurologickým deficitem, majoritně u pacientů po CMP (Harris and Hebert, 2015, p. 2).

Efektivita představy pohybu je sledována zejména ve své podobnosti s reálným vykonáním pohybu, jelikož jsou při ní aktivovány stejné oblasti mozku, které jsou zapojené i do skutečného vykonávání pohybu. Jinými slovy, představa pohybu vyžaduje vědomou aktivaci oblastí mozku, které jsou taktéž zapojeny do přípravy a realizace pohybu, a to je zároveň doprovázené volní inhibicí daného fyzického pohybu (Mulder, 2007, p. 1267). Stejná stanoviska dokládá i rychle rostoucí počet vědeckých studií. Ty prokazují, že během představování si pohybových úkolů jsou aktivní četné mozkové oblasti, a to: doplňková motorická oblast (SMA), horní a dolní parietální lalok, dorzální a ventrolaterální premotorické oblasti, prefrontální oblasti, dolní frontální gyrus, primární motorický kortex (M1), primární a sekundární sensorický kortex, insulární kortex, přední cingulární kortex, horní temporální gyrus, bazální ganglia a mozeček. Tato rozsáhlá aktivace naznačuje opravdu komplexní a velmi složitý mozkový okruh (Solodkin et al., 2004, p. 1247; Hanakawa et al., Dechent et al. in Mulder, 2007, p. 1267).

Představa pohybu je v převážné většině studií zkoumána a hodnocena pomocí různých metod (nejčastěji je to fMRI), jak již bylo uvedeno výše. I přes zvyšující se zájem o tuto problematiku však existuje opravdu nízký počet studií, které by se věnovaly změnám svalové aktivity při představě pohybu. To byl také jeden z důvodů, proč jsme si právě metodu povrchové elektromyografie a hodnocení vlivu představy pohybu na aktivitu svalů zvolily. Všeobecně ve větší míře se studie také zabývají představou pohybu horních končetin oproti končetinám dolním, a k výzkumným účelům si často volí populaci zdravých jedinců. Proto jsme se rozhodly náš experiment zaměřit na představu chůze se snímáním aktivity dolních končetin, a to jak u zdravých probandů, tak především u pacientů v akutním/subakutním

stádiu po CMP. Obecným předpokladem naší práce bylo, že u experimentální i kontrolní skupiny během představy chůze dochází ke zvýšené svalové aktivitě v porovnání s aktivitou klidovou. Svalová aktivita byla snímána v klidu (K) a poté vždy dvakrát během představy chůze po čáře (PL1, PL2) a během následného reálného provedení chůze po čáře na chodbě (L1, L2).

Před samotnou diskuzí k vědeckým otázkám je ale důležité nejprve okomentovat výsledky z testu představy pohybu (MIQ-R), který všichni probandi před započítím experimentu museli absolvovat kvůli zjištění jejich individuální schopnosti představy pohybu. Výzkumná skupina pacientů po CMP prošla testem MIQ-R s průměrným výsledkem 42,89 bodů ( $\pm 6,53$  bodů). Kontrolní skupina zdravých jedinců prošla testem s průměrným výsledkem 51,14 bodů ( $\pm 3,39$  bodů). Ze statistického hodnocení vyplývá signifikantně významný rozdíl mezi schopností představitivosti u pacientů oproti zdravým, a to v neprospěch pacientů, u kterých byla subjektivní schopnost představy pohybu celkově zhoršena (viz Příloha 3, s. 66). Toto zhoršení lze předpokládat s ohledem na jejich možné poškození či zpomalení centrálního zpracování informací. Jak již bylo uvedeno v teoretické části práce, mezi následky CMP totiž patří poruchy motorické, senzitivní, sensorické, emoční i kognitivní. A právě tyto poruchy a jejich různé kombinace mohou mít na subjektivní schopnost představitivosti značný vliv. Navíc, navzdory důkazům o zachování této schopnosti po prodělání CMP se zdá, že v rámci představování si mohou být narušeny přesnost a časová souvislost pohybu (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 944). Nicméně i přes množství různých faktorů ovlivňujících schopnost představy pohybu je důležité a potřebné, aby byli pacienti s obtížemi při fyzickém vykonávání pohybového úkolu vytrvale povzbuzováni k představování si daného pohybu, a zlepšovali tím nejen svůj motorický výkon, ale i své kognitivní funkce (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 947). Vzniklý nepoměr mezi schopností představitivosti u pacientů po CMP oproti zdravým jedincům by potenciálně mohl být také způsoben nesprávně zvoleným testem pro hodnocení představy pohybu, jak ve své studii uvádí Malouin et al. (2008). Podle nich sice dotazníky MIQ a MIQ-R představují spolehlivou metodu pro testování schopnosti tvořit vizuální a kinestetickou představu, avšak byly primárně vyvinuty a používány zejména u zdravých dospělých jedinců a u atletů, a tak zahrnují položky, které jsou pro osoby s disabilitou příliš fyzicky náročné. Z tohoto důvodu zmínění autoři preferují spíše dotazník KVIQ-20, který byl speciálně upraven pro osoby se sníženou pohyblivostí, kteří často nemohou samostatně stát nebo vykonávat komplexní pohyby (Malouin et al., 2008, p. 331). Naproti tomu Butler et al. (2012) ve své studii na 46 probandech (23 pacientů po CMP a 23 stejně starých jedinců) dokládají, že dotazník MIQ-RS

je platným, relevantním a plně spolehlivým nástrojem pro vyšetření jak starší populace, tak pacientů po CMP (s mírným až závažným funkčním poškozením), a je tedy u nich naprosto vhodný k hodnocení schopnosti představy pohybu (Butler et al., 2012, p. 2-10). Jelikož jsme v našem měření pracovali s probandy, kteří byli všichni schopni samostatné chůze a nevyznačovali se tedy hrubou motorickou disabilitou, dotazník MIQ-R nám taktéž přišel jako plně relevantní nástroj pro hodnocení představivosti u celého testovaného souboru.

## **5.1 Diskuze k vědecké otázce č. 1**

Předmětem této vědecké otázky bylo zkoumání kvality představy chůze po čáře a její případné změny po provedení reálné chůze po čáře, a to u zdravých jedinců, u pacientů po CMP a při porovnání těchto dvou skupin mezi sebou.

Probandi vždy po představě chůze po čáře, tedy poprvé před samotnou realizací chůze (PL1) a podruhé po realizaci chůze po čáře (PL2), na stupnici 1-5 bodů subjektivně zhodnotili, jak snadno či těžko se jim daná situace představovala. U zdravých jedinců byly průměrné hodnoty následující: PL1 3,71 ( $\pm$  0,76) bodů a PL2 4,57 ( $\pm$  0,53) bodů. U pacientů po CMP průměrné hodnoty činily: PL1 3,33 ( $\pm$  1,00) bodů a PL2 4,11 ( $\pm$  0,93) bodů. U obou skupin tedy můžeme vidět vzestupný trend při bodování představ, a tento trend také statistické hodnocení potvrdilo jako signifikantní výsledek (viz Tabulka 2, s. 32). Z toho lze vyvodit, že realizace chůze po čáře má vliv na zlepšení kvality představy chůze po čáře, a to jak u zdravých jedinců, tak u pacientů po CMP.

Toto tvrzení je ve shodě s názorem Wriessneggera et al. (2014), kteří ve své studii pomocí fMRI u zdravých jedinců dokazují, že i krátkodobá exekuce pohybového úkolu před představou daného pohybu působí signifikantně silnější aktivaci příslušných motorických oblastí mozku. Všech jejich 23 účastníků výzkumu také uvedlo, že pro ně bylo mnohem jednodušší si požadovaný pohyb představit po jeho vlastním provedení díky stálé živosti v paměti (Wriessnegger et al., 2014, p. 7). Představa pohybu vyžaduje schopnost uchování a využití vizuálních a kinestetických informací v krátkodobé paměti. Krátkodobá neboli pracovní paměť představuje komplexní proces zahrnující uchovávání informací a schopnost s nimi manipulovat. Její narušení může znemožnit schopnost vytvářet pohybové představy a negativně tak ovlivnit efekt mentálního pohybového tréninku (Malouin et al., 2004). Přestože tedy neexistuje důkaz o dlouhodobém účinku, může být představa pohybu kombinovaná např. s interaktivním herním prostředím slibným doplňkovým nástrojem v budoucích rehabilitačních programech, jejichž cílem je zlepšit funkci horní či dolní končetiny nebo podpořit neuroplasticitu (Wriessnegger et al., 2014, p. 7).

Při porovnání kvality představy chůze po čáře (před a po reálném vykonání chůze) jsme mezi experimentální a kontrolní skupinou neshledali významný statistický rozdíl (viz Příloha 4, s. 67). Lze z toho usoudit, že CMP nepředstavuje výrazný faktor ovlivňující subjektivní hodnocení kvality představy. Podobně také Malouin et al. (2008) na základě jejich výzkumu konstatují, že živost představy pohybu po prodělání CMP zůstává stejná jako u zdravých osob odpovídajícího věku a navíc není ovlivněna stranou léze (Malouin et al., 2008, p. 330). Na našich výsledcích můžeme sledovat, že jak u zdravých, tak u pacientů po CMP při opakování představy dochází k úměrnému zlepšení její kvality bez ohledu na přítomnost diagnózy CMP (viz Tabulka 1, s. 32). V kontrastu s tím ale Meulen et al. (2014) dokládají, že vliv individuální schopnosti představy chůze na mozkovou aktivaci je u jedinců s dobrou či špatnou schopností představy podstatně rozdílný. Ve své studii ukazují, že měření založená na mentální chronometrii jsou o něco více senzitivní než subjektivní hodnocení kvality a živosti představy, a z toho důvodu důrazně doporučují použití i mentální chronometrie při budoucích výzkumech představy chůze či představy pohybu obecně (Meulen et al., 2014, p. 468). Hodnocení časových parametrů je proto zařazeno i do našeho měření a je mu věnována následující vědecká otázka.

## **5.2 Diskuze k vědecké otázce č. 2**

Předmětem této vědecké otázky bylo hodnocení časových parametrů představy pohybu, konkrétně porovnávání časů představy chůze po čáře (PL1, PL2) s časy reálné chůze po čáře (L1, L2) u zdravých jedinců, u pacientů po CMP a u obou skupin mezi sebou.

Mentální chronometrie (MC), která popisuje schopnost jedince co nejpřesněji udržovat představu ve své mysli, porovnává dobu imaginace s trváním vykonaného pohybu. Obecně lze tedy říci, že čím menší rozdíl mezi těmito časy nastane, tím přesnější a lepší schopnost představy pohybu daný jedinec má (Williams et al., 2015, p. 704).

Právě z tohoto důvodu se v našem experimentu u skupiny zdravých jedinců objevilo poměrně neočekávané zjištění, když v situaci PL2 x L2 (čas druhé představy a čas druhého vykonání chůze po čáře) vyšel statisticky významný rozdíl mezi trváním těchto dvou úkolů (přičemž představa trvala průměrně déle). Nicméně i některé další studie uvádějí, že schopnosti MC mohou být podobně ovlivněny například vyšším věkem nebo složitostí či novostí úkolů (Liepert et al., 2016, p. 908). K podobnému závěru došli Stinearová et al. (2007), kteří ve své studii uvádí, že zdravým dospělým (průměrný věk 61 let) trvalo reálné vykonání pohybu kratší dobu než jeho představa. Starší jedinci také většinou mají tendenci přeceňovat čas potřebný k vykonání chůze (Personnier, Ballay and Papaxanthis, 2009). Tyto



změny časových parametrů představy pohybu mohou souviset s funkčními změnami mozku v průběhu stárnutí a mohou naznačovat zhoršení odhadu a plánování pohybu. I přesto, že živost představy zůstává pravděpodobně stejná, představa pohybu se s vyšším věkem stává subjektivně náročnější z důvodu běžného zhoršení zrakově-prostorové orientace a kinestetické krátkodobé paměti (Malouin, Richards and Durand, 2010). Navíc, když lidé chodí nebo si představují sami sebe, jak chodí po úzkých nosnících, skrze brány či podél cest různých šířek, do kopce nebo z kopce a při různých rychlostech, skutečná i představovaná doba chůze se zvyšuje v závislosti na obtížnosti úkolu (Malouin and Richards, 2010, p. 241). Možná právě z tohoto důvodu, a nikoliv kvůli narušené schopnosti představy pohybu, došlo u skupiny zdravých k signifikantnímu rozdílu při představě chůze po čáře, která pro ně v jejich mysli mohla znamenat ztíženou podmínku jako např. imitaci chůze po obrubníku, po gymnastické kladině či po traverze ve výšce. Tento poznatek také koresponduje s názorem Williamsové et al. (2015), kteří tvrdí, že při posuzování schopnosti představy pohybu by mělo být provedeno více různých druhů měření (např. běžně používané dotazníky představy pohybu doplněné mentální chronometrií), aby bylo možné dojít ke komplexnějšímu posouzení (Williams et al., 2015, p. 710).

U skupiny pacientů po CMP ani v porovnání experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou v našem měření nevyšel žádný další statisticky významný rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a jejím reálným vykonáním ani v jednom z měření. K podobným výsledkům dospěli také Malouin et al. (2010), kteří zkoumali časové parametry u 21 pacientů po CMP a 21 věkově podobných kontrol při představě a provedení testu Timed Up & Go. Jejich výsledky naznačují, že časová reprezentace tohoto složitého lokomotorického úkolu je možná i po prodělání CMP. Variabilita časů trvání představy a reálného vykonání pohybu byla u skupiny pacientů po CMP velmi podobná proměnlivosti časů pozorované u skupiny kontrolní a taktéž nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl mezi průměrnými dobami představ a dobami provedení pohybu mezi oběma skupinami. Taková zjištění jsou pozoruhodná, neboť naznačují, že schopnost zkoušet mentálně složité úkoly zůstává zachována i po prodělání CMP (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 164-165).

K částečně rozdílným výstupům dospěli němečtí vědci Liepert et al. (2016), kteří ve své studii u 70 pacientů po CMP a 23 podobně věkově starých zdravých jedinců zkoumali, zda je schopnost MC u pacientů po CMP ovlivněna různým stupněm sensorického deficitu. Pacienty rozdělili do tří skupin podle jejich somatosenzorických funkcí na skupinu s nulovým sensorickým deficitem, skupinu s lehkým až středním sensorickým postižením zasažené HK a skupinu se závažným sensorickým deficitem. Všichni pacienti i zdraví jedinci poté v rámci

zjištění MC absolvovali (nejprve v představě a poté reálným provedením) modifikovanou verzi Box and Block Test. Z jejich výsledků vyplývá, že pokud se jedná o nepostíženou HK, nejsou v MC žádné rozdíly ani ve skupinách pacientů, ani mezi skupinami pacientů a kontrolní skupinou zdravých. Ale v případě postižené HK byli pacienti se závažným sensorickým deficitem statisticky významně horší než obě zbylé skupiny pacientů a než kontrolní skupina. Zdá se tedy, že pouze závažný (ale nikoli mírný či střední) somatosenzorický deficit je spojen s porušenými chronometrickými schopnostmi (Liepert et al., 2016, p. 907-912).

### **5.3 Diskuze k vědecké otázce č. 3**

Předmětem této vědecké otázky bylo hodnocení svalové aktivity DKK (konkrétně m. TA, m. GM, m. RF a m. BF bilaterálně) při představě chůze po čáře u zdravých jedinců, u pacientů po CMP a porovnání obou skupin mezi sebou.

Ze statistického hodnocení vyplývá, že u zdravých jedinců nedochází k žádným signifikantním změnám svalové aktivity DKK při představě chůze po čáře oproti výchozí klidové hodnotě (viz Tabulka 4, s. 34-35). Ke stejnému závěru dospěli také švýcarští vědci Geiger, Behrendt and Schuster-Amft (2019), kteří zkoumali rozdíl EMG aktivity u totožných svalů DKK při představě chůze po schodech a reálné chůzi po schodech u 12 zdravých jedinců. Konstatují, že ačkoliv je představa pohybu validní metoda pro obnovení vybraných motorických funkcí a její účinek na neuroplasticitu v souvisejících mozkových oblastech je dobře znám, tak její obecný vliv na periferní motorický systém není dosud zcela objasněn. Nicméně ani v jejich výzkumu představa chůze po schodech nevedla ke zjevným změnám v EMG aktivitě svalů DKK, což dle autorů ale nutně neznamená, že představa tohoto specifického pohybu (chůze po schodech) je úplně neúčinná, protože by klidně mohla mít efekt na jiných úrovních motorického systému (Geiger, Behrendt and Schuster-Amft, 2019, p. 2-6). Žádné signifikantní rozdíly v EMG aktivitě nenašli ani Bakker et al. (2008) u zdravých probandů při představě chůze po čárách dvou různých rozměrů (široké a úzké), které vyžadovaly buď normální chůzi nebo přesné umístění chodidla a zvýšenou posturální kontrolu (Bakker et al., 2008, p. 1004).

U pacientů po CMP byla situace mírně odlišná, protože se nám zde ukázal signifikantní pokles svalové aktivity pro neparetický m. GM v situaci K x PL2 a paretický m. RF v situacích K x PL1 i K x PL2 (viz Tabulka 5, s. 36). Vyvstávající otázkou z tohoto zjištění tedy není jen to, proč testované podmínky představy chůze nemají facilitační vliv na aktivitu svalů DKK, ale také to, proč představované úkoly vedly ke snížení svalové aktivity

v porovnání s výchozí klidovou hodnotou (Kolářová et al., 2016, p. 423). Kromě této uvedené studie (Kolářová et al., 2016) dosud nebylo snížení EMG aktivity během představy pohybu popsáno. Poměrně zajímavou odpověď na snížení svalové aktivity při představě pohybu by mohla nabízet studie italských vědkyň Bruno, Fossataro et Garbarini (2018), které na 80 probandech pomocí motorických evokovaných potenciálů (MEP) na transkraniální magnetické stimulaci zkoumaly modulaci kortikospinální excitability během představy opozice palce. Došly k zajímavému zjištění, že mechanismy představy pohybu jsou manipulovatelné skrze pokyny vydané účastníkům. V experimentální i kontrolní skupině byli probandi požádáni, aby si představovali pohyb do opozice palce, ale pouze v experimentální skupině dostali výslovný pokyn, aby se vyvarovali jakýmkoliv nežádoucím pohybům prstů. Ve výsledcích se u kontrolní skupiny ukázal předpokládaný facilitační efekt (zvýšená amplituda MEP) na oblast M1, zatímco u experimentální skupiny se objevil překvapivý inhibiční účinek (snížená amplituda MEP), a to specificky pro M1 kontralaterálně k testované ruce. Tato zjištění tedy naznačují klíčovou roli motorické inhibice při provádění „čisté“ představy pohybu, když jsou probandi výslovně instruováni, aby se striktně vyhnuli zjevným fyzickým pohybům (Bruno, Fossataro et Garbarini, 2018, p. 360-366).

Při porovnání EMG aktivity experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou nebyl v našem měření shledán významný statistický rozdíl (viz Příloha 6, s. 69). To, že EMG aktivita může být někdy, ale ne vždy, zaznamenána během představy pohybu u zdravých jedinců i u pacientů po CMP, dokládá také studie od Dicksteinové et al. (2005). Ti u 15 probandů (6 pacientů po CMP, 9 zdravých) zkoumali rozdíly aktivace svalů DKK (konkrétně m. GM a m. RF bilaterálně) při představě stoje na špičkách. Během představy se u 6 z účastníků (3 pacientů a 3 zdravých) projevil podobné vzorce svalové aktivity na alespoň jednom ze čtyř EMG kanálů. Tyto reakční vzorce se ale lišily od odpovědí zbylých 9 účastníků, u nichž během představy stoje na špičkách vědci nepozorovali žádnou svalovou činnost související s představou pohybu. Je z toho zřejmé, že mezi účastníky i mezi svaly byla určitá variabilita reakčních vzorců. Avšak pokud jde o porovnání úrovně EMG aktivace u všech 15 probandů, rozdíly mezi skupinou pacientů po CMP a skupinou zdravých jedinců nebyly shledány jako významné. Nicméně je důležité říci, že tato uvedená demonstrace (byť variabilní) aktivity EMG spojená s charakteristikami představy pohybu naznačuje, že praktikování představy pohybu může mít vliv na aktivaci motorických jednotek cílových svalů jak u zdravých jedinců, tak u pacientů po CMP (Dickstein et al., 2005, p. 475-481).

## 5.4 Limity studie

Experimentální měření k diplomové práci bylo sestaveno tak, aby došlo k 1) ověření kvality představivosti probandů, 2) porovnání časů představy a reálného vykonání pohybu (chronometrie) a 3) zjištění vlivu představy chůze po čáře na aktivitu svalů DKK. Vlastnímu měření k diplomové práci předcházelo pilotní měření, aby byla ověřena proveditelnost metodiky experimentu a byly minimalizovány možné negativní faktory měření (zdlouhavá manipulace s elektrodami, koordinace mezi jednotlivými úkoly, atd.).

Co se týče individuální schopnosti každého člověka vytvářet vlastní představu pohybu, v současné době není možné žádným měřitelným způsobem ověřit, zda daný jedinec opravdu provádí požadovaný typ představy. Proto ačkoliv je poučen, aby prováděl kinestetickou představu, není vyloučené, že pohyb v představě simuluje pomocí vizuální imaginace nebo opačně (Guillot and Collet, 2005, s. 393). Taková situace samozřejmě mohla nastat i u našich probandů jak během vyplňování dotazníku MIQ-R, tak během samotného měření svalové aktivity při představě pohybu, ačkoliv jsme se jim vždy snažily podávat přesné instrukce o daném pohybovém úkolu a pomocí subjektivního hodnocení kvality představy jsme zpětnově dostávaly informaci, jestli tomu daný proband rozumí a umí se do představy vžít. U žádného probanda nenastala situace, kdy by nevěděl nebo nechápal, co si má představovat. Jak navíc již bylo zmíněno i v teoretické části práce (viz s. 24-25), u většiny pacientů po CMP zůstává schopnost představy pohybu zachována (Malouin et al. in Guillot and Collet, 2010, p. 163), a to dokonce i u jedinců se závažným motorickým deficitem (Johnson, Sprehn and Saykin, 2002, p. 841).

Jedním z největších limitů naší studie je bezpochyby nízký počet probandů v experimentální (9 pacientů po CMP) i kontrolní (7 zdravých) skupině, který byl ovšem z velké části zapříčiněn vznikem pandemie kvůli SARS-CoV-2, následným vyhlášením nouzového stavu po celé České republice, s ním souvisejícím zákazem kontaktu studentů fyzioterapie s pacienty a nemožností přístupu do kineziologické laboratoře FNOL. Ačkoliv tedy byly v rámci našeho měření zjištěny některé signifikantní výsledky, testovaný soubor byl relativně málo početný.

## 5.5 Potenciál využití představy pohybu v klinické praxi

Použití představy pohybu jako doplňku ke standardní pohybové terapii v neurorehabilitaci je stále relativně nová záležitost (Malouin and Richards, 2010, p. 250). Nicméně existuje rozrůstající se množství vědeckých studií, které poukazují na její pozitivní účinky na motorické učení a samotný pohybový projev jedince a dokládají celkové benefity využití

představy pohybu v rehabilitační praxi. Konkrétně při aplikaci představy chůze při rehabilitaci po CMP se ukazuje efekt na zvýšení rychlosti chůze, prodloužení délky kroku a prodloužení stojné (jednooporové) fáze (Beyaert, Vasa and Frykberg, 2015, p. 347). Objevují se konzistentní důkazy o tom, že k největšímu zlepšení motorického výkonu dochází u intervencí, které kombinují fyzické cvičení a představu pohybu, poté následuje samostatné fyzické cvičení a nakonec samostatná představa pohybu, která je ale každopádně prospěšnější než nulová intervence (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 943; Kalicinski and Lobinger, 2013, p. 63). Mezi jednoznačné výhody cvičení v představě patří to, že se jedná o ekonomický, účinný a neinvazivní přídavek k tradičním rehabilitačním strategiím po CMP. Zdá se být také velice bezpečným a po určité instruktáži by jej pacienti mohli snadno doma provádět sami (Tong et al., 2017, p. 368). Nicméně musíme mít také na paměti, že představa pohybu je pouze doplňkem obvyklé terapie a že cvičení pomocí představy pohybu rozhodně nenahrazuje fyzické provedení stejného úkolu (Malouin and Richards, 2010, p. 249).

Protože pacienti po CMP často nejsou schopni vykonávat konkrétní pohyby, je pro ně představa pohybu atraktivním prostředkem, jak se znovu naučit provádět určité činnosti s postiženými končetinami (Tong et al., 2017, p. 365). Mentální trénink pomocí představy pohybu tedy nabízí možnost zlepšení provedení chůze skrze bezpečný, intenzivní a na míru přizpůsobený lokomotorický trénink u osob se závažným deficitem, který činí nácvik chůze obtížným a časově omezeným, a to zejména v časně fázi rehabilitace (Jackson et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 165). Představa pohybu tedy může být bez problému aplikována v jakémkoli stadiu rehabilitace po CMP, což pacientům umožňuje zahájit trénink co nejdříve, např. hned ve stadiu chabé parézy či plegie (Tong et al., 2017, p. 368; Lotze and Halsband, 2006, p. 391).

Jelikož se diagnóza CMP v mnoha případech pojí s vyšším věkem pacientů a její incidence s narůstajícím věkem rapidně stoupá, poměrně zajímavé poznatky o benefitech představy pohybu speciálně pro starší jedince přináší Kalicinski and Lobinger (2013). Konstatují, že pro zajištění mobility ve vyšším věku je velice důležité udržovat a zvyšovat pohybovou aktivitu v každodenním životě. Zejména starší dospělí ale často hlásí mnoho překážek k fyzické aktivitě a začínají se jí proto vyhýbat. Nicméně právě oni se běžně dostávají do náročných situací, které vyžadují specifické pohybové dovednosti (např. posturální kontrolu v jedoucím autobusu, rychlý krok stranou pro získání rovnováhy, atd.), které lze skrze představu pohybu procvičovat. Kromě zlepšení soběstačnosti a vnímání kognitivního přínosu, který zvyšuje pohybový výkon, tedy mohou starší lidé profitovat

i z hlediska změn chování (např. snížený strach z pádu, zvýšená motivace k pohybu, atd.) (Kalicinski and Lobinger, 2013, p. 67).

Za účelem facilitace schopnosti představy pohybu při terapii je třeba vzít v úvahu některá prokázaná fakta. Zaprvé je mnohem obtížnější představit si náročné nebo neznámé úkoly oproti těm jednoduchým a familiárním, které daný jedinec vykonává často a běžně (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 947). Pro pacienta fyzicky známé pohyby jsou důležitým předpokladem pro jejich úspěšné zobrazení v mysli a teprve tak lze očekávat funkční ekvivalenci a úspěšnou intervenci pomocí představy pohybu. To znamená, že pokud daný jedinec nikdy nemohl pohyb provést fyzicky, pravděpodobně nebude schopen si ho účinně představit ani mentálně (Wriessnegger et al., 2014, p. 7). Ke zlepšení efektivity pohybu v představě na základě pouze mentálního tréninku tedy dochází pouze u jedinců s předchozí zkušeností s jeho reálným vykonáním (Jowdy and Harris, 1990). Zadruhé, dovednosti v uzavřeném kinematickém řetězci jsou pro představu snazší než pohyby v otevřeném kinematickém řetězci. Zatřetí, benefity z představování si mohou být vyšší, pokud je představa využívána zejména v počáteční (kognitivní) fázi získávání motorických dovedností. Byly však prokázány pozitivní účinky představy pohybu i v pozdější (konsolidační) fázi motorického učení (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 947).

Pro dobrý efekt terapie je také důležité vědět, že mezi kinestetickou a vizuální strategií představy pohybu lze kromě jejich odlišné perspektivy nalézt ještě další rozdílné vlastnosti, které mohou mít na průběh rehabilitace vliv. Zatímco kinestetickou představu pohybu je obtížné verbalizovat, u vizuální představy tomu tak není. Kinestetická představa dodržuje tzv. Fittův zákon, který udává, že náročnější představované pohyby trvají déle než pohyby jednodušší (časová kongruence či mentální chronometrie) a že představovaný obraz vykazuje stejná omezení jako reálné pohyby při provedení (Malouin et al. in Guillot et Collet, 2010, p. 169). V případě postižení mozku jsou tím pádem výkon i kinestetická představa odpovídajícím způsobem sníženy. Oproti tomu během vizuální představy si jedinec dokáže představit i pohyby, které přesahují fyziologické limity výkonu. Na druhou stranu jsou zase s kinestetickou představou spojeny některé vegetativní reakce organismu, které napodobují ty, k nimž dochází během reálného výkonu, zatímco u vizuální představy tyto změny prokázány nebyly (Malouin and Richards, 2010, p. 246; Solodkin et al., 2004, p. 1246). Když se vědci z týmu Stinearové taktéž zabývali porovnáním těchto dvou způsobů představy pohybu a jejich vlivem na CNS, došli k výsledkům, že právě kinestetická, nikoli vizuální, představa pohybu moduluje kortikospinální excitabilitu, zejména pak na supraspinální úrovni (Stinear et al., 2006, p. 157). Tento výstup je zajímavý, protože naznačuje, že nejen oblast, ale také stupeň

aktivace závisí na druhu představy, který je aplikován. Dále také tyto výsledky naznačují, že kinestetická představa pohybu může být efektivnější pro motorické učení než představa pohybu vizuální, a proto je také pro pacienty po CMP vhodnější (Mulder, 2007, p. 1267-1268).

Při používání mentálního tréninku v klinické praxi je podstatné, aby doba trvání nácviku pomocí představy pohybu byla kratší než fyzické cvičení. Existuje totiž negativní vztah mezi efektem a prodlouženým trváním mentálního cvičení. Doporučená doba tréninku pomocí představy je u zdravých jedinců omezena na 20 minut. U jedinců s neurologickým deficitem by mělo být její trvání ještě kratší, přičemž protokoly uvádějí pro pacienty po CMP 12-15 minut. Je relevantní dodat, že část tréninkového času pomocí představy pohybu může zahrnovat i relaxaci, aby se daný jedinec koncentroval a následná představa byla efektivnější (Dickstein and Deutsch, 2007, p. 948).

## Závěr

Představa pohybu je mezi odbornou veřejností stále více zkoumaným jevem, a to jak u zdravých jedinců, tak zejména v souvislosti s jejím využitím v rámci rehabilitace pacientů s různým neurologickým deficitem. Efektivita představy pohybu je sledována zejména ve své podobnosti s reálným vykonáním pohybu, jelikož jsou při ní aktivovány stejné oblasti mozku, které jsou zapojené i do přípravy a realizace pohybu. V současné době lze vliv představy pohybu objektivizovat pomocí mnohých prostředků a technologií (snímání mozkové aktivity, behaviorální studie, atd.), přičemž ale studií zkoumajících účinek představy pohybu na svalovou aktivitu aspektem povrchové elektromyografie je stále nedostatečné množství. Navíc v databázích existuje opravdu malé množství výzkumů, které se zabývají efektem představy komplexního, složitějšího pohybu, jako je například chůze nebo její ztížená modifikace (chůze po úzké čáře), na aktivitu svalů. To byl jeden z hlavních důvodů, proč jsme si právě tuto problematiku pro výzkum zvolili.

V experimentální části pro tuto diplomovou práci jsme se tedy zaměřili na zkoumání vlivu představy chůze po čáře na svalovou aktivitu dolních končetin u pacientů po CMP ve srovnání se zdravými jedinci prostřednictvím povrchové EMG. V našem výzkumném zájmu dále bylo posouzení kvality a časování představy chůze po čáře u obou skupin probandů. Testovanými situacemi byly představa chůze po čáře před (PL1) a následně po (PL2) vlastním provedení chůze po čáře (L1 a L2), které byly porovnány s EMG záznamem klidové hodnoty (K) měřené před započítáním první představy. Celkové pořadí experimentálních situací tedy bylo následující: K, PL1, L1, PL2, L2. Toto pořadí bylo pro všechny probandy totožné a neměnné. Výchozí pozicí těla pro měření byl klidný stoj čelem k bílé zdi, s horními končetinami volně podél těla a s otevřenými očima. Z důvodu vyloučení nadměrných posturálních výchylek byla kromě EMG navíc snímána i akcelerometrie.

Z výsledků této diplomové práce vyplývá, že představa chůze po čáře vede k signifikantnímu snížení svalové aktivity u pacientů po CMP u neparetického m. GM v situaci K x PL2 ( $p < 0,01$ ) a paretického m. RF v situacích K x PL1 ( $p < 0,04$ ) a K x PL2 ( $p < 0,01$ ). U ostatních svalů se statisticky významné výsledky neukázaly, stejně tak ani u celé kontrolní skupiny zdravých jedinců, ani v porovnání experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou. Jak již bylo zmíněno v limitech studie, uvědomujeme si, že ačkoliv tedy byly v rámci našeho měření zjištěny některé signifikantní výsledky, testovaný soubor byl bohužel poměrně málo početný.



Na základě hodnocení dotazníku představy pohybu (MIQ-R) lze říci, že schopnost představy pohybu u pacientů po CMP oproti zdravým jedincům byla celkově zhoršena. Výzkumná skupina pacientů po CMP prošla testem MIQ-R s průměrným výsledkem 42,89 bodů ( $\pm 6,53$  bodů). Kontrolní skupina zdravých prošla testem s průměrným výsledkem 51,14 bodů ( $\pm 3,39$  bodů). Ze statistického hodnocení tedy vyplývá signifikantně významný rozdíl mezi schopnostmi představitelnosti u pacientů oproti zdravým.

K dalšímu dílčímu cíli diplomové práce patřilo hodnocení kvality představy chůze po čáře. Probandi vždy po představě chůze po čáře (tedy v situacích PL1 a PL2) na stupnici 1-5 bodů subjektivně zhodnotili, jak snadno či těžko se jim daná situace představovala. U zdravých jedinců byly průměrné hodnoty následující: PL1 3,71 ( $\pm 0,76$ ) bodů a PL2 4,57 ( $\pm 0,53$ ) bodů. U pacientů po CMP průměrné hodnoty činily: PL1 3,33 ( $\pm 1,00$ ) bodů a PL2 4,11 ( $\pm 0,93$ ) bodů. U obou skupin můžeme vidět vzestupný trend při bodování představ, a tento trend také statistické hodnocení potvrdilo jako signifikantní. Z toho lze vyvodit, že realizace chůze po čáře má vliv na zlepšení kvality představy chůze po čáře, a to jak u zdravých jedinců, tak u pacientů po CMP.

Posledním námi sledovaným parametrem bylo hodnocení časových parametrů představy pohybu, konkrétně porovnávání časů představy chůze po čáře (PL1, PL2) s časy reálné chůze po čáře (L1, L2), tzv. časová kongruence či mentální chronometrie. U zdravých probandů nám vyšel statisticky významný rozdíl pro situaci PL2 x L2 ( $p < 0,02$ ), přičemž představa trvala průměrně déle. Může to být způsobeno ztíženou podmínkou představy chůze po čáře (podobně jako představou chůze po obrubníku, kladině, úzké traverze, atd.), čímž může být schopnost mentální chronometrie ovlivněna a skutečná i představovaná doba chůze se může zvýšit v závislosti na obtížnosti úkolu. U skupiny pacientů po CMP ani v porovnání experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou v našem měření nevyšel žádný další statisticky významný rozdíl mezi časem představy chůze po čáře a jejím reálným vykonáním ani v jednom z měření. Taková zjištění jsou pozoruhodná, neboť naznačují, že schopnost zkoušet mentálně složité úkoly zůstává zachována i po prodělání CMP.

Závěrem lze shrnout, že představa chůze po čáře má nezanedbatelný pozitivní vliv na několik modalit zároveň - ovlivňuje aktivitu CNS, zlepšuje motorické učení a provedení daného pohybu, mění (v našem měření snižuje) aktivitu svalů a jednoznačně ovlivňuje následné reálné provedení skutečné chůze. Pro budoucí výzkum je možné navrhnout, aby byl zkoumán větší počet probandů, aby se studie orientovaly i na další neurologické diagnózy (např. Parkinsonova nemoc, roztroušená skleróza, atd.) nebo aby byl zkoumán efekt dlouhodobější terapie s využitím představy pohybu.

## Referenční seznam

- 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* [online]. 41 (3), 998-1010 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: doi 10.1016/j.neuroimage.2008.03.020.
- BASTLOVÁ, P. 2013. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace* (1. vydání). Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN: 978-80-244-4030-9.
- BEYAERT, C., VASA, R., FRYKBERG, G. E. 2015. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Clinical Neurophysiology* [online]. 45, 335-355 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.005.
- BRUNO, V., FOSSATARO, C., GARBARINI, F. 2018. Inhibition or facilitation? Modulation of corticospinal excitability during motor imagery. *Neuropsychologia* [online]. 111, 360-368 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.02.020.
- BUTLER, A. J., CAZEAUX, J., FIDLER, A., JANSEN, J., LEFKOVE, N., GREGG, M., HALL, C., EASLEY, K. A., SHENVI, N., WOLF, S. L. 2012. The Movement Imagery Questionnaire-Revised, Second Edition (MIQ-RS) Is a Reliable and Valid Tool for Evaluating Motor Imagery in Stroke Populations. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 1-11 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: doi 10.1155/2012/497289.
- ČIHÁK, R., DRUGA, R., GRIM, M. 2004. *Anatomie 3* (2. vydání). Praha: Grada. ISBN: 80-247-1132-X.
- DICKSTEIN, R., DEUTSCH, J. E. 2007. Motor Imagery in Physical Therapist Practice. *Physical Therapy* [online]. 87 (7), 942-953 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: doi 10.2522/ptj.20060331.
- DICKSTEIN, R., GAZIT-GRUNWALD, M., PLAX, M., DUNSKY, A., MARCOVITZ, E. 2005. EMG Activity in Selected Target Muscles During Imagery Rising on Tiptoes in

- Healthy Adults and Poststroke Hemiparetic Patients. *Journal of Motor Behavior* [online]. 37 (6), 475-483 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: doi 10.3200/JMBR.37.6.475-483.
- ENOKA, R. M. 2008. *Neuromechanics of Human Movement* (4th Edition). United States of America: Human Kinetics. ISBN: 978-0-7360-6679-2.
- FEIGIN, V. 2007. *Cévní mozková příhoda; prevence a léčba mozkového iktu* (1. vydání). Praha: Galén. ISBN: 978-80-7262-428-7.
- GEIGER, D. E., BEHRENDT F., SCHUSTER-AMFT C. 2019. EMG Muscle Activation Pattern of Four Lower Extremity Muscles during Stair Climbing, Motor Imagery, and Robot-Assisted Stepping: A Cross-Sectional Study in Healthy Individuals. *BioMed Research International* [online]. 2019:9351689, 1-8 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: doi 10.1155/2019/9351689.
- GOLDEMUND, D., TELECKÁ, S. 2008. Kognitivní poruchy u pacientů s cévním onemocněním mozku. *Psychiatrie pro praxi* [online]. 9 (3), 121-124 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2008/03/05.pdf>.
- GUILLOT, A., COLLET, C. 2005. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Research Reviews* [online]. 50, 387-397 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: doi 10.1016/j.brainresrev.2005.09.004.
- GUILLOT, A., COLLET, C. 2010. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford University Press. ISBN 978-01-995-4625-1.
- GUILLOT, A., COLLET, C., NGUYEN, V. A., MALOUIN, F., RICHARDS, C., DOYON, J. 2008. Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery. *NeuroImage* [online]. 41, 1471-1483 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: doi 10.1016/j.neuroimage.2008.03.042.
- HAIBACH-BEACH, P., REID, G., COLLIER, D. 2018. *Motor Learning and Development* (2. vydání). Champaign: Human Kinetics. ISBN: 978-1-4925-3659-8. Dostupné z: <http://www.humankinetics.com/excerpts/excerpts/motor-learning>.

- HARRIS, J. E., HEBERT, A. 2015. Utilization of motor imagery in upper limb rehabilitation: A systematic scoping review. *Clinical Rehabilitation* [online]. 29 (11), 1-16 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: doi 10.1177/0269215514566248.
- CHLEBUS, P., MIKL, M., BRÁZDIL, M., KRUPA, P. 2005. Funkční magnetická rezonance - úvod do problematiky. *Neurologie pro praxi* [online]. 3, 133-139 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2005/03/03.pdf>.
- ISRAELY, S., LEISMAN, G., CARMELI, E. 2018. Neuromuscular synergies in motor control in normal and poststroke individuals. *Rev. Neurosci.* [online]. 29 (6), 593–612 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: doi.org/10.1515/revneuro-2017-0058.
- JENSEN, A. R. 2006. *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences* (1. vydání). Amsterdam: Elsevier. ISBN: 978-0-08-044939-5. Dostupné z: <https://www.elsevier.com/books/clocking-the-mind/jensen/978-0-08-044939-5>.
- JOHNSON, W., ONUMA, O., OWOLABI, M., SACHDEV, S. 2016. Stroke: a global response is needed. *Bulletin of the World Health Organization* [online]. 94, 634-634A [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: doi <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.16.181636>.
- JOHNSON, S. H., SPREHN, G., SAYKIN, A. J. 2002. Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representations. *Journal of Cognitive Neuroscience* [online]. 14 (6), 841-52 [cit. 2020-01-21]. Dostupné z: doi 10.1162/089892902760191072.
- JOWDY, D. P., HARRIS, D. V. 1990. Muscular Responses During Mental Imagery as a Function of Motor Skill Level. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [on-line]. 12 (2), 191-201, [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: doi 10.1123/jsep.12.2.191.
- KALICINSKI, M., LOBINGER, B. H. 2013. Benefits of Motor and Exercise Imagery for Older Adults. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity* [online]. 8 (1), 61-75 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: doi 10.1515/jirspa-2012-0003.
- KOLÁŘ, P. et al. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi* (1. vydání). Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

- KOLÁŘOVÁ, B., KROBOT, A., POLEHLOVÁ, K., HLUŠTÍK, P., RICHARDS, J. D. 2016. Effect of Gait Imagery Tasks on Lower Limb Muscle Activity With Respect to Body Posture. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 122 (2), 411-431 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: doi 10.1177/0031512516640377.
- KOLÁŘOVÁ, B., MARKOVÁ, M., STACHO, J., SZMEKOVÁ, L. 2014. Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci - možnosti vyšetření a terapie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4266-2.
- KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. 2011. Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2762-1.
- KRÁLÍČEK, P. 2004. *Úvod do speciální neurofyzologie* (2. vydání). Praha: Karolinum. ISBN: 80-246-0350-0.
- LATASH, M. L. 1998. *Neurophysiological Basis of Movement* (1st Edition). Champaign: Human Kinetics. ISBN 0-88011-756-7.
- LEVINE, D., RICHARDS, J., WHITTLE, M. W. 2012. *Whittle's Gait Analysis* (5th edition). Elsevier Ltd. ISBN: 978-0-7020-4265-2.
- LIEPERT, J., BÜSCHING, I., SEHLE, A., SCHOENFELD, M. A. 2016. Mental chronometry and mental rotation abilities in stroke patients with different degrees of sensory deficit. *Restorative Neurology and Neuroscience* [online]. 34, 907-914 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: doi 10.3233/RNN-160640.
- LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ, M. 2005. *Neurorehabilitace* (1. vydání). Praha: Galén. ISBN: 80-7262-317-6.
- LOTZE, M., HALSBAND, U. 2006. Motor imagery. *Journal of Physiology* [online]. 99 (4-6), 386-395 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: doi 10.1016/j.jphysparis.2006.03.012.
- MALIA, K., BRANNAGAN, A. 2010. *Jak provádět trénink kognitivních funkcí: praktická příručka pro každého* (1. vydání). Praha: Cerebrum. ISBN: 978-80-904357-3-5.
- MALOUIN, F., BELLEVILLE, S., RICHARDS, C. L., DESROSIERS, J. a J. DOYON. 2004. Working memory and mental practice outcomes after stroke1. *Archives of Physical*

- Medicine and Rehabilitation* [online]. 85 (2), 177–183 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: doi 10.1016/S0003-9993(03)00771-8.
- MALOUIN, F., RICHARDS, C. L. 2010. Mental Practice for Relearning Locomotor Skills. *Physical Therapy* [online]. 90 (2), 240-251 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: doi 10.2522/ptj.20090029.
- MALOUIN, F., RICHARDS, C. L., DURAND, A. 2010. Normal Aging and Motor Imagery Vividness: Implications for Mental Practice Training in Rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 91 (7), 1122–1127 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: doi 10.1016/j.apmr.2010.03.007.
- MALOUIN, F., RICHARDS, C. L., DURAND, A., DOYON, J. 2008. Clinical Assessment of Motor Imagery After Stroke. *Neurorehabil Neural Repair* [online]. 22, 330-340 [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: doi 10.1177/1545968307313499.
- MEULEN, M., ALLALI, G., RIEGER, S. W., ASSAL, F., VUILLEUMIER, P. 2014. The Influence of Individual Motor Imagery Ability on Cerebral Recruitment During Gait Imagery. *Human Brain Mapping* [online]. 35 (2), 455-470 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: doi 10.1002/hbm.22192.
- MULDER, T. 2007. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* [online]. 114: 1265-1278 [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: doi 10.1007/s00702-007-0763-z.
- NEUMANNOVÁ, K., JANURA, M., KOVÁČIKOVÁ, Z., SVOBODA, Z., JAKUBEC, L. 2015. *Analýza chůze u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí* (1. vydání). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN: 978-80-244-4704-9.
- PERSONNIER, P., BALLAY, Y., PAPAXANTHIS, C. 2010. Mentally represented motor actions in normal aging: III. Electromyographic features of imagined arm movements. *Behavioural Brain Research* [on-line]. 206 (2), 184–191 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: doi 10.1016/j.bbr.2009.09.011.
- SENOHRÁBKOVÁ, I. 2015. *Profil kognitivního deficitu u akutně vzniklých mozkových lézí*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.

- SKALIČKOVÁ-KOVÁČIKOVÁ, V. 2017. *Diagnostika a fyzioterapie hybných poruch dle Vojty* (1. vydání). Olomouc: RL-Corpus. ISBN: 978-80-270-2292-2.
- SOLODKIN, A., HLUSTIK, P., CHEN, E. E., SMALL, S. L. 2004. Fine Modulation in Network Activation during Motor Execution and Motor Imagery. *Cerebral Cortex* [online]. 14 (11), 1246–1255 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: doi 10.1093/cercor/bhh086.
- 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* [online]. 168 (1-2), 157-164 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: doi 10.1007/s00221-005-0078-y.
- STINEAR, C. M., FLEMING, M. K., BARBER, P. A., BYBLOW, W. D. 2007. Lateralization of motor imagery following stroke. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* [online]. 118 (8), 1794–1801 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: doi 10.1016/j.clinph.2007.05.008.
- TASSEEL-PONCHE, S., YELNIK, A. P., BONAN, I. V. 2015. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Clinical Neurophysiology* [online]. 45, 327-333 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.003.
- TONG, Y., PENDY, J. T., LI, W. A., DU, H., ZHANG, T., GENG, X., DING, Y. 2017. Motor Imagery-Based Rehabilitation: Potential Neural Correlates and Clinical Application for Functional Recovery of Motor Deficits after Stroke. *Aging and Disease* [online]. 8 (3), 364-371 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: doi 10.14336/AD.2016.1012.
- TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. 2005. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka* (3. vydání). Praha: Grada Publishing. ISBN: 80-247-1296-2.
- Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky. 2012. Hospitalizovaní a zemřelí na cévní nemoci mozku v ČR v letech 2003–2010. Aktuální informace č. 3/2012. 1-27. Dostupné z: [https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/03\\_12.pdf](https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/03_12.pdf).
- VÉLE, F. 1997. *Kineziologie pro klinickou praxi* (1. vydání). Praha: Grada Publishing. ISBN: 80-7169-256-5.

- VOKURKA, M., KOFRÁNEK, J., MARŠÁLEK, P., MARUNA, P., NEČAS, E., ŠULC, K. 2008. *Patofyziologie pro nelékařské směry* (2. vydání). Praha: Karolinum. ISBN: 978-80-246-1561-5.
- WILLIAMS, S. E., GUILLOT, A., DI RIENZO, F., CUMMING, J. 2015. Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability. *European Journal of Sport Science* [online]. 15 (8), 703-711 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: doi 10.1080/17461391.2015.1051133.
- 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* [online]. 469 (8), 1-9 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: doi 10.3389/fnhum.2014.00469.



## Seznam zkratek

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| BF    | biceps femoris                      |
| CMP   | cévní mozková příhoda               |
| CNS   | centrální nervový systém            |
| CPG   | generátor vzorce pohybu             |
| DK(K) | dolní končetina(y)                  |
| dx.   | pravý, pravostranný (z lat. dexter) |
| EMG   | povrchová elektromyografie          |
| fMRI  | funkční magnetická rezonance        |
| GM    | gastrocnemius medialis              |
| m.    | sval (z lat. musculus)              |
| MC    | mentální chronometrie               |
| MEP   | motorické evokované potenciály      |
| MIQ   | Movement imagery Questionnaire      |
| M1    | primární motorická korová oblast    |
| NIRS  | blízká infračervená spektroskopie   |
| PM    | premotorická oblast                 |
| RF    | rectus femoris                      |
| sin.  | levý, levostranný (z lat. sinister) |
| SMA   | doplňková motorická korová oblast   |
| TA    | tibialis anterior                   |

## Seznam obrázků

- Obrázek 1** Typická aktivita hlavních svalových skupin během krokového cyklu (Levine, Richards and Whittle, 2012, p. 39).....16
- Obrázek 2** Graf znázorňující čas představy a realizace chůze po čáře u pacientů po CMP (modře) a zdravých jedinců (červeně).....33

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabulka 1</b> Popisná statistika pro kvalitu představy chůze po čáře.....  | 32 |
| <b>Tabulka 2</b> Wilcoxonův test porovnávající kvalitu představy před a po realizaci chůze..                              | 32 |
| <b>Tabulka 3</b> Popisná statistika časových parametrů představy a realizace chůze po čáře...                             | 33 |
| <b>Tabulka 4</b> Popisná statistika hodnocených parametrů pro průměrnou svalovou aktivitu během situací K, PL1 a PL2..... | 34 |
| <b>Tabulka 5</b> Wilcoxonův párový test pro statisticky významné rozdíly u 3. výzkumné otázky.....                        | 36 |

## Seznam příloh

|  |    |
|--|----|
| <b>Příloha 1</b> Informovaný souhlas.....  | 61 |
| <b>Příloha 2</b> Dotazník Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R).....                    | 63 |
| <b>Příloha 3</b> Statistické tabulky pro test představy pohybu MIQ-R .....                       | 66 |
| <b>Příloha 4</b> Mann-Whitney U test pro porovnání kvality představy pohybu<br>CMP x zdraví..... | 67 |
| <b>Příloha 5</b> Statistické tabulky doplňující výzkumnou otázku č. 2.....                       | 68 |
| <b>Příloha 6</b> Mann-Whitney U test pro porovnání svalové aktivity CMP x zdraví.....            | 69 |
| <b>Příloha 7</b> Umístění senzorů.....   | 70 |
| <b>Příloha 8</b> Experimentální situace.....   | 71 |

# Přílohy

## Příloha 1 Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Diplomová práce - Představa pohybu v terapii pacientů po cévní mozkové příhodě

Období realizace: 04/2019 - 05/2020

Řešitelka projektu: Bc. Klára Schnitterová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjistit, jaký vliv má představa pohybu (chůze a ztížené chůze) na svalovou aktivitu dolních končetin u pacientů po cévní mozkové příhodě v porovnání se zdravými lidmi.

Před testováním budete vyzván/a k vyplnění dotazníku, pomocí něhož bude stanovena Vaše individuální schopnost představy pohybu. Pro zhodnocení aktivity svalů (pomocí povrchové elektromyografie) Vám bude na kůži obou dolních končetin aplikováno celkem 8 neinvazivních samolepících elektrod. Zároveň Vám budou na oblast křížové kosti, stehenních a holenních kostí stejným způsobem připevněny akcelerometry. Při samotném měření nejprve budete vyzván/a k představování si chůze a následnému provedení chůze po chodbě, což se celé znovu jedenkrát zopakuje (tzn. představa, chůze, představa, chůze). Poté budete vyzván/a k představě chůze po čáře nalepené na chodbě a následné realizaci chůze po čáře, což se opět celé znovu jedenkrát zopakuje. Během testování budete hodnotit (na škále 1-5, kdy 1 je „lehká“ a 5 je „velmi obtížná“), jak náročná pro Vás představa jednotlivých úkonů byla. Předpokládaná doba měření je cca 20 minut.

Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná zdravotní ani jiná rizika. V průběhu měření můžete kdykoliv vyjádřit nesouhlas a měření bude ukončeno. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte prosím Váš podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

### **Prohlášení účastníka výzkumu**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitelka projektu mne informovala o podstatě výzkumu a seznámila mne s cíli, metodami a postupy, které

budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

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

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

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

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu a druhý řešitelka projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu:

\_\_\_\_\_

v Olomouci dne: \_\_\_\_\_

Jméno, příjmení a podpis řešitelky projektu:

Bc. Klára Schnitterová \_\_\_\_\_

## Příloha 2 Dotazník Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R)

### MIQ-R - dotazník představy pohybu

Tento dotazník hodnotí dva způsoby provádění pohybů v představě. První způsob spočívá v pokusu vytvořit vizuální představu neboli obraz pohybu ve své mysli (představa ve třetí osobě, otázky 1-4), druhý je pokusit se cítit a vnímat pohyb bez jeho skutečného provedení (představa v první osobě, otázky 5-8). Žádáme Vás o provedení těchto mentálních úkolů pro dané pohyby v tomto dotazníku a následně zhodnocení, jak snadné/obtížné pro Vás tyto úkoly byly. Na dané otázky neexistují správné či špatné odpovědi.

Každé z následujících tvrzení popisuje konkrétní pohyb. Čtěte pečlivě každé tvrzení a pak proveďte popsany pohyb. Ten vykonajte pouze jednou. Vraťte se do výchozí pozice a splňte druhou, mentální, část úkolu. Po dokončení požadovaného mentálního úkolu zhodnoťte snadnost/obtížnost, s jakou jste byl/a schopna úkol provést. Hodnoťte dle následující stupnice:

| Stupnice vizuální představy     |         |                                  |               |         |               |         |
|---------------------------------|---------|----------------------------------|---------------|---------|---------------|---------|
| 7                               | 6       | 5                                | 4             | 3       | 2             | 1       |
| velmi snadno                    | snadno  | neutrálně                        | spíše obtížně | obtížně | velmi obtížně |         |
| viděná                          | viděná  | viděná (ani snadno ani obtížně)  | viděná        | viděná  | viděná        | viděná  |
| viděná                          |         |                                  |               |         |               |         |
| Stupnice kinestetické představy |         |                                  |               |         |               |         |
| 7                               | 6       | 5                                | 4             | 3       | 2             | 1       |
| velmi snadno                    | snadno  | neutrálně                        | spíše obtížně | obtížně | velmi obtížně |         |
| vnímaná                         | vnímaná | vnímaná (ani snadno ani obtížně) | vnímaná       | vnímaná | vnímaná       | vnímaná |
| vnímaná                         |         |                                  |               |         |               |         |

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

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

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

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

**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.

**HODNOCENÍ:**

### Příloha 3 Statistické tabulky pro test představy pohybu MIQ-R

#### Popisná statistika pro MIQ-R

|                               |        | <b>N (počet)</b> | <b>Průměr</b> | <b>SD</b> |
|-------------------------------|--------|------------------|---------------|-----------|
| <b>Vizuální představa</b>     | CMP    | 9                | 21,67         | 3,74      |
|                               | zdraví | 7                | 25,43         | 1,62      |
| <b>Kinestetická představa</b> | CMP    | 9                | 21,22         | 2,95      |
|                               | zdraví | 7                | 25,71         | 2,14      |
| <b>Celkové skóre</b>          | CMP    | 9                | 42,89         | 6,53      |
|                               | zdraví | 7                | 51,14         | 3,39      |

**Legenda:** SD - směrodatná odchylka

#### Parametrický t-test pro porovnání hodnot MIQ-R u pacientů po CMP a zdravých jedinců

| Variable               | T-tests; Grouping: 1CMP 2Z (Spreadsheet73) |        |         |       |      |
|------------------------|--|--------|---------|-------|------|
|                        | Mean 1                                     | Mean 2 | t-value | df    | p    |
| Vizuální představa     | 21,67                                      | 25,43  | -2,47   | 14,00 | 0,03 |
| Kinestetická představa | 21,22                                      | 25,71  | -3,39   | 14,00 | 0,00 |
| Celkové skóre          | 42,89                                      | 51,14  | -3,03   | 14,00 | 0,01 |

**Legenda:** Mean 1 - průměr hodnot pacientů po CMP, Mean 2 - průměr hodnot zdravých, p - hladina signifikance (statisticky významné rozdíly  $p < 0,05$ )

#### Příloha 4 Mann-Whitney U test pro porovnání kvality představy pohybu CMP x zdraví

| variable | Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (subjektivní kvalita představ) |          |      |           |          |           |          |         |         |          |
|----------|---|----------|------|-----------|----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
|          | By variable Var1  |          |      |           |          |           |          |         |         |          |
|          | Marked tests are significant at p <,05000                                     |          |      |           |          |           |          |         |         |          |
|          | Rank Sum  | Rank Sum | U    | Z         | p-value  | Z         | p-value  | Valid N | Valid N | 2*1sided |
|          | CMP   | Zdraví   |      |           |          | adjusted  |          | CMP     | Zdraví  | exact p  |
| PL1      | 69,5  | 66,5     | 24,5 | -0,688033 | 0,491433 | -0,727632 | 0,466839 | 9       | 7       | 0,469755 |
| PL2      | 68  | 68       | 23   | -0,84681  | 0,397102 | -0,923299 | 0,355852 | 9       | 7       |          |

**Legenda:** PL1 - představa chůze po čáře před vykonáním chůze po čáře, PL2 - představa chůze po vykonání chůze po čáře, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05), Valid N - počet probandů

## Příloha 5 Statistické tabulky doplňující výzkumnou otázku č. 2

Wilcoxonův párový test pro porovnání časů představy chůze po čáře s časy reálné chůze po čáře u zdravých jedinců

| Pair of Variables                         | kat=Zdraví                                  |   |          |          |
|---|---|---|----------|----------|
|   | Wilcoxon Matched Pairs Test (Spreadsheet93) |   |          |          |
| Marked tests are significant at p <,05000 |   |   |          |          |
|   | Valid N                                     | T | Z        | p-value  |
| PL1_t & L1_t                              | 7   | 9 | 0,845154 | 0,398025 |
| PL2_t & L2_t                              | 7   | 0 | 2,366432 | 0,017961 |

**Legenda:** PL1 - čas představy chůze po čáře (lajně) před provedením chůze, L1 - čas reálné chůze po čáře, PL2 - čas představy chůze po čáře po provedení chůze, L2 - čas reálné chůze po čáře po druhé představě, N - počet testovaných, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

Wilcoxonův párový test pro porovnání časů představy chůze po čáře s časy reálné chůze po čáře u pacientů po CMP

| Pair of Variables                         | kat=CMP                                     |    |          |          |
|---|---|----|----------|----------|
|   | Wilcoxon Matched Pairs Test (Spreadsheet93) |    |          |          |
| Marked tests are significant at p <,05000 |   |    |          |          |
|   | Valid N                                     | T  | Z        | p-value  |
| PL1_t & L1_t                              | 9   | 22 | 0,059235 | 0,952765 |
| PL2_t & L2_t                              | 9   | 16 | 0,770054 | 0,441269 |

Mann-Whitney U test pro porovnání časů představy pohybu CMP x zdraví

| Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (časy porovnání př a real) |                 |          |    |           |          |           |          |         |         |          |
|---|-----------------|----------|----|-----------|----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| variable  | By variable kat |          |    |           |          |           |          |         |         |          |
| Marked tests are significant at p <,05000                                 |                 |          |    |           |          |           |          |         |         |          |
|   | Rank Sum        | Rank Sum | U  | Z         | p-value  | Z         | p-value  | Valid N | Valid N | 2*1sided |
|   | CMP             | Zdraví   |    |           |          | adjusted  |          | CMP     | Zdraví  | exact p  |
| PL1_t   | 77              | 59       | 31 | 0         | 1        | 0         | 1        | 9       | 7       | 1        |
| L1_t  | 77              | 59       | 31 | 0         | 1        | 0         | 1        | 9       | 7       | 1        |
| PL2_t   | 68              | 68       | 23 | -0,84681  | 0,397102 | -0,84681  | 0,397102 | 9       | 7       | 0,407867 |
| L2_t  | 73              | 63       | 28 | -0,317554 | 0,750824 | -0,317554 | 0,750824 | 9       | 7       | 0,757692 |

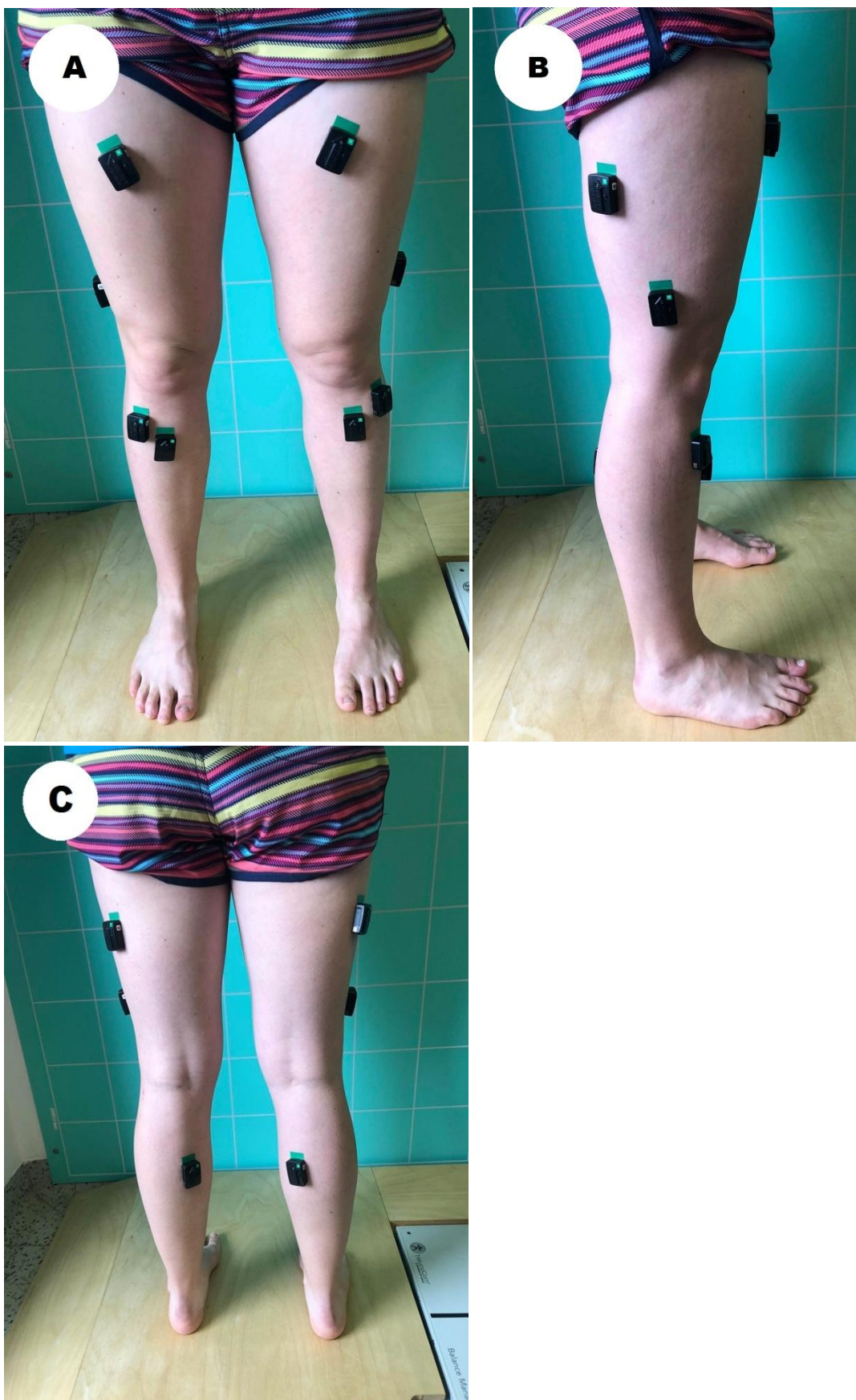
**Legenda:** PL1 - čas představy chůze po čáře (lajně) před provedením chůze, L1 - čas reálné chůze po čáře, PL2 - čas představy chůze po čáře po provedení chůze, L2 - čas reálné chůze po čáře po druhé představě, N - počet testovaných, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

**Příloha 6** Mann-Whitney U test pro porovnání svalové aktivity CMP x zdraví

| variable   | Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet120) |          |       |         |       |         |         |         |          |
|------------|---|----------|-------|---------|-------|---------|---------|---------|----------|
|            | By variable Kat   |          |       |         |       |         |         |         |          |
|            | Marked tests are significant at p <,05000                       |          |       |         |       |         |         |         |          |
|            | Rank Sum  | Rank Sum | Z     | p-value | Z     | p-value | Valid N | Valid N | 2*1sided |
| CMP        | Zdraví  | adjusted |       |         | CMP   |         | Zdraví  | exact p |          |
| KLID       | 76,5  | 59,5     | 0     | 1       |       |         | 9       | 7       |          |
| Par_TA-PL1 | 82  | 54       | 0,53  | 0,60    | 0,53  | 0,60    | 9       | 7       | 0,61     |
| Par_TA-PL2 | 84  | 52       | 0,74  | 0,46    | 0,74  | 0,46    | 9       | 7       | 0,47     |
| nep_TA_PL1 | 75  | 61       | -0,11 | 0,92    | -0,11 | 0,92    | 9       | 7       | 0,92     |
| nep_TA_PL2 | 77  | 59       | 0     | 1       | 0     | 1       | 9       | 7       | 1        |
| Par_GM_PL1 | 70  | 66       | -0,64 | 0,53    | -0,64 | 0,53    | 9       | 7       | 0,54     |
| Par_GM_PL2 | 74  | 62       | -0,21 | 0,83    | -0,21 | 0,83    | 9       | 7       | 0,84     |
| nep_GM_PL1 | 69  | 67       | -0,74 | 0,46    | -0,74 | 0,46    | 9       | 7       | 0,47     |
| nep_GM_PL2 | 60  | 76       | -1,69 | 0,09    | -1,69 | 0,09    | 9       | 7       | 0,09     |
| Par_RF_PL1 | 77  | 59       | 0     | 1       | 0     | 1       | 9       | 7       | 1        |
| Par_RF_PL2 | 66  | 70       | -1,06 | 0,29    | -1,06 | 0,29    | 9       | 7       | 0,30     |
| nep_RF_PL1 | 74  | 62       | -0,21 | 0,83    | -0,21 | 0,83    | 9       | 7       | 0,84     |
| nep_RF_PL2 | 82  | 54       | 0,53  | 0,60    | 0,53  | 0,60    | 9       | 7       | 0,61     |
| Par_BF_PL1 | 82  | 54       | 0,53  | 0,60    | 0,53  | 0,60    | 9       | 7       | 0,61     |
| Par_BF_PL2 | 91  | 45       | 1,48  | 0,14    | 1,48  | 0,14    | 9       | 7       | 0,14     |
| nep_BF_PL1 | 90  | 46       | 1,38  | 0,17    | 1,38  | 0,17    | 9       | 7       | 0,17     |
| nep_BF_PL2 | 76  | 60       | 0     | 1       | 0     | 1       | 9       | 7       | 1        |

**Legenda:** PL1 - představa chůze po čáře (lajně) před provedením chůze, PL2 - představa chůze po čáře po provedení chůze, Par. - paretický, Nep. - neparetický, TA - musculus tibialis anterior, GM - m. gastrocnemius medialis, RF - m. rectus femoris, BF - m. biceps femoris, p - hladina signifikance (červeně hodnoty nižší než 0,05)

## Příloha 7 Umístění senzorů



**Legenda:** A - pohled zepředu, B - pohled z boku, C - pohled zezadu

## Příloha 8 Experimentální situace



**Legenda:** A - výchozí pozice pro K (klid), PL1, PL2 (představy chůze po čáře), B - chůze po čáře na chodbě