

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**  
*Ústav klinické rehabilitace*

Tereza Svorová

**Představa pohybu v kontextu posturální stability**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Hana Haltmar

Olomouc 2023

## **Prohlášení**

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

Olomouc 11. května 2023

Tereza Svorová

## **Poděkování**

Moc ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Mgr. Haně Haltmar, za vždy ochotný přístup, konzultace, cenné rady a připomínky, které mi pomohly dovést tuto práci do konce.

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Téma práce:** Představa pohybu v kontextu posturální stability

**Název práce:** Představa pohybu v kontextu posturální stability

**Název práce v AJ:** Motor Imagery in Context of Postural Stability

**Datum zadání:** 2021-11-30

**Datum odevzdání:** 2023-05-11

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

**Autor práce:** Tereza Svorová

**Vedoucí práce:** Mgr. Hana Haltmar

**Oponent práce:** Mgr. Marek Tomsa

### **Abstrakt v ČJ:**

Posturální stabilita je nezbytnou schopností člověka. U pacientů s neurologickým onemocněním, po dlouhodobé imobilizaci, nebo u jedinců vyššího věku tato schopnost slábne, což může vést k pádu. Jednou z možností, jak tuto kvalitu posilovat, je představa pohybu. Tato bakalářská práce se zaměřuje na vymezení pojmů posturální stability a představy pohybu. Cílem této bakalářské práce je sumarizace zdrojů, které se zabývají představou pohybu pro ovlivnění posturální stability a její možné aplikace do rehabilitační praxe u vybraných diagnóz. Ke tvorbě práce bylo použito 109 zdrojů, které byly vyhledány pomocí databází PubMed, Science Direct a Google Scholar. Z výsledků studií vyplynulo, že představa pohybu je velmi slibným, přesto však v kontextu posturální stability, nedostatečně prozkoumaným nástrojem, který vede k podpoře posturální stability.

### **Abstrakt v AJ:**

Postural stability is an essential human ability. Patients with neurological diseases, older individuals, or patients suffering long-term immobilization have weakened postural stability,

which can lead to a fall. One of the ways to strengthen this quality is the motor imagery training. This bachelor's thesis focuses on defining the concepts of postural stability and the concept of motor imagery. This bachelor's thesis goal is to summarize sources that deal with the motor imagery that influences postural stability and its possible application to selected diagnoses in rehabilitation practice. To create the thesis, it was used 109 sources, which was obtained using PubMed, Science Direct and Google Scholar databases. The results of the studies showed that motor imagery is very promising, yet unexplored area within the context of improving postural stability.

**Klíčová slova v ČJ:** představa pohybu, mentální trénink, posturální stabilita, posturální kontrola, postura, rovnováha.

**Klíčová slova v AJ:** motor imagery, mental training, postural stability, postural control, posture, balance.

**Rozsah:** počet stran 66 / počet příloh 1

## Obsah

Úvod.....	8
1 Postura.....	10
1.1 Posturální stabilita .....	10
1.2 Posturální stabilizace .....	12
1.3 Balance a rovnováha .....	13
1.4 Posturální kontrola .....	14
2 Představa pohybu .....	15
2.1 Typy představy pohybu .....	16
3 Vztah představy pohybu a pohybové praxe .....	18
4 Faktory přispívající k efektivitě terapie MI.....	20
5 Možnosti měření představy pohybu .....	22
5.1 Objektivní měření představy pohybu .....	22
5.2 Subjektivní měření MI.....	24
6 Jak ovlivňuje představa pohybu stabilitu?.....	26
7 Možnosti využití účinku představy pohybu na posturální stabilitu v rehabilitaci.....	28
8 Rehabilitace u starší populace .....	30
8.1 Změny ve stáří .....	30
8.1 Terapeutické možnosti .....	30
8.2 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u starší populace .....	31
8.3 Limity .....	32
9 Rehabilitace u ortopedických pacientů.....	34
9.1 Pacienti po výměně kloubu .....	34
9.1.1 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po výměně kloubu.....	34
9.2 Pacienti po amputaci .....	35

9.2.1 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po amputaci .....	35
9.3 Limity studií u ortopedických pacientů .....	36
10 Rehabilitace u neurologických pacientů .....	37
10.1 Pacienti po cévní mozkové příhodě .....	37
10.1.1 Cévní mozková příhoda a její konsekvence .....	37
10.1.2 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po CMP ..	37
10.1.3 Limity .....	38
10.2 Pacienti s Parkinsonovou chorobou .....	39
10.2.1 Parkinsonova choroba a její konsekvence .....	39
10.2.3 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů s PD .....	40
10.2.4 Limity .....	41
Závěr .....	44
Referenční seznam .....	46
Seznam zkratk .....	61
Seznam obrázků .....	63
Seznam tabulek .....	64
Seznam příloh .....	65
Přílohy .....	66

# Úvod

Posturální stabilita je nezbytnou schopností, která je využívána v každodenním životě v situacích jako je například chůze, podání si hrnku s čajem, prostý stoj ve frontě na oběd či snaha o zachování rovnováhy, když se nám pod nohama rozjíždí vlak. Jedná se o schopnost, která nám umožňuje nezávislý a funkční pohyb. Narušení či ztráta této schopnosti je hlavním rizikovým faktorem přispívajícím k pádu. Pády mohou mít za následek vážná zranění či snížení pohyblivosti, což zhoršuje kvalitu života a zatěžuje zdravotnický systém.

Představa pohybu je kognitivní proces, spočívající v mentálním vyvolání pohybu bez jeho zjevného motorického provedení. Tento nástroj je možné využít v mnoha oblastech jako je rozvoj dovedností ve sportu, hudbě, profesi a mimo to i v rehabilitaci.

Mentální trénink v souvislosti s posturální stabilitou získává v posledních letech stále větší pozornost, jako možný nástroj pro zlepšení kontroly rovnováhy. Díky tomu se daří snižovat riziko pádu, zejména u seniorů a jedinců s neurologickými nebo ortopedickými poruchami.

Využití představy pohybu je založeno na zjištění, že mentální simulace pohybu aktivuje mozkové oblasti, které se do značné míry podobají oblastem, které se zapojují při reálné fyzické aktivitě. Představa pohybu představuje možnost facilitace motorického plánování, koordinace, zvýšení svalové síly a vytrvalosti i u jedinců, kteří nemohou, nebo nejsou schopni reálný pohyb vykonat.

Pro rehabilitační praxi představuje představa pohybu pohodlný a z hlediska nákladů efektivní způsob, jak podpořit posturální stabilitu, a snížit riziko pádu. Kromě toho lze představu pohybu snadno začlenit do každodenní rutiny, což může mít přesah pro každého z nás.

Cílem této práce je sumarizace informací vymezující termíny postury, posturální stability, stabilizace a představy pohybu. Dále se tato práce zabývá studii, které zkoumají praktickou aplikaci představy pohybu pro podporu posturální stability do rehabilitace, včetně jejich výhod a limitací.

Pro splnění cílů práce byla odborné články vyhledávány prostřednictvím on-line databází PubMed, Science Direct a Google Scholar. Vyhledávány byly články, publikované v časovém rozmezí od 1. ledna 2017 do 10. května 2023. Jako klíčová slova pro vyhledávání v těchto databázích byly použity: představa pohybu, mentální trénink, posturální stabilita, posturální kontrola, postura, rovnováha, respektive jejich anglické ekvivalenty: motor



imagery, mental training, postural stability, postural control, balance. Celkem bylo v databázích na základě klíčových slov vyhledáno 104 článků v anglickém a 5 článků v českém jazyce bez duplicit. Jako výchozí literatura bylo použito těchto 5 zdrojů:

FELDMAN, A. G. 2016. The Relationship Between Postural and Movement Stability. In: LACZKO, J., LATASH, M. L. (eds.) *Progress in Motor Control* [online]. Cham: Springer International Publishing. [cit. 2023-05-05]. Advances in Experimental Medicine and Biology. ISBN 978-3-319-47312-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-47313-0\_6.

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

MUNZERT, J., ZENTGRAF, K. 2009. Motor imagery and its implications for understanding the motor system. In: RAAB, M., JOHNSON, J., G., HEEKEREN, H., R. *Mind and Motion: The Bidirectional Link between Thought and Action*[online]. [cit. 2023-04-27]. ISBN 9780444533562. Dostupné z: doi:10.1016/S0079-6123(09)01318-1.

SELZER, Michael, Stephanie CLARKE, Leonardo COHEN, Gert KWAKKEL a Robert MILLER, ed., 2014. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation* [online]. Cambridge University Press [cit. 2023-05-04]. ISBN 9780511995590. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9780511995590.

VÉLE, F., 2006. Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton. 2006; ISBN 8072548379.

# 1 Postura

Dle Véleho posturou rozumíme rozložení jednotlivých pohyblivých segmentů při klidové poloze těla. Dle Dylevského se jedná o aktivní neorientované nastavení těla a jeho segmentů, které může být předilekcí pro následný pohyb. Dle Koláře je postura aktivním držením pohybových segmentů těla proti působení zevních sil, hlavně tedy proti působení tíhové síly. Postura je kontrolována a udržována na dvou úrovních, těmi jsou svalová aktivita a řízení centrálním nervovým systémem. Posturu nechápeme pouze jako vzpřímený stoj nebo sed, nýbrž jako součást všech poloh. Optimální postura je výchozí podmínkou pro provedení optimálního pohybu. Pro optimální provedení postury a tedy i posturou podmíněného pohybu je nezbytné zpevnění osového aparátu – trupu, končetin a hlavy (Dylevský, 2007, s. 182; Kolář, 2009, s. 38; Vařeka 2002a, s. 116, Véle, 2006, s. 97). Pokud je postura účelově zaměřená tak, aby z ní mohl vycházet naplánovaný pohyb, nazýváme ji atitudou (Vařeka, 2002a, s. 116).

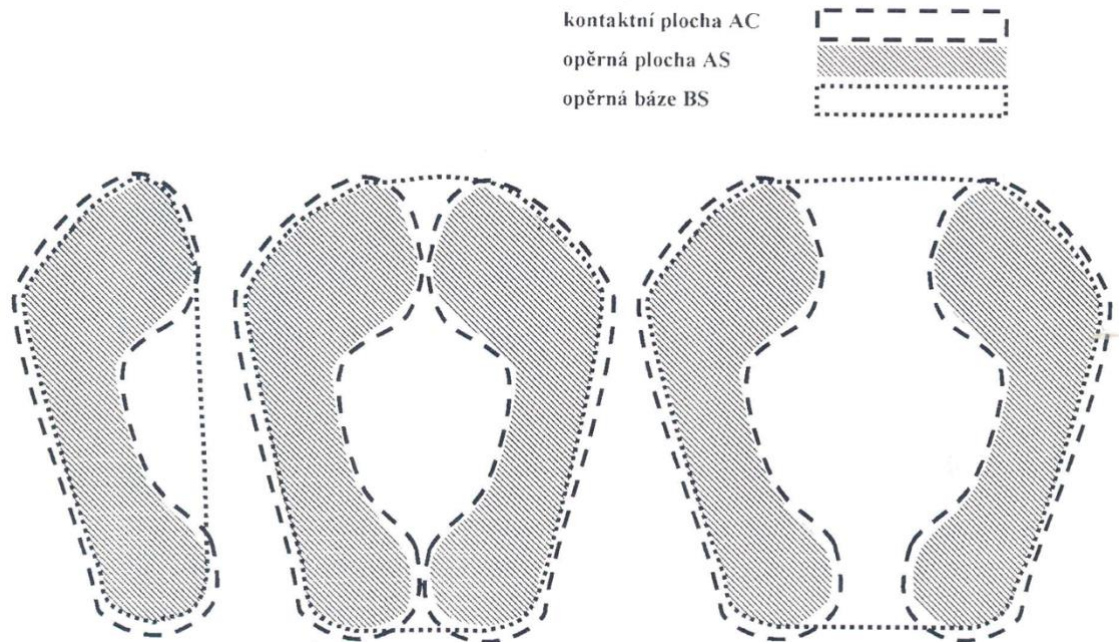
Udržování zdánlivě statické polohy těla je děj dynamický, který zprostředkovává posturální motorika. Udržení statické polohy těla je docíleno neustálým balancováním kolem střední polohy. Posturální motorika je charakterizována pohotovostí, která slouží k rychlému přechodu z klidu do pohybu, a tím chrání tělo před poškozením. K udržení polohy napomáhají převážně tonické svaly, při zhoršení podmínek nastupují svaly fázičné, a pomáhají tak k udržení stability (MacIntyre et al., 2018, s. 146-152; Véle, 2006, s. 97-99).

## 1.1 Posturální stabilita

Posturální stabilita je schopnost těla zajistit vzpřímené držení těla, a stále znovu zaujímat takovou posturu, aby nedošlo k pádu. Podmínkou pro takovouto schopnost, je adekvátní reakce na změny zevních a vnitřních sil, které na tělo působí. Tato stabilita je ovlivňována faktory neurofyziologickými a biomechanickými. Zaujetí statické polohy je dosaženo pomocí dynamických jevů. Tyto dynamické děje jsou nezbytné pro vyrovnávání lability pohybové soustavy, která je určující pro pohyb samotný (Kolář, 2009, s. 39; Vařeka 2002a, s. 116).

Velmi důležitou roli mezi biomechanickými faktory hraje opora. Výchozí podmínkou posturální stability je, aby se těžiště promítalo do opěrné báze (z angl. base of support, BS). Opěrná báze, je vymezena plochou, která se nachází mezi nejdálčenějšími body, kde se dotýká tělo s podložkou. Tato styčná oblast se nazývá opěrná plocha (z angl. area of support, AS). Je nutné zde doplnit, že AS je myšlena pouze ta část, která je aktivně

využívána k opoře, nejedná se tedy o celou plochu kontaktu těla s podložkou. Z toho vyplývá, že BS je větší než AS, jelikož AS je součástí BS, nikoliv naopak (viz Obrázek 1, s. 11) (Kolář, 2009, s. 39; Vařeka, 2002a, s. 116).



**Obrázek 1** Vztah opěrné báze, opěrné a kontaktní plochy (Vařeka, 2002a, s. 117)

Pro měření posturální stability je důležité centrum tlaku (z angl. center of pressure, COP) a centrum tělesné hmoty (z angl. center of mass, COM, těžiště). Dle Vařky je COM hypotetický bod, do kterého je promítána hmotnost celého těla v globálním vztažném systému. Těžiště těla lze stanovit pouze pokud tělo zaujímá určitou posturu. COM je často zaměňováno s COG (z angl. Centre of Gravity, COG), což je průmět těžiště do opěrné báze. Jak už bylo zmíněno výše, pro statickou polohu těla je nutné, aby se COG promítalo do BS (Ivanenko a Gurfinkel, 2018, s. 1; Vařeka, 2002a, s. 117). Centrum tlaku je bodové umístění vektoru vertikální reakční síly země. COP a COG mohou být shodné v případě tuhých těles, do této kategorie však nespadá lidské tělo (Vařeka, 2002a, s. 117; Winter, 1995, s. 193-197).

Skutečnost, že COM se nachází v oblasti trupu, tedy relativně vysoko, a stojná báze je relativně malá, předurčuje posturu k nestabilitě. Vařeka, 2002a popisuje tento jev na případu „obráceného kyvadla“, které má malou základnu a těžiště vysoko nad podložkou. COP, jeho variabilita a pohyby jsou také důležitým parametrem úrovně posturální stability. Čím vyšších hodnot tyto parametry nabývají, tím je možno usuzovat k horší stabilitě jedince. Pro měření posturální regulace ve stoji se využívá variabilita posturální oscilace (z angl.

postural sway variability) a délka dráhy (z angl. path length) (Grangeon, Guillot a Collet, 2011, s. 47; Ivanenko a Gurfinkel, 2018, s. 1-5; Winter, 1995, s. 193-197).

K měření posturální stability není dostatečný pouze klidový stoj, protože pohybový systém jako takový má mnoho kompenzačních a substitučních mechanismů, které nemusí být v klidovém stoju odhaleny. Tyto výpadky funkce se mohou objevovat například až při zvýšené zátěži, když už systém není schopen kompenzovat odchylky (Vařeka, 2002a, s. 116).

Systém posturální stability má dle Vařeky tři hlavní složky, senzickou, řídicí a výkonnou. Pod senzickou složku spadá exterocepce, propiocepce, zrak a vestibulární aparát. Řídicí složka zahrnuje centrální nervovou soustavu a výkonná složka zahrnuje pohybový systém (Vařeka, 2002a, s. 116).

## **1.2 Posturální stabilizace**

Posturální stabilizace je držení těla, za pomoci svalové síly, proti silám, které na tělo působí zvenčí. Svalová síla zapřičiňuje zpevnění segmentů, které dále umožňují vzpřímené držení těla a lokomoci, bez ní by tedy nejen pohyb, ale ani vzdorování gravitační síle, nebyly možné. Posturální stabilizace je podmínkou každého pohybu (Kolář, 2009, s. 39-40).

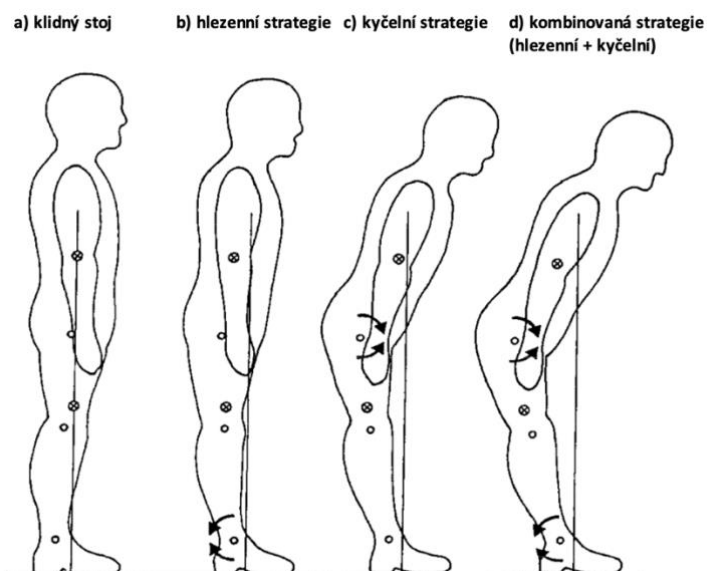
Véle v souladu s Panjabim rozděluje stabilizaci do dvou typů. Prvním typem je stabilizace vnitřní, segmentová. Vnitřní stabilizace je zapřičiněna hlavně hlubokými krátkými intersegmentálními svaly páteře, které tak spolu vytvářejí hluboký stabilizační systém. Jedná se o korekčně velmi významný systém, který reaguje na odchylky střední polohy obratlů a napomáhá korekci případné destabilizace (Véle, 2006, s. 110).

Druhým typem je analogicky stabilizace vnější, sektorová. Jedná se o systém navazující na vnitřní stabilizaci, který páteř stabilizuje ve větším rozsahu. Na starost ho mají svaly silnější, které spojují jednotlivé sektory vzájemně a sektory s končetinami. Tento systém se aktivuje podle potřeby v momentě, kdy se tělo vychýlí se středního postavení, a se značným úsilím, aby bylo zabráněno ztrátě rovnováhy případně pádu (Véle, 2006, s. 110-111).

Aktivita posturálních svalů, případná stabilizace vazivovým aparátem a změny nastavení pohybových segmentů jsou mechanismy, které se starají o to, aby byl splněn základní požadavek stabilizované polohy, tzn. aby se těžiště stále promítalo do střední zóny opěrné báze (Véle, 2006, s. 110-111).

### 1.3 Balance a rovnováha

Dalším termínem, jehož vymezení je nutné pro pochopení posturální stability a stabilizace je rovnováha a balance. Jedná se o označení statických a dynamických strategií, které napomáhají k udržení posturální stability. Mezi tyto strategie zařazujeme postojové a vzpřimovací reflexy (Vařeka, 2002a, s. 116). Do statických strategií se řadí rovnovážné reakce, tedy mechanismy, které tělo používá, aby nemuselo na základě ztráty rovnováhy změnit opěrnou plochu. Nejčastějšími strategiemi pro statické udržení rovnováhy jsou „hlezenní“ a „kyčelní“ mechanismus (viz Obrázek 2, s. 13). Pokud tento mechanismus není dostatečný, musí dojít ke změně opěrné plochy, např. úkrokem nebo využitím opory z okolí. Tento mechanismus je principem dynamické strategie pro udržení posturální stability. Pokud ani dynamické mechanismy nestačí k udržení rovnováhy, přechází řízení k uplatnění strategie řízeného pádu (Vařeka, 2002b, s. 123, 124).



**Obrázek 2** Hlezenní, kyčelní a kombinovaná strategie pro udržení rovnováhy (Winter, 1995, s. 199)

Další rozdělení obnovy lidské rovnováhy je na anticipační posturální úpravy (z angl. anticipatory postural adjustments, APA) a kompenzační posturální úpravy (z angl. compensatory postural adjustments, CPA). APA je možné detekovat před předvídatelným vychýlením nebo pohybem v zapojených svalech. CPA závisí na rychlosti reakce APA, pokud jsou APA dostatečně rychlé, nemusí docházet ke kompenzačním pohybům, aby byla zachována rovnováha (Arghavani, Zolaktaf a Lenjannejadian, 2019, s. 10).

## 1.4 Posturální kontrola

Principem lidského řídicího systému je co nejefektivněji zajistit, aby těžiště těla bylo promítáno do opěrné báze (Hamel a Lajoie, 2005, s. 223). Posturální kontrola řídí polohu a pohyb těla v prostoru, a proto je důležitá v každodenním životě. Jedná se o soubor mechanismů, předcházejících ztrátě rovnováhy, z čehož vyplývá, že je založena na neustálé interakci pohybového a vestibulárního aparátu s kognitivními a propioceptivními procesy. Tento systém nemůže být universální ani rigidní, protože okolí podléhá neustálým změnám, na které musí tento systém adekvátně reagovat, aby předešel ztrátě rovnováhy (Rosenbaum 1991 in Mulder, 2007a, s. 1265). Vhodná posturální kontrola je jedním z předpokladů pro správnou lokomoci (Lin et al., 2022, s. 316). Posturální kontrola je systém řízený automaticky, a tedy bez volní kontroly (Grangeon, Guillot a Collet, 2011, s. 47).

Posturální kontrolu je možné vycvičit či posílit balančním tréninkem, na druhé straně je ale možné tuto funkci velmi oslabit, pokud se systém nachází v podmínkách, kdy posturální kontrolu nepotřebuje. Snížení schopnosti posturální kontroly, která ovlivňuje statickou a dynamickou rovnováhu, je považováno za hlavní faktor přispívající k pádům. Balanční trénink je zvláště důležitý pro imobilizované jedince, ať už kvůli nemoci nebo zranění. Posturální systém imobilizovaných jedinců podléhá útlumu a z tohoto důvodu narůstá u těchto lidí strach a riziko pádu (Visschedijk et al., 2010, s. 1747). Pro tyto jedince je proto vhodné využít MI (Taube et al., 2014, s. 1). Kvantifikací posturální kontroly je možné tuto tendenci k pádu odhalit (viz Kapitola 5 – Možnosti měření představy pohybu).

Balanční trénink, jak ho známe vede k plasticitě kortikálních struktur – primární motorické kůry, SMA (z angl. supplementary motor area). Fyzický balanční trénink vede ke zlepšení posturální kontroly, balančních schopností a svalové síly dolních končetin (Cuğ, Duncan a Wikstrom, 2016, s. 108). Přestože jsou při fyzickém balančním tréninku doprovodnými jevy zvýšení výbušné síly a zvýšený skokový výkon, při balančním tréninku v představě nebyly tyto adaptace vyzorovány (Taube et al., 2014, s. 5).

## 2 Představa pohybu

Představa, tedy proces znovuvytvoření „kvazi-percepčního“ zážitku v naší mysli bez vnějších podnětů (Thomas, 2019 in Ladda, Lebon a Lotze, 2021, s. 2), nemusí být pouze pohybová. Může se jednat o představu sluchovou, vizuální, hmatovou, čichovou, chuťovou, kinestetickou, organickou, dále se ale tato práce bude zabývat představou pohybovou. Při představě hrají neodmyslitelnou roli percepční a smyslové procesy, které umožňují reaktivaci konkrétní motorické akce v paměti a motorické mechanismy (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 943).

Představa pohybu (z angl. motor imagery, MI) je komplexní kognitivní proces, při kterém dochází k mentálnímu provádění pohybu bez zjevné motorické akce. Jedná se o proces vědomý, v němž nacházíme jistou odlišnost od dějů jako jsou příprava na pohyb a vykonání pohybu, kdy k představě dochází nevědomě, i přesto však sdílejí stejný mechanismus (Di Rienzo et al., 2022, s. 1, 2).

Můžeme vidět jistou funkční ekvivalenci mezi MI a fyzickým cvičením. Mozková aktivita, kterou aktivuje MI se do značné míry překrývá s mozkovou aktivitou během praktického provádění pohybu. Proto se terapie MI dá využívat pro zlepšení provedení pohybu (Di Rienzo et al., 2022, s. 1, 2; Lotze a Halsband, 2006, s. 389).

Bylo prokázáno, že při představě pohybu jazyka, prstu a palce na noze dochází k aktivaci somatotopického kortexu, který odpovídá těmto oblastem. Toto zjištění podporuje hypotézu, že představa různých typů pohybu aktivuje odpovídající motorické reprezentace. Na to navazuje zjištění, že existuje přímý vztah mezi typem pohybu, který si představujeme, a aktivačními vzory somatotopicky organizovaných motorických oblastí (Ehrsson, Geyer a Naito, 2003, s. 3312, 3313)

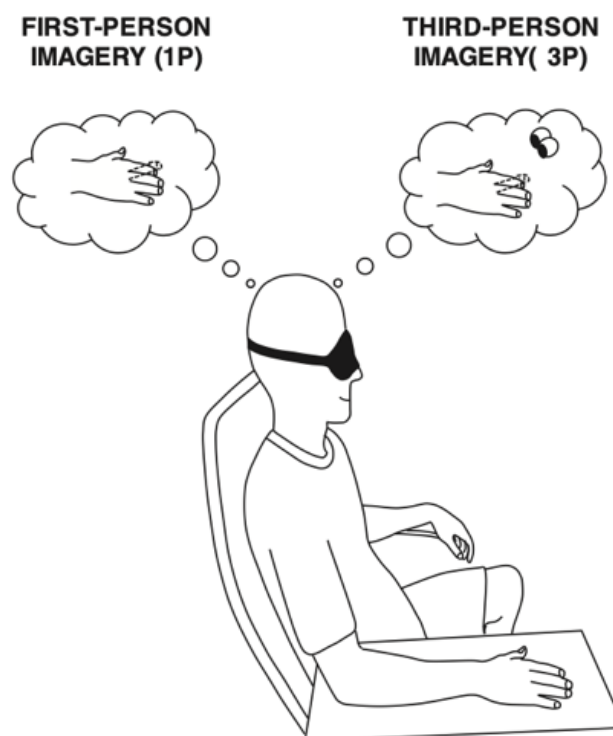
Mentální trénink je metoda využívající MI ke zlepšení motorického výkonu, často jsou ale tyto termíny zaměňovány, nebo používány jako synonyma. Rozdíl mezi těmito dvěma termíny nacházíme v tom, že při mentálním tréninku dochází k opakování představovaného pohybu pro zlepšení jeho provedení, zatímco MI je součástí popsaného procesu (Ravey, 1998, s. 53, 54). MI je využíván ke zlepšení provedení pohybu a učení pohybových vzorů. Jedná se o metodu, kterou lze využít s pozitivními výsledky jak u zdravých jedinců, tak i u jedinců se zdravotními problémy (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 943).

Pro rozvoj této metody spolu s metodou aktivní observace (z angl. action observation, AO) hrál velkou roli objev systému zrcadlových motoneuronů v mozku opice a homologních oblastí v lidském mozku (Caligiore et al., 2017, s. 211). Jedná se o skupinu neuronů, která je

aktivována nejen když subjekt sám provádí motorickou akci, ale i při pozorování jiné osoby, která akci provádí (Marshall, 2014, s. 6531). Zrcadlové neurony přispívají k napodobování, pozorování a představivosti pohybu. Tyto tři procesy sdílejí podobné nervové substráty s fyzickým pohybem, a proto jsou vhodnými doplňky fyzické praxe (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 949). Tato skutečnost naznačuje, že pozorování může být jedním z mechanismů učení analogickým způsobem jako fyzické učení (Caligiore et al., 2017, s. 211).

## 2.1 Typy představy pohybu

Představu pohybu je možno rozdělit do dvou typů: na vizuální (externí) a kinestetická (interní). Při vizuální MI jsou pacienti instruováni tak, aby si představili, že vidí sami sebe, jak pohyb vykonávají, tedy z pohledu třetí osoby. Vizuální MI je založená na vnímání vizuálních podmětů. Při kinestetické MI jsou pacienti instruováni tak, aby si provedení pohybu představovali způsobem, jako by pohyb prováděli sami, tedy z pohledu první osoby (viz Obrázek 3, s. 16). Pro kinestetickou MI je nutné vnímání pohybu prostřednictvím proprioceptivních informací jako jsou např. svalová kontrakce, vestibulární vjemy a balance (Grangeon, Guillot a Collet, 2011, s. 48; Di Rienzo et al., 2022, s. 2; Mulder, 2007a, s. 1268).



**Obrázek 3** Typy představy pohybu, na levé straně z pohledu 1. osoby, na straně pravé z pohledu 3. osoby (Peixoto Pinto et al., 2017, s.191)



Tyto dva typy se odlišují zapojením některých částí mozku a to tak, že při kinestetické MI dochází ke zvýšené aktivitě struktur parietálních a senzomotorických. Zatímco při vizuální MI dochází k výraznější aktivaci senzomotorických okcipitálních struktur. Zapojení SMA, precentrálního gyru a precuneu jsou pro obě formy MI společné (Mulder, 2007a, s. 1268).

### 3 Vztah představy pohybu a pohybové praxe

Je pro motorické učení vždy potřeba, aby byl pohyb fyzicky proveden? Bylo prokázáno, že u vědomě prováděných motorických úkonů, které jsou prováděny definovaným a konstantním způsobem, dochází pomocí MI k podpoře motorického učení (Taube et al., 2014, s. 1). Existuje mnoho důkazů o tom, jak MI ovlivňuje učení pohybu a jeho provádění (Mulder, 2007a, s. 1265).

Mentální trénink je využíván ke zlepšení motorického výkonu a zefektivnění motorického učení. Mohou z něj čerpat jak lidé se zdravotním postižením, tak zdraví jedinci. U jedinců bez zdravotního omezení je pozorováno zlepšení výkonu, konkrétněji zvýšení svalové síly, flexibility, rychlosti, přesnosti výkonu (ať už se jedná o načasování nebo cílení), dynamiky pohybu a výkonnosti. MI vede ke zlepšení exekuce pohybu u atletů (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 943; Ladda, Lebon a Lotze, 2021, s. 2). MI má stejný efekt na učení pohybu jako fyzický trénink.

Čas potřebný k dokončení úkolu v představě odpovídá času, který je potřebný k provedení reálného pohybu. Tento fenomén je popisován jako mentální isochronie a je v této práci popsán dále, v Kapitole 5 Možnosti měření představy pohybu (Mulder, 2007a, s. 1268).

Bylo dokázáno, že během MI dochází ke stejným autonomním změnám, které jsou pozorovány během skutečného cvičení (Collet et al., 2013, s. 12-14). Objevují se odlišné vzorce srdeční aktivity v závislosti na typu použité představy. Z těchto výsledků vyplývá, že stejně jako při exekuci pohybu, přispívá sympatická větev ANS hlavně při kinestetické představě pohybu. Dále bylo dokázáno, že prostřednictvím kinestetické MI je možný dosah na neurofyziologické mechanismy odpovídající za přípravu a programování aktuálních pohybů (Peixoto Pinto et al., 2017, s. 194).

Během MI dochází se sníženou markantností k reprodukci neurofyziologických markerů, které jsou jinak produkovány ve stavech spojených se skutečnou motorickou přípravou. Jedná se o ukazatele jako srdeční frekvence, dechová frekvence, zvýšení kožní vodivosti. Všechny tyto změny jsou důsledkem očekávání zvýšení energetického výdeje (Collet et al., 2013, s. 12-14).

Dochází nejen ke změnám, těchto neurofyziologických markerů, ale i k jejich reakci na obtížnost úkolu. Při představě náročnějšího úkolu jsou tyto změny větší, než při představě úkolu jednoduššího (Decety et al., 1993, s. 559-562; Oishi, Kasai a Maeshima, 2000, s. 257).

Dalším důkazem vztahu MI a fyzického pohybu je podpora neuroplasticity. Kortikální reprezentace v lidském mozku je velmi dynamická. Dochází k neustálým přestavbám a reorganizaci v důsledku periferních a centrálních změn. Jedná se o velmi důležitou vlastnost, která je nezbytná pro učení a přeučování (Lledo, 2006, s. 179). Pokud z některé části těla aferencí nepřichází potřebné informace do mozku, například po amputaci, oblast reprezentující tuto část v somatosenzorické kůře se zmenší. V návaznosti na ztrátu těchto vstupů se reprezentace okolní kůře kompetitivně zvětší, aby obsadila a zastoupila kortikální zóny představované umlčeným a již nekonkurenčním nervem (Merzenich a Jenkins, 1993, s. 100).

Fyzický trénink vede ke zlepšení výkonu s ohledem na rychlost a přesnost. Krátkodobé tréninkové efekty tkví ve změně kortikální dráždivosti a v rozšíření reprezentačních map trénovaného motorického úkolu. Dlouhodobý fyzický trénink může vést od synaptického a axonálního pučení až k zvyšujícímu se objemu šedé hmoty. Neuroplasticita umožňuje přestavbu neuronové sítě za účelem její lepší efektivity (Ladda, Lebon a Lotze, 2021, s. 2).

Podobných akcí jako motorickým tréninkem je možno dosáhnout i tréninkem motorických představ, a to i přes to, že při tréninku v představě není k dispozici zpětná vazba (Ruffino et al., 2019, s. 1380, 1381). Je však nutné zdůraznit, že při imaginaci pohybu je mozková aktivita motorických oblastí větší u odborníků, než je tomu u laiků. Zatím co při exekuci pohybu jsou motorické oblasti aktivovány silněji u netrénovaných jedinců oproti odborníkům (Mizuguchi a Kanosue, 2017, s. 198, 199). Obecně je možno konstatovat, že MI zvyšuje kognitivní požadavky na motorické síť v mozku a využívá neuroplastických dějů založených na zkušenostech (Di Rienzo, 2022, s. 2).

Obzvláště vhodné je MI využít u pacientů, kteří nejsou schopni, nebo je jim kvůli jejich klinickému stavu zakázáno hýbat nějakou částí těla, jako prevenci reorganizačních změn, kvůli inaktivitě (Mulder, 2007a, s. 1266).

Nárůst svalové síly kosterního svalstva sestává z adaptace na morfoloogické úrovni a z adaptace na úrovni neurální. Mezi morfoloogické změny patří svalová hypertrofie, myofibriální růst a proliferace. Jsou to změny, kterých je docíleno dlouhodobým tréninkem. Naopak neuroloogické změny jsou spjaty s ranou fází tréninku a zde se řadí např. zlepšení koordinace, zlepšení nábory motorických jednotek a zapojení jednotlivých svalů během provádění pohybu. Při využití MI dochází k tréninku centrální nervové soustavy, což má za následek zvýšený výdej svalové síly. Při MI dochází k nárůstu svalové síly, ale nedochází ke svalové hypertrofii (Lebon, Collet a Guillot, 2010, s. 1680-1687).

## 4 Faktory přispívající k efektivitě terapie MI

Proměnných, které je třeba vzít v úvahu při výběru pacienta a aplikaci představy pohybu v praxi, je hned několik. Patří mezi ně znalost a typ úkolu, pracovní paměť (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 950), schopnost generovat představu pohybu (Munzert a Zentgraf, 2009, s. 220), výchozí poloha (Saimpont et al., 2021, s. 1), modifikace představy (Olssen a Nyberg, 2009, s. 711-715) a v neposlední řadě motivovanost pacienta a sklony k úzkostem (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 950).

Schopnost generovat představu se napříč lidmi různí, tato skutečnost může hrát velkou roli v efektivnosti tréninku představy pohybu. Proto je nutná metodologie (viz Kapitola 5 Možnosti měření představy pohybu), aby byla ověřena schopnost jedinců využívat MI. Přesto však neexistuje žádný behaviorální ukazatel, který by jasně stanovoval a umožňoval zjistit, jestli jedinec provádí představu (Munzert a Zentgraf, 2009, s. 220). Zde nacházíme velkou výhodu AO, kde je možné přesně kontrolovat, co přesně jedinec sleduje, na rozdíl od představy, kde jsou výsledky odkázány na představivost jedince, která je omezeně kontrolovatelná (Olsson a Nyberg, 2009, s. 713). Při využívání MI je nutné zajistit, aby jedinci s kognitivními symptomy dostali odpovídající neuropsychiatrické vyšetření, aby bylo ověřeno, že je pro ně tato terapie smysluplná (Abraham et al., 2021, s. 5).

Provádění MI je obvykle usnadněno při provádění v kongruentní poloze těla pro představovaný pohyb. Časy představy jsou výrazně kratší, když si účastníci představují chůzi v kongruentní poloze, tedy ve stoje, oproti poloze inkongruentní, kterou je například sed. Pokud je představa pohybu prováděna po předchozí chůzi, čas potřebný na představu se také snižuje (Saimpont et al., 2021, s. 1).

Při využívání MI v rehabilitaci je třeba brát v úvahu, kterou z modifikací představy zvolíme, a to i přesto, že se čas fyzického provedení pohybu a čas, potřebný na představu pohybu výrazně neodlišuje (Olssen a Nyberg, 2009, s. 711-715). Pokud se jedná o výběr typu MI, který při terapii využít, je třeba zvážit, na co se terapie soustředí a pro jakou fázi učebního procesu je stanovena (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 945). V mnoha případech je kinestetická představa považována za výhodnější než vizuální, protože je považována za vhodnější pro zlepšení výkonu, a pro efektivnější podporu učení. Vizuální představa se zdá vhodnější pro podporu raných fází motorického učení (Di Rienzo et al., 2022, s. 3). Vhodnost kinestetické představy navíc podporuje i to, že dochází k velmi podobnému zapojení neuronové sítě jako při provedení pohybu, tato podobnost je větší než u vizuální představy (Solodkin et al., 2004 s. 1252).

Dále je nutné zvážit náročnost a komplexnost úkolu. Zvolením příliš jednoduchého pohybu mohou zanikat limitace představy, které mohou vést k nepřesným závěrům při porovnávání představy pohybu a jejího reálného provedení (Olsson a Nyberg, 2009, s. 711-715).

Důležitou roli při aktivaci motorických oblastí hraje to, zdali je úkol pro jedince zcela nový, nebo již motoricky známý. Pokud byli jedinci instruováni k pohybu, který byl pro ně nový, trénink představou pohybu nevedl ke zlepšení jejich výkonu (Mulder et al., 2007a, s.1270). Pro aktivaci efektu mezi MI a fyzickým provedením pohybu je nezbytné, aby se jednalo o úkol, který je subjektu dobře znám, tedy že už jej subjekt v minulosti prováděl (Olsson a Nyberg, 2009, s. 711-715). Ukázalo se totiž, že budoucí události jsou založeny nazkušenostech, což naznačuje, že nejdříve je třeba úkol udělat, než je možná jeho představa (Szpunar, Watson a Mcdermott, 2007, s. 645).

MIT je často využívanou technikou u profesionálních sportovců a muzikantů, kteří opakovanou aktivací motorických sítí, charakteristických pro pohybovou sekvenci, posilují synaptický přenos. V obou těchto skupinách je představa pohybu využívána pouze u vysoce specializovaných jedinců, z toho je možné posoudit důležitost vysoké úrovně provedení pro používání imaginace. Čím lepší je schopnost představy u jedinců, tím lepší je tréninkový efekt mentální praxe (Lotze a Holsband, 2006, s. 389, 390). Obecně řečeno, zkušenost při provádění pohybu vede ke zvýšenému překrývání aktivačních vzorců během fyzického a mentálního provedení pohybu (Ladda, Lebon a Lotze, 2021, s. 6).

Představa pohybu sdílí vnitřní „repliku“ chování, která napomáhá učení a zlepšuje neurální stopy motorických akcí. Výzkumy naznačují, že kombinace představy pohybu a aktivní observace, má silnější vliv na zapojení mozkových oblastí než techniky samy o sobě. Samotná AO je vhodnější pro učení se nových pohybů než MI, jak bylo diskutováno o pár odstavců výše (Caligiore et al., 2017, s. 211, 215).

Dalším doposud nejednoznačným modifikátorem efektivního mentálního tréninku je motivace a úzkost. Je doloženo, že lidé, kteří jsou vysoce motivovaní, se při používání MI zlepšují více než lidé, kteří vysoce motivovaní nejsou. Podobně i lidé s úzkostí se nezlepšují tak dobře, jako lidé bez ní. Přesto však trénink pomocí MI může mít pozitivní efekt na motivaci a sebedůvěru, a proto by úzkostní nebo málo motivovaní jedinci neměli být vyloučeni z účasti na praxi MI (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 947).

## 5 Možnosti měření představy pohybu

Hodnocení MI je neodmyslitelnou součástí výzkumu, jelikož je třeba objasnit, zdali jedinec opravdu provádí to, co je po něm vyžadováno či nikoliv. Existuje několik zdrojů, ze kterých je možno usuzovat, jestli tomu tak je (viz Tabulka 1, s. 25) (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 948; Guillot a Collet, 2005, s. 391).

### 5.1 Objektivní měření představy pohybu

Kvalita představy pohybu by měla být kontrolována co nejpřesněji, aby nedocházelo k odchylkám ve studiích, ale také pro to, aby mohlo být lépe porozuměno interpretovaným datům. Proto je před prováděním nutné, aby byl představovaný pohyb co nejlépe vysvětlen.

Významnou roli v pochopení MI měly pozitronová emisní tomografie (PET) a funkční magnetická rezonance (fMRI). Tyto techniky mapování mozku poskytly materiál ke zjištění, že představa pohybu a pohyb samotný sdílejí stejný mechanismus. Jedná se ale o zobrazovací techniky, které jsou vázány místem, a proto je nelze využívat tak hojně, jako například metody měření ANS, které jsou neinvazivní, přenosné a zdají se být shodné s daty získanými z měření CNS (Guillot a Collet, 2005, s. 388).

Mezi další zobrazovací metody, které je možné využít, se řadí fNIRS (z angl. functional near-infrared spectroscopy) a EEG (elektroencefalografie). Hlavní výhodou fNIRS je schopnost studia neurokortikálních funkcí bez omezení držení těla a pohybu jedince. Navíc je možné tyto dvě metody využívat i současně (Almulla et al., 2022, s. 2; Sakai, 2022, s. 1-4). Využití metody fNIRS bylo navrženo pro použití při hodnocení balančního tréninku v představě během rehabilitace u dočasně imobilizovaných pacientů (Almulla et al., 2022, s. 12).

Jak již bylo nastíněno, další možností objektivizace MI je prostřednictvím snímání efektorové aktivity ANS na periférii. Operace CNS jsou totiž doprovázeny reakcemi ANS, tyto reakce jsou navíc nevědomé. Mezi měřené autonomní reakce se řadí kožní odpor, kožní potenciál, prokrvení kůže, teplota kůže, srdeční a dechová frekvence. Velkou výhodou je, že měření je neinvazivní, nepůsobí rušivě a je dobře přizpůsobitelné výzkumu (Guillot a Collet, 2005, s. 388).

Bylo ověřeno, že prostřednictvím variability srdečního rytmu (z angl. heart rate variability, HVR), lze identifikovat rozdíl mezi typem představy pohybu. Tyto výsledky naznačují vhodnost využívání HRV k hodnocení mentálních představ, a to jak v případě

hodnocení schopností jedince, tak i jako kontrolu probíhající představy pohybu (Peixoto Pinto et al., 2017, s. 194).

Přestože je MI definována jako mentální provedení pohybu, a je tedy charakterizována inhibicí svalového efektoru, vezmeme-li v úvahu podprahovou motorickou aktivaci, která doprovází imaginaci, můžeme očekávat svalovou aktivitu, měřitelnou EMG, a zvýšení posturální kontroly (Guillot a Collet, 2005, s. 391).

EMG umožňuje hodnotit svalovou aktivitu účastníků během představy (Bakker, Boschker a Chung, 1996, s. 316). Na končetině, která by prováděla představovaný pohyb, který se odehrává v představě, pozorujeme větší svalovou aktivitu než na pasivní končetině. Je pozorována větší svalová aktivita při představě pohybu s těžším předmětem. To znamená v případě představy zvednutí nižší váhy je svalová aktivita menší, než když si subjekt představuje, že zvedá opravdu těžkou váhu (Bakker, Boschker a Chung, 1996, s. 319). Přestože je možné EMG aktivitu během MI měřit, nejedná se o měření systematické, a proto s nejedná o jasný indikátor přesnosti MI (Guillot a Collet, 2005, s. 391).

Jak již bylo zmíněno, měření posturální kontroly se dá využít jako ukazatel pro kontrolu MI (Guillot a Collet, 2005, s. 391).

Pro měření posturální kontroly se používá posturografie (Howcroft et al., 2017, s. 2). Posturografické testy využívají silové desky/plošiny (z angl. force plates) pro měření pohybů COP a simulaci posturálně náročnějších situací. Obtížnost lze zvyšovat odebráním zrakového inputu. Tato modifikace přispívá ke zvýšení posturálního nestability v každém věku, přesto je tato nestabilita podstatně větší ve stáří (Howcroft, 2007, s. 2; Kumai et al., 2022, s. 103).

Předožadní a laterální posturální oscilace jsou nejčastěji používanou měrnou jednotkou pro studium rovnováhy v laboratorním prostředí. Bylo prokázáno, že předožadní a laterální posturální oscilace se zvyšují s věkem (Hamel a Lajoie, 2005, s. 223).

Další možností měření posturální kontroly jsou akcelerometry a gyroskopy (Alberts et al., 2015, s. 579). Akcelerometrie je nejrozšířenější metoda pro měření fyzické aktivity. Moderní akcelerometry jsou založené na kontinuálním měření pohybu nebo statické polohy, ať už se jedná o sed nebo stoj. Jde o metodu, která je lehce přenosná, voděodolná, a neinvazivní, což patří k jejím velkým výhodám (Sievänen a Kujala, 2017, s. 574).

## 5.2 Subjektivní měření MI

Jelikož je MI závislá na schopnosti jedinců představit si určitý úkon, a schopnost představy je velmi subjektivní záležitost, využívá se k posouzení této schopnosti dotazníků a hodnotících škál. Dalším aspektem ovlivňujícím výsledek je aspekt sebedůvěry. Sportovci jsou, co se pohybových schopností týká, sebevědomější než ostatní lidé, kteří jsou ještě k tomu zranění. Zranění jedinci navíc mohou mít obavu z opětovného zranění (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 946).

Nejčastěji využívaným dotazníkem je Dotazník živosti v představě pohybu (z angl. Vividness in movement imagery questionnaire, VMIQ). Jedná se o specifické instrukce pro MI a následné měření na Likertově škále (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 946; Collet et al., 2011, s. 86). V dotazníku je 48 položek hodnocených pětibodovou škálou. Úkol, který si mají účastníci představovat, je instruován verbálně a účastníci si musí vybavovat informace o úkonu z dlouhodobé paměti (Roberts et al., 2008, s. 201). VMIQ se zaměřuje jak na kinestetickou, tak na vizuální představu pohybu. Při obou typech představy jsou používány k měření stejné úkoly. Nevýhodou tohoto dotazníku je časová náročnost a obtížnost prováděných pohybů (Collet et al., 2011, s. 86; Dickstein a Deutsch, 2007, s. 946).

MIQ (z angl. Movement imagery questionnaire) na rozdíl od předchozího dotazníku, má tento dotazník dvě části, ve kterých si hodnocená osoba pohyb představuje a provádí (MacIntyre et al., 2018, s. 148, 149). Účastník se zde může spoléhat na informace přítomné v pracovní paměti (Hall a Martin, 1997 in Munzert a Zentgraf, 2009, s. 221). Subjekt hodnotí obtížnost představy předem definovaných pohybů na sedmibodové Likertově škále. Hodnocení předchází provedení každého pohybu. Každý pohyb si testovaná osoba představuje dvakrát, jednou z pohledu třetí osoby – vizuální MI a podruhé pro případ kinestetické MI, tedy tak, aby subjekt pohyb prožil z perspektivy první osoby. V dotazníku jsou zahrnuty různé, jednoduché pohyby paží, nohou či celého těla (Bakker, Boschker a Chung, 1996, s. 316). Spolehlivost testu je udávána jako 0,87 (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 946).

Oba tyto testy se liší s ohledem na hodnocení. Zatímco v VMIQ účastníci hodnotí živost konkrétního obrazu, MIQ se zaměřuje na úroveň obtížnosti vytvoření představy. I přes to, oba testy významně korelují (Roberts et al., 2008, s. 216).

KVIQ (z angl. Kinesthetic and visual imagery questionnaire) slouží také pro hodnocení schopnosti představy. Na rozdíl od předchozích dvou se ale skládá z jednodušších úkonů,



a tím se stává dostupnějším i pro osoby se zdravotním postižením. Je hodnocen pětibodovou škálou pro posouzení jak vizuální MI, tak kinestetické (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 946).

Další metodou, kterou lze zařadit mezi subjektivní měření představy pohybu je mentální chronometrie. Tato metoda předpokládá, že čas představy a čas potřebný k exekuci představovaného pohybu se shodují. Pro provedení je nutné znát časovou délku provedení pohybu a pacient musí signalizovat začátek a konec imaginace. Srovnatelnost těchto dvou časových intervalů je považováno za důkaz (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 949).

**Tabulka 1** Porovnání neurofyziologických, behaviorálních a psychologických metod pro měření MI (Guillot a Collet, 2005, s. 393)

		měření aktivity ASN	psychologické testy a dotazníky	mentální chronometrie	elektromyografie	posturální kontroly (měření na silové plošině)
<b>původ dat</b>	osobní odhad		X			
	objektivní měření	X		X	X	X
<b>měření dat</b>	před MI	X	X		X	
	během MI	X		X	X	X
	po MI	X	X		X	
	ambulantní / semiambulantní metoda	X	X	X	X	
<b>typ pohybu</b>	celé tělo	X	X	X		
	část těla				X	X
<b>kvalita MI</b>	pravdivost – živost	X	X			
	zachování časových charakteristik	X		X		X
	schopnost generovat MI	X	X	X		
<b>typ MI</b>	odhad typu MI		X			?
	bez rozdílu	X		X	X	

## 6 Jak ovlivňuje představa pohybu stabilitu?

V návaznosti na předchozí část této práce je možno konstatovat, že představa pohybu reprodukuje kognitivní procesy spojené se skutečnou motorickou přípravou a provedením pohybu. Záznamy posturální aktivity během imaginace odrážejí motorické příkazy pro efekторы zapojené do kontroly rovnováhy (Di Rienzo et al., 2022, s. 1).

Během MI se objevuje svalová aktivita měřitelná EMG (viz Kapitola 5). Je stále předmětem diskuse, zdali tato aktivita pochází z neúplné inhibice přípravných motorických příkazů supresivními mechanismy, nebo zdali se jedná o výsledky neúplné facilitace eferentních drah, tedy bez uplatnění motorické inhibice (Di Rienzo et al., 2022, s. 2; Guillot et al., 2012, s. 17).

Massion (1992, s. 36) uvádí, že pokud dojde k vědomé akci, například natažení rukou ve stoji, systém posturální kontroly musí tuto akci předvídat a zareagovat, tak, aby nedošlo ke ztrátě rovnováhy. Při stejném pohybu rukou, který probíhá v představě, je také možné pozorovat tyto anticipační posturální úpravy. Vzhledem k absenci pohybu při představě tyto APA reflektují dopřednou funkci systému posturální kontroly, která reaguje na očekávané vychýlení rovnováhy, ke kterému ale v představě nedochází (Di Rienzo, 2022, s. 2; Wider, 2022, s. 2436). Zatímco fáziké příkazy jsou během MI inhibovány, příkazy tonické, zajišťující dozor nad stavem postury, jsou stále aktivní (Grangeon, Guillot a Collet, 2011, s. 54). Zvláště důležité jsou tyto anticipační úpravy ve stáří, kdy dochází k senzomotorickému útlumu (Wolpe, 2016, s. 6). Tato spojitost anticipačních posturálních reakcí a MI naznačuje, že mentální trénink je možné využít ke stimulaci anticipačních reakcí (Wider, 2022, s. 2454).

Taube et al. (2015, s. 109) zaměřili svou studii na mozkovou aktivitu při MI a AO během balančních úkonů a zjistili, že během MI spolu s AO, ale také během MI samostatně, dochází k aktivaci oblastí v mozku důležitých pro kontrolu rovnováhy. Dále jejich studie obsahuje zjištění, že čím náročnější je balanční úkol, tím je aktivace těchto mozkových oblastí intenzivnější. Ke stejným výsledkům dospěla i novodobější studie Almulla el al. (2022, s. 12) při využití metody fNIRS, přesto však zdůrazňují nutnost budoucího výzkumu, který má potvrdit, zdali tyto metody opravdu vedou k rychlejšímu obnovení dovedností.

Další důkaz o vztahu posturální kontroly MI přinesla studie Grangeon, Guillot a Collet (2011, s. 54), jejíž výsledky ukázaly, že MI ovlivňuje posturální kontrolu prostřednictvím snížení posturálních vychylek. Pro své výsledky přináší dvě vysvětlení, prvním vysvětlením je poskytnutí prostoru pro efektivnější posturální kontrolu tím, že je pozornost zaměřena

na kognitivní úkol. Druhým vysvětlením je podprahová svalová aktivita, která podporuje tvrzení, že nedochází k inhibici posturálních úprav, které byly uvedeny o pár odstavců výše.

Studie Taube et al. (2014, s. 5) dokázala, že mentální trénink dokáže zlepšit posturální stabilitu v nestabilním a nepředvídatelném prostředí, které bylo simulované využitím Posturomedu.

Použití různé modality představy vede k různým výsledkům ve vztahu k posturálním výchytkám. Jedná se o důsledek rozdílné aktivace neuronových sítí v závislosti na typu představy. Grangeon, Guillot a Collet (2011, s. 53) uvádějí, že při porovnání vizuální a kinestetické představy došlo k většímu útlumu posturálních výchytek při vizuální představě než při kinestetické. K podobným závěrům došla i studie Stins, Koole a Beek (2015, s. 81, 82), která uvádí, že vizuální MI neměla na posturální stabilitu žádný větší účinek. Kinestetická MI může vyvolat svalovou aktivitu svalů, které jsou zapojeny do pohybu, na který je představa cílena. Dále také u kinestetické představy pozorujeme větší zrychlení dýchání na rozdíl od vizuální MI. Kvůli těmto rozdílům je i posturální kontrola ovlivněna u kinestetické představy rozdílně než u vizuální (Grangeon, Guillot a Collet, 2011, s. 53). Předpokládá se, že posturální aktivita během MI je výsledkem neúplné motorické inhibice (Stins, Koole a Beek, 2015, s. 81-82).

Studie Rodrigues et al. (2010, s. 747, 748) ukázala, že posun COP je během motorické představy pohybu celého těla zesílen, pravděpodobně prostřednictvím náboru motorických reprezentací vyššího řádu, dopředných motorických reprezentací potřebných pro správné udržení rovnováhy. To poskytuje pádné důkazy pro zařazení MI do terapie poruch rovnováhy. Výsledky navíc naznačily, že kinestetická představa by měla být doporučenou modalitou pro rehabilitační účely.

Studie Köyagasioğlu et al. (2022, s. 438-440) zkoumala rozšíření MI o virtuální realitu (z angl. virtual reality, VR), zde došlo k významným zlepšením při využití těchto metod v porovnání s kontrolní skupinou, což naznačuje že obě tyto metody mohou významně zlepšit výsledky testů rovnováhy. Kromě toho výzkum ukázal, že VR v kombinaci s MI dosahuje lepších výsledků než MI samostatně.

## **7 Možnosti využití účinku představy pohybu na posturální stabilitu v rehabilitaci**

Tradiční rehabilitační metody se soustředí hlavně na periferní složku pohybu, tedy na efekty, jejichž prostřednictvím ovlivní motorické oblasti v mozku. Účinky takovýchto terapií, které se promítají do vyšších kortikálních úrovní jsou vytvářeny jako výsledek efektu „zdola nahoru“. Zde nacházíme zásadní rozdíl v terapii MI, která dokáže posilovat okruhy z přípravných motorických oblastí a motorických oblastí v mozku jdoucí do periferie. MI využívá efektu „shora dolů“, čímž napomáhá zvyšovat účinky tradičních rehabilitačních metod (Caligiore et al., 2017, s. 212; Mulder, 2007a, s. 1274, 1275). Tuto metodu můžeme v terapii využívat i samostatně, ale zvláště účinná je v kombinaci s fyzickým cvičením (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 943; MacIntyre et al., 2018, s. 141, 142; Mulder, 2007a, s. 1270).

Jedním z důvodů, proč je na MI soustředěno tolik pozornosti je ten, že MI dokáže nabírat mozkové procesy, které jsou zapojené do motorického chování (Caligiore et al., 2017, s. 212). Zdá se, že využití MI v terapii je nejefektivnější pro prevenci změn krátkodobé imobilizace, tyto změny se totiž vyskytují více na kortikální úrovni než na úrovni svalové (Avanzino et al., 2011, s. 3426).

Velkou výhodou této neurorehabilitační metody je její materiální nenáročnost, a finanční dostupnost (Guillot et al., 2012, s. 1). Mimo to se jedná o metodu, která je neinvazivní, nezvyšuje bezpečnostní rizika, nevyžaduje sofistikované náčiní a technické zázemí, může být aplikována u pacienta doma a může být prováděna personálem, bez potřeby vysoké kvalifikace (Abraham et al., 2021, s. 4; Caligiore et al., 2017, s. 220). Představa pohybu nabízí několik možností pro aplikaci, může se jednat o individuální nebo skupinové terapie, může být dokonce aplikována fyzicky nebo na dálku (virtuálně). Díky tomu ji je možné využít i pro vzdálené nebo špatně obsluhovatelé pacienty (Abraham et al., 2021, s. 4).

Dalším benefitem pro rehabilitační praxi je samotná podstata představy pohybu, tedy skutečnost, že je prováděna bez exekuce pohybu. Právě to je zvláště vhodné pro skupiny pacientů, kteří nejsou schopni pohyb provést, nebo je pro ně určitý pohyb kontraindikací, ať už se jedná o slabost, chirurgické restriktce nebo imobilizaci (Nicholson et al., 2019, s. 200). Dále je mentální trénink vhodný pro zlepšení motorického výkonu, pokud fyzická únava

brání skutečnému pohybu, je tomu tak například u starší populace, která je v porovnání s mladší generací únavnější (Ruffino et al., 2019, s. 1381).

Výzkum Taube et al. (2015, s. 112) dospěl k závěru, že kombinace MI a AO podporuje efektivněji kortikální excitabilitu ve srovnání s MI nebo AO samostatně. Na základě těchto výsledků navrhuje, že největší účinnost je očekávána při současné aplikaci MI a AO. Ke stejným výsledkům došla i studie Eaves, Behmer a Vogt (2016, s. 100, 101), která ovšem zdůrazňuje malou nevýhodu této kombinované metody, která tkví v tom, že AO + MI zřejmě vyžaduje další neurokognitivní zdroje ve smyslu supervize kontroly pozornosti. V souladu s těmito výzkumy, je v poslední době doporučovanou technikou pro neurorehabilitaci právě kombinace MI a AO (Caligiore et al., 2017, s. 215).

Zajímavou možností využívání schopnosti jedinců generovat pohyb je použití MI k ovládní počítačových rozhraní pro navigaci ve virtuálních světech. Tyto aplikace jsou zatím ve stavu testování proveditelnosti, ale využití pro rehabilitační účely se do budoucna zdá velice slibné (Dickstein a Deutsch, 2007, s. 949).

## **8 Rehabilitace u starší populace**

### **8.1 Změny ve stáří**

Vzhledem k vyspělosti dnešního zdravotnického systému, dochází k prodlužování průměrné délky života seniorů. Ve stáří dochází ke změnám, které vedou ke snížení pohybových funkcí, flexibility, koordinace, svalové síly a rovnováhy (Hiyamizu et al., 2012, s. 59). Dále dochází k úbytku v oblasti prostorové kognice a v efektivním plánování motorické akce (Gabbard, 2015, s. 231).

Nedostatečnost posturální kontroly u starších osob je jedním z hlavních prvků vedoucích k pádu (Shumway-Cook et al. 1988 in Hamel a Lajoie, 2005, s. 223). Mezi další faktory, které přispívají k pádům je snížení svalové síly, zhoršená flexibilita, senzorické deficity, které ovlivňují zrakový a vestibulární systém (Chiacchiero et al., 2015, s. 160-163).

### **8.1 Terapeutické možnosti**

Pro snížení rizika pádu je možno využít tréninku chůze, terapeutického cvičení či balančního tréninku (Chiacchier et al., 2015, s. 159). Studie Hiyamizu et al. (2012, s. 62) potvrdila, že svalový a balanční trénink vede k udržení funkčnosti pohybu a podpoře balančních schopností u zdravých lidí vyššího věku. Navíc, pokud je balanční trénink podpořen současným kognitivním tréninkem dochází, nejen k podpoře balančních schopností, ale i k podpoře provedení dvojího úkolu (z angl. dual-task, DT). Pod tímto pojmem si můžeme představit například stoj na jedné noze se současným prováděním výpočtu. Není to v běžném životě nic neobvyklého, protože situace, při které například jdeme a současně vedeme s někým konverzaci či telefonujeme se děje skoro každodenně (Hiyamizu et al., 2012, s. 62; Hofheinz, 2016, s. 2). Stejně tak byl fyzický trénink zaměřený na balanční schopnosti prokázán jako efektivní přístup pro podporu posturální kontroly a s tím související prevenci pádů i u mladých osob (Granacher et al., 2011, s. 304, 313; Sherrington et al., 2008, s. 2241). Bylo dokázáno, že fyzický trénink jedinců vyššího věku zaměřený na stimulaci posturální anticipace, pomocí házení a chytání předmětu, ovlivňuje zlepšení rovnováhy (Arghavani, Zolaktaf a Lenjannejadian, 2019, s. 12).

U imobilizovaných jedinců tato možnost tréninku není možná, a proto je nasnadě nefyzický balanční trénink pomocí MI a AO. Bylo prokázáno, že balanční trénink pomocí MI zlepšuje rovnováhu a chůzi u seniorů (Hamel a Lajoie, 2005, s. 226-227; Ladda, Lebon

a Lotze, 2021, s. 5-6; Nicholson, 2019, s. 203-206). Dále je možné představu pohybu využít ke stimulaci posturální anticipace, a proto je vhodná jako alternativa pro jedince, pro které opakování takovýchto činností nemusí být bezpečné nebo dosažitelné (Wider, 2022, s. 2454).

Většina balančních cvičení vyžaduje, aby pacienta někdo kontroloval, aby byla zajištěna pacientova bezpečnost. Trénink MI umožňuje bezpečnou a účinnou metodu pro zlepšení rovnováhy, aniž by pacient byl vystaven potenciálnímu riziku pádu během nácviku (Chiacchier et al., 2015, s. 160). Vhodnost terapie MI u starších jedinců dokládá i to, že je možné ho využít u pacientů v dekonkci, s omezenou nosností, nebo kardiopulmonálním omezením, protože není tolik fyzicky náročný.

Ruffino et al. (2019, s. 1381) prokázali benefity tréninku MI u starší populace. Výsledky vedou k závěru, že je možné využívat mentální trénink k udržení motorického výkonu dosaženého fyzickým cvičením. Tato metoda by mohla být alternativní metodou k prevenci zhoršení motoriky bez využití farmak. Studie Hilt et al. (2023, s. 11) rozšířila pole působnosti mentálního tréninku i na velmi staré pacienty (86±2 let) a ukázala, že i krátký trénink (~20 minut) imaginace zlepšuje výkon a podporuje proces motorické paměti, může tedy být alternativou či doplněním k tradičním rehabilitačním metodám.

## **8.2 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u starší populace**

Studie Hamel a Lajoie (2005, s. 226) dokázala, že denní trénink MI po dobu šesti týdnů vedl u starších jedinců k významnému snížení předozadních posturálních výchylek, u laterálních výchylek nebyly pozorovány žádné rozdíly, což pravděpodobně vyplývá z faktu, že tento parametr je obecně menší. Snížení předozadních oscilací vede ke zvýšení rovnováhy, což může starším jedincům pomáhat s předcházením pádů.

Chiacchiero et al. (2015, s. 160-163) dokázali, že trénink MI může zlepšit výkon testu dopředného funkčního dosahu u starší populace. Tento test je dobrým faktorem pro měření rizik pádu. Zvýšení skóre u tohoto testu předurčuje pacienty k většímu dosahu mimo jejich základnu, což napomáhá lepší rovnováze. Dále studie odhalila snížení posturálních výchylek, což napomáhá udržení těžiště v mezích stability, čímž se snižuje riziko pádu.

Kim et al. (2022, s. 1-12) v reakci na karanténní opatření kvůli koronaviru (SARS-Cov-2), vypracovali studii zaměřenou na starší populaci, která byla v tomto období v rámci ochranných opatření izolována. U těchto lidí tak docházelo nejen k poklesu fyzické aktivity, ale i k větším tendencím k sociálním úzkostem. Snížená pohybová aktivita tak vedla

ke zvýšenému riziku pádu a zranění. Výsledek studie naznačil, že virtuální realita a trénink MI pomáhají zlepšit rovnováhu a strach z pádu u izolovaných seniorů. Vzhledem k provázanosti VR a vizuálního feedbacku se ukázalo, že je v krátkodobém tréninkovém plánu VR efektivnější než MI.

Stejně tak i studie Goudarzian et al. (2017, s. 575-580) zkoumala MI v kombinaci s jinou technikou. V tomto případě šlo o vliv vibračního tréninku (z angl. whole body vibration, WBV) a MI na rovnováhu, neuromuskulární výkon a svalovou sílu u osob staršího věku. Výsledek studie odhalil výrazné zlepšení posturální stability a výkonnosti chůze v reakci na WBV a trénink pomocí představy. Došlo ke zlepšení posturální stability, TUG testu (z angl. timed up and go test – test sloužící k měření rizika pádu a pokroku dynamických balančních funkcí), tandemového testu na 6 metrů a chůze. Pokud však jedinci podstoupili obě metody dohromady, trénink neměl větší efekt než obě metody samostatně. K podobným výsledkům zlepšení TUG testu došla i studie Batson et al. (2007, s. 20) a Moshref-Razavi et al. (2017, s. 290). Spolu s TUG došlo i ke zlepšení na Bergově balanční škále, což dokládá zlepšení dynamické stability a rychlosti chůze.

Nicholson et al. (2019, s. 203-206) přináší systematický přehled, který dokládá, že MI zlepšuje mobilitu a rovnováhu u starších pacientů bez neurologického nálezu. Vzhledem k omezenému množství a kvalitě dostupných studií není zatím možné potvrdit, jsou-li benefity dostatečně velké a trvají-li dostatečně dlouho, aby byly považovány za užitečné.

Trénink rovnováhy by měl být primární intervencí pro seniory kvůli vysokému riziku pádů u této populace. Trénink motorických představ může být potenciálně účinným balančním zásahem jako podpora k fyzickému cvičení nebo možná i místo něj (Chiacchiero et al., 2015, s. 162). Přehled a výsledky diskutovaných studií se nachází v Tabulce č. 2 na s. 33.

### **8.3 Limity**

Ukázalo se tedy, že mentální trénink je vhodný i pro jedince staršího věku. Není tomu však bez omezení. Výzkumy naznačují, že schopnost představy pohybu s přibývajícím věkem klesá (Gabbard, 2015, s. 3). Mulder et al. (2007b, s. 208) ve své studii přišli na to, že s rostoucím věkem se zhoršuje schopnost kinestetické představy pohybu oproti vizuální.

Další veličinou, která ovlivňuje schopnost představy je strach z pádu. Grenier et al. (2018, s. 18, 19) provedli výzkum, který ukázal, že schopnost představy pohybu byla znatelně nižší u senioru, kteří uvedli strach z pádu, oproti seniorům, kteří strach z pádu neuvedli. Tyto



výsledky jsou podpořeny dřívější studií Sakurai et al. (2017, s. 724, 725), která demonstrovala, že senioři trpící strachem z pádu si nedokážou přesně představit svůj pohybový záměr a mají tendence přecenit svůj výkon. Studie naznačuje, že strach z pádu může být zprostředkován deficitem ve schopnosti představy chůze.

Odchyly ve výzkumu také mohou nastat kvůli nemožnosti vyloučit prospěch jedinců v experimentální skupině, z účasti na některé aktivitě nesouvisející s experimentem, která by mohla zkreslit výsledek studie (Chiacchiero et al., 2015, s. 162).

**Tabulka 2** Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů vyššího věku

studie	účastníci studie	metody	experimentální skupina	kontrolní skupina	výsledky studie	efekt na posturální stabilitu
Batson et al. (2007)	N = 6 věk: 60-80 let zdraví jedinci	MI	vstávání ze sedu na židli do stoje f = 20 min 2 x týdně 6 týdnů	vstávání ze sedu na židli do stoje f = 20 min 2x týdně 6 týdnů	zlepšení TUG a BBS	pozitivní
Goudarzian et al. (2017)	N = 42 věk = 68±5.78 let zdraví jedinci	WBV MI	WBV – stoj na vibrační plošině f = 3x týdně 8 týdnů MI – představa TUG testu a relaxace f = 10 min 3 x týdně 8 týdnů	žádný trénink, normální denní rutina	zlepšení posturální stability, TUG test, 6 m tandemového testu a chůze	pozitivní (bez efektu většího m tandemového testu při kombinaci technik)
Hamel a Lajoie (2005)	N= 20 věk = 60-90 let zdraví jedinci	MI	stoj na plošině f = 30 minut 7 x týdně 6 týdnů	žádný trénink, normální denní rutina	snížily se nároky na pozornost a posturální oscilace	pozitivní
Chiacchiero et al. (2015)	N = 20 věk = 65-95 let zdraví jedinci	MI	stoj a dosahové aktivity f = 20 minut 3x týdně 4 týdnů	účastníci byli instruováni, aby neposlouchali nahrávku MI	zlepšení dopředného funkčního dosahu, snížení posturální houpání a stoje na jedné noze	pozitivní
Kim et al. (2022)	N = 34 věk = 65 < let zdraví jedinci	VR MI	VR – Nintendo Wii-Fii trénink f = 30 min 3x týdně, 6 týdnů MI – přenos váhy f = 20 min 3x týdně, 6 týdnů	žádný trénink, normální denní rutina	zlepšení rovnováhy a strachu z pádu	pozitivní (efekt VR se ukázal jako větší)
Wilder et al. (2022)	N = 22 věk = 19-30 let N = 12 věk 65-89 let	MI	zvedání rukou do horizontální polohy ve stoji		zlepšení posturální anticipace	pozitivní

BBS = z angl. Berg Balance Scale, CG = kontrolní skupina, EG = experimentální skupina, f = frekvence tréninku, MI = představa pohybu, N = počet účastníků, TUG = z angl. Timed Up and Go test, VR = virtuální realita, WBV = stoj na vibrační plošině

## **9 Rehabilitace u ortopedických pacientů**

### **9.1 Pacienti po výměně kloubu**

Pacienti po operaci či úrazu jsou často fyzicky neaktivní, kvůli omezení fyzického cvičení. Tato imobilizace negativně ovlivňuje kardiovaskulární a plicní parametry. Dále vede ke zvýšení rizika pádu a poruchám hybnosti (Pišot, Marusic a Biolo, 2016, s. 922, 923).

Má se za to, že motorické poruchy, ke kterým během imobilizace dochází, jsou způsobeny změnami na kortikální úrovni. Tyto poruchy je možné pozorovat, protože se reprezentují redukcí kortikální motorické oblasti, která reprezentuje imobilizovanou oblast (Facchini et al., 2002, s. 372).

Dlouhodobá imobilizace a nečinnost po úrazu či operaci, může vést k závažným motorickým a kognitivním dysfunkcím, zejména u starších lidí, kteří jsou častěji náchylní k endoprotéze kyčelního kloubu, kvůli zvyšujícímu se počtu starších lidí trpících endoprotézou (Pišot, Marusic a Biolo, 2016, s. 922, 923; Reginster, Gillet a Gosset, 2001, s. 942, 943). Ukázalo se, že úbytek svalové hmoty a zhoršení motorických funkcí je u starších pacientů větší než u mladých jedinců. Srovnávací analýza období zotavení jednoznačně ukazuje, že starší jedinci mají větší potíže s obnovením podmínek před imobilizací než mladší. Právě proto je nutné, aby starší jedinci udržovali aktivní životní styl a vyhýbali se, nebo minimalizovali období nečinnosti či imobilizace (Pišot, Marusic a Biolo, 2016, s. 928).

#### **9.1.1 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po výměně kloubu**

Studie Temporiti et al. (2022, s. 1620-1622) poukázala na to, že pacienti před výkonem totální endoprotézy (TEP) kyčelního kloubu, kteří podstoupili MI a AO den před operací, vykazovali v prvních dnech po výměně menší funkční pokles než kontrolní skupina.

Marusic et al. (2018, s. 5-7) během dvouměsíční studie ověřili, že rehabilitace s přidruženým nefyzickým tréninkem, vedla k lepším výsledkům v oblastech kognitivní a funkční (TUG, rychlosti chůze, variability švihové fáze během DT) rehabilitace u pacientu po TEP kyčelního kloubu. Výsledek studie dokazuje, že kombinace AO a MI je účinnější než observace či představa pohybu samotná. Měření zaměřená na statický balanc nebyla mezi skupinami rozdílná, protože tato aktivita nepatřila do zvoleného tréninku. To dokazuje specifickou účinnost tréninku pomocí MI.

MI může představovat velmi dostupný nástroj pro optimalizaci rehabilitačního procesu, protože umožňuje zahájení rehabilitace už v rané fázi po operaci. Výsledky studií se nacházejí v Tabulce 3 na s. 36 (Marusic et al., 2018, s. 5-7).

## **9.2 Pacienti po amputaci**

Lidé, kteří podstoupili amputaci strádají nejen motoricky, ale i senzitivně. Se ztrátou motorické kontroly kotníku a kolene spolu s propioceptivními signály z těchto částí těla při transfemorální amputaci, se váží problémy s rovnováhou. Dalším aspektem, který ztěžuje podmínky pohybu u těchto pacientů je protéza, mnoho z pacientů se musí plně soustředit na každý krok, aby se vyhnuli pádu (Demirdel a Erbahçeci, 2020, s. 1675).

Rehabilitace, pro amputované jedince po operaci, je obecně založena na aktivitách zaměřených na posílení svalů a propioceptivních cvičeních, včetně úkolů v oblasti rovnováhy a kontroly držení těla ke zlepšení funkce chůze (Yiğiter et al., 2002, s. 213).

### **9.2.1 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po amputaci**

Případová studie Matalon et al. (2019, s. 8) zkoumala účinnost MI pro snížení fantomové bolesti, dosažení funkční chůze a podporu rovnováhy po transfemorální amputaci dolní končetiny. Výsledky po čtyřech týdnech ukázaly zlepšení při chůzi, balančních schopnostech, snížení tendence k pádům.

Tento pozitivní efekt MI na balanční schopnosti potvrzuje i studie Cunha et al. (2017, s. 9,10), která se zabývala MI v kombinaci s tréninkem chůze. Tento trénink umožnil jedincům s transtibiální amputací obnovit nezávislou lokomoci. Jednalo se o trénink MI založený na funkčních úlohách orientovaných na chůzi. Po tréninku trvajícím jeden měsíc došlo ke zlepšení výkonnosti při chůzi, snížení asymetrie zatížení, zlepšení absorpce nárazu, propulzní kapacity a rovnováhy protetické končetiny během opory. Zlepšení balanční kontroly a propiocepce protetické končetiny vede k lepšímu zvládnutí a předcházení chybným polohám končetiny (jako je abdukce, addukce), což zvyšuje stabilitu.

Jak již bylo v této práci mnohokrát zmíněno, MI přináší pokroky v klinickém aspektu rehabilitace chůze, pokud je zahrnuta do tréninkového programu. Funkčně orientovaný trénink MI, jako doplňková intervence pro rehabilitaci u jedinců po amputaci dolní končetiny, by proto mohl být užitečný v klinické praxi ke zlepšení a kontrole chůze (viz Tabulka 3, s. 36) (Cunha et al., 2017, s. 9).

### 9.3 Limity studií u ortopedických pacientů

Studie Malouin, Richards a Durand (2009, s. 459-461) ukázala, že jedinci po amputaci nebo dlouhodobé imobilizaci prokazují nižší výkonnost motorické představy specifickou pro postiženou končetinu. Výsledky této studie naznačují, že schopnost generovat představu pohybu může být specificky ovlivněna ztrátou končetiny nebo jejím dočasným nepoužíváním při imobilizaci. Stejná studie odhalila, že úroveň živosti motorické představy se zvyšuje s nástupem chůze s protézou, to naznačuje, že použití protézy pomáhá udržovat mentální reprezentaci chybějící končetiny. Co se imobilizovaných končetin týká, byla prokázána silná korelace mezi živostí představy imobilizované končetiny a délkou trvání imobilizace. Na druhou stranu dochází ke zlepšení živosti MI neimobilizované končetiny, kvůli zvýšenému používání. Závěrem tedy zůstává, že mentální reprezentace určité akce je přizpůsobitelná procvičováním představy a motorickou aktivitou.

U jedinců po amputaci nenacházíme rozdílné reakce na vizuální a kinestetickou představu, což je u zdravých jedinců naopak. Jedná se pravděpodobně o důsledek senzomotorické reorganizace, ale je třeba provedení dalších výzkumů pro osvětlení této problematiky (Malouin, Richards a Durand, 2009, s. 459-461).

**Tabulka 3** Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a ortopedických pacientů.

studie	účastníci studie	metody	experimentální skupina	kontrolní skupina	výsledky studie	efekt na posturální stabilitu
Cunha et al. (2017)	N = 15 (EG - 10, CG - 5) pacienti s amputací	MI	MI – funkční trénink chůze f = 40 min, 3x týdně, 4 týdny + fyzický trénink chůze	MI – trénink chůze f = 40 min, 3x týdně, 4 týdny	zlepšení chůze a balanční kontroly	pozitivní
Marusis et al. (2018)	N = 21 (EG - 10, CG - 11) věk = 63-64 let. pacienti po TEP KYK	AO, MI	AO + MI lokomoce f = 30 min, 3x týdně, 2 měsíce	žádná aktivita	TUG – zlepšení, chůze, chůze + DT – snížení posturální nestability.	pozitivní
Matalon et al. (2021)	N = 1 věk = 71 let pacientka s amputací	MI	MI – chůze, rovnováha, dosahové aktivity f = 3x týdně, 4 týdny	bez CG	TUG – zlepšení, ABC – zlepšení, SFBBS – zlepšení	pozitivní
Temporiti et al. (2022)	N = 8 pacienti po TEP KYK	AO, MI	AO + MI f = 2x12 min – předoperační den	žádná aktivita	TUG – zlepšení oproti CG 4. den po operaci	pozitivní

ABC = z angl. Activities-Specific Balance Confidence Scale, AO = akční observace, CG = kontrolní skupina, DT = terapie s využitím dvojího úkolu, EG = experimentální skupina, f = frekvence tréninku, EG = experimentální skupina, MI = představa pohybu, N = počet účastníků, SFBBS = z angl. Short Form Berg Balance Scale, TEP = totální endoprotéza, TUG = z angl. Timed Up and Go test,

## **10 Rehabilitace u neurologických pacientů**

### **10.1 Pacienti po cévní mozkové příhodě**

#### **10.1.1 Cévní mozková příhoda a její konsekvence**

Cévní mozkové příhody (CMP) s sebou mohou nést motorické, senzitivní, kognitivní a psychologické poruchy nebo jejich kombinaci (Kho, Liu a Chung, 2014, s. 38). Pacienti po CMP se často potýkají se sníženou schopností rovnováhy, kompenzačními pohyby při chůzi, dále problémy s vykonáváním každodenních činností a celkově zhoršenou kvalitou života. Se sníženou schopností rovnováhy se váží problémy s pády a s tím spojená zranění. Proto je rehabilitace tohoto odvětví zaměřená v konečném důsledku na zlepšení motorických dovedností, rovnováhy a funkčního stavu pacienta (Niam et al., 1999, s. 1232; Li et al., 2017, s. 76).

Při tréninku MI mohou pacienti po CMP s omezenou pohyblivostí aktivovat mozkové okruhy představovaných pohybů a navodit tak aktivitu (Jackson et al., 2004, s. 110). V oblasti tréninku MI u pacientů po CMP byly prováděny různé výzkumy, zaměřující se na chůzi (Silva et al., 2020, s. 19), zlepšení funkce horních končetin (Liu et al., 2014, s. 7, 8) a změny aktivace mozku (Lee et al., 2015, s. 2). Dále rozebírané studie se zabývají implementací tréninku představou pohybu pro zlepšení posturální stability, jejich sumarizace se nachází v Tabulce č. 4 na s. 39.

#### **10.1.2 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů po CMP**

Studie Cho, Kim a Lee (2013, s. 676-680) se zabývala aplikací tréninku imaginací u 28 pacientů po CMP. Výsledky studie ukázaly, že spojení tréninku imaginace a fyzického tréninku chůze, mělo pro podporu rovnováhy a zlepšení chůze větší efekt než samotný fyzický trénink chůze. K velmi pozitivním závěrům došla studie Hwang et al. (2010, s. 519-521), která pomocí tréninku MI v kombinaci s video záznamem a fyzickým tréninkem podpořila trénink chůze a balančních funkcí u pacientů po CMP v chronickém stádiu. Studie svědčí o tom, že došlo ke zlepšení balanční sebedůvěry, posturální kontroly, dynamické rovnováhy a chůze v různých podmínkách v porovnání s kontrolní skupinou. Stejně tak i studie Dickstein et al. (2013, s. 2123, 2124) byla zaměřena na chůzi u pacientů po CMP v chronickém stádiu. Bylo potvrzeno zlepšení chůze po tréninku MI, studie se dále zabývala parametrem FESS (z angl. fall-related self-efficacy scale), jedná se o test zabývající se tím,

jak subjekt vnímá sebedůvěru při vyhýbání se pádům, během nezbytných denních činností (Tinetti, Richman a Powell, 1993, s. 36). Ve studii sice došlo ke zlepšení parametru FESS, ale k podobnému zlepšení došlo i v kontrolní skupině, proto výsledek nemá dostatečnou výpovědní hodnotu.

Kombinací propioceptivního tréninku a tréninku MI ve studii Lee et al. (2015, s. 4) došlo ke snížení posturální nestability u pacientů, kteří prodělali CMP. Dále studie ukazuje na výrazné zlepšení souměrnosti zatížení na postižené a nepostižené straně. To naznačuje zlepšení posturální symetrie a propiocepce. Tyto výsledky korelují s výsledky předchozích studií a naznačují, že MI je možné použít pro zlepšení balančních schopností jedince po CMP.

Studie Bae et al. (2015, s. 3246, 3247) se zaměřila na subakutní stádium u pacientů po CMP a došla k závěrům, že fyzický balanční trénink obohacený o MI vede k významnému zlepšení, které je větší než samotný balanční trénink ve zlepšení rovnováhy a schopností chůze u pacientů v subakutním stádiu po CMP. Nebyl však nalezen žádný významný rozdíl ve skóre BBS, bylo tomu tak pravděpodobně kvůli krátkému trvání výzkumu.

Přidání tréninku imaginace k tréninku chůze u pacientů po CMP vedlo k větší podpoře rovnováhy a chůze, než samotný trénink chůze (Cho, Kim a Lee, 2013, s. 680).

### **10.1.3 Limity**

Guerra et al. (2017, s. 213) přináší metaanalýzu studií, ve které se zaměřují na využití MI pro zlepšení stavu osob po CMP. Metaanalýza ukázala vysokou heterogenitu mezi studiemi, pokud jde o protokoly i dobu intervence. Většina studií zahrnutých do systematického přehledu prokázala přínos MI, i když s velkým podílem studií nízké kvality, jednalo se hlavně o studie zaměřené na podporu balančních schopností.

Dalším limitem studií je malý vzorek pacientů (Bae et al., 2015, s. 3247). Cho, Kim a Lee (2013, s. 679-680), uvádí že i přesto, že byl zjištěn statisticky významný rozdíl, nedá se vzhledem k velikosti vzorku vyloučit, nejednalo-li se o náhodu.

Existuje několik studií, které se zaměřují na pacienty v subakutním (Bae et al., 2015, s. 3247), či chronickém stádiu (Cho, Kim a Lee, 2013, s. 676-680), efekt MI u pacientů po CMP v akutním stádiu však zůstává neprozkoumán. Dále je třeba podrobit výzkumu, jak dlouho přetrvává efekt tréninku pomocí imaginace a standardizovat protokol, který by určil vhodný čas a frekvence aplikace MI a náplně tréninku s využitím této metody (Bae et al., 2015, s. 3247; Cho, Kim a Lee, 2013, s. 679-680).

**Tabulka 4** Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů po CMP.

studie	účastníci studie	metody	experimentální skupina	kontrolní skupina	výsledky studie	efekt na posturální stabilitu
Bae et al. (2015)	N = 20 (EG - 15, CG - 13) subakutní pacienti po CMP	MI	balanční trénink (20 min denně) + MI 10 min, f = 3x týdně, 4týdny	balanční trénink f = 20 min denně	BBS – zlepšení, TUG – zlepšení, FRT – zlepšení, FSST – zlepšení	pozitivní
Dickstein et al. (2013)	N = 25 (EG - 13, CG - 12) věk = 60-80 let chroničtí pacienti po CMP	MI	MI chůze f= 15 min, 3x týdně, 4 týdny	fyzický trénink f = 15 min, 3x týdně, 4 týdny	chůze na 10 m – zlepšení, FESS – zlepšení,	pro zhodnocení byly výsledky nedostatečné
Hwang et al. (2010)	N = 24 (EG - 13, CG - 11) chroničtí pacienti po CMP	MI, AO	MI, AO f = 5x týdně, 4 týdny		ABC – zlepšení, BBC – zlepšení, sebedůvěra při rovnovážných úkolech – zlepšení, post. kontrola – zlepšení, dyn. rovnováha – zlepšení	pozitivní
Cho et al. (2012)	N = 28 (EG - 15, CG - 13) chroničtí pacienti po CMP	MI	MI (15 min) + fyzický trénink chůze (30 min). f = 45 min, 3xtýdně,	trénink chůze f = 30 min, 3xtýdně	FRT – zlepšení, TUG – zlepšení, chůze na 10 m – zlepšení	pozitivní
Lee et al. 2015	N = 36 (EG - 18, CG - 18) pacienti po CMP	MI, PT	MI (5mi) + PT (25 min) f = 5 týdně, 8 týdnů	PT (30 min) f = 5 týdně, 8 týdnů	BBS – zlepšení, TUG – zlepšení	pozitivní

ABC = z angl. Activites-Specific Balance Confidence Scale, AO = aktivní observace, BBS = z angl. Berg Balance Scale; CG = kontrolní skupina, EG = experimentální skupina, f = frekvence tréninku, FESS = z angl. fall-related self-efficacy scale, FRT = z angl. Functional Reach Test, FSST = z angl. Four Square Step Test, MI = představa pohybu, N = počet účastníků, PT = proprioceptivní trénink, TUG = z angl. Timed Up and Go test

## 10.2 Pacienti s Parkinsonovou chorobou

### 10.2.1 Parkinsonova choroba a její konsekvence

Parkinsonova choroba (z angl. Parkinson's disease) je jedno z nejčastějších neurologických onemocnění na světě, je charakterizováno rozpadem buněk v *substantia nigra*, tedy v oblasti mozku, která je zodpovědná za plánování a kontrolu tělesných pohybů (Singer et al. 2022, s. 2). Při rehabilitační léčbě toho onemocnění patří mezi největší výzvy porucha rovnováhy a chůze. Je tomu tak dáno hlavně kvůli nedostatečnosti anticipačních posturálních manévrů a kompenzačních manévrů. Další příčinou jsou senzomotorické deficity jako je narušení citlivosti na pohyb, změněná kinestezie a orientace v prostoru (Abraham et al., 2021, s. 2).

Deficity, které s sebou přináší PD, ovlivňují aferentní senzorké vstupy a jejich zpracování v CNS, také mohou ovlivňovat správné vyhodnocování vnitřních proprioceptivních stimulů a zpětné vazby. Posturální stabilita a kontrola rovnováhy je narušena kvůli této senzomotorické dysfunkci. Mezi charakteristiky deficitu rovnováhy u pacientů s PD patří zhoršení oporné báze, rigidita, abnormální mezisegmentová koordinace a posturální malignace (Abraham et al., 2021, s. 2). Při chůzi dochází ke zpomalení, zkrácení kroku, zhoršení rytmičnosti, nedostatečnosti exekuce pohybu, freezingu. Souhrn těchto změn chůze je predilekcí k pádu (Bezerra et al., 2022, s. 715, 716).

Riziko pádu rozebírá Wood (2002, s. 724) ve studii, která zjistila, že kolem 68 % pacientů s PD zažilo jeden pád a 50,5 % zažilo alespoň dva pády během jednoho roku.

### **10.2.3 Využití představy pohybu pro zlepšení posturální stability u pacientů s PD**

Abraham et al. (2021, s. 4) zdůrazňují vhodnost využití MI pro PD, protože trénink představou pohybu je možné využít i při omezené fyzické pohyblivosti, například v pokročilých stádiích PD.

Mentální trénink může být pro trénink rovnováhy prospěšný jak z pohledu psychologických parametrů, jako je sebevědomí, pozornost a efektivnost, tak i z pohledu ovlivnění motorických parametrů, jako je těžiště, báze opory a centrální osa (Abraham et al., 2021, s. 6).

Studie Bezerra et al. (2022, s. 720, 721) zabývající se efektem MI, AO a fyzickým tréninkem chůze na freezing a balanci chůze u pacientu s PD, neodhalila větší efekt než při fyzickém tréninku samotném. Ačkoli v této studii nebyly pozitivní výsledky působení AO a MI na PD pacientech zjištěny, tento přístup stále není dokonale probádaný a čeká na prověření, zdali tyto výsledky souvisí s hodnotícími parametry, časem či intenzitou AO a MI tréninku. K opačným výsledkům došla studie Pelosin et al. (2010, s. 751), které se podařilo dokázat, že při kombinaci AO a fyzického tréninku je možné pozitivně ovlivnit freezing u pacientů s PD.

Stejně tak Braun et al. (2011, s. 33) uvádí, že rovnovážná funkce u pacientů s Parkinsonovou nemocí se po tréninku MI nezlepšila. A to i přesto, že pacienti s Parkinsonovou chorobou nevykazují žádné kognitivní poruchy. Proto předpokládá, že na kontrole kognice a provádění tréninku MI se mohou podílet bazální ganglia (Li et al., 2017, s. 81). Studie Tamir, Dickstein a Huberman (2007, s. 74, 75) potvrdila pozitivní účinek MI na snížení bradykineze. Přestože tato studie byla zaměřena i na testování balančních funkcí, výsledky měly malou výpovědní hodnotu.



Naopak případová studie Zangrando et al. (2015, s. 3), zkoumala efekt MI, u pacientky (50 let), na balanční funkce a bolest dolních končetin. Po třítydenním tréninku s frekvencí dvakrát za týden došlo ke zlepšení posturální stability a ke změně vnímání bolesti.

Sarasso et al. (2021, s. 2569-2581) se zaměřili na vykonávání DT tréninku rovnováhy a chůze u pacientů s PD pomocí AO a MI. Po šesti týdnech tréninku došlo u pacientů ke zlepšení, což koreluje s vysvětlením, že DT trénink vede u těchto pacientů ke zlepšení automatizace a účinnější integrace mozkové sítě, což vede k rychlejší chůzi a větší stabilitě. Zdá se, že tyto techniky (AO, MI a DT trénink) stimulují aktivaci mozkových oblastí zodpovědných za funkce související s výkonem a pozorností, které jsou obvykle u pacientů s PD postiženy. Tento výzkum ukázal, že jak DT trénink, tak DT trénink ve spojitosti s AO a MI jsou efektivními nástroji pro rehabilitaci chůze a schopnosti rovnováhy u pacientů s Parkinsonovou chorobou.

Studie Kashif et al. (2022, s. 10-12) jako první zkoumala vztah a účinky fyzického cvičení, VR a MI u pacientů s PD. Tato kombinovaná terapie dle výsledků studie vedla ke zlepšení motorických funkcí, rovnováhy a sebedůvěry při balančních úkonech, to vedlo k celkovému zlepšení výkonu ADL (z angl. activities of daily living). Výsledky byla patrné po šesti týdnech, a pokračovaly v progresi i po dvanácti týdnech. Ačkoliv přesný mechanismus fungování není objasněn, pravděpodobně se jedná o účinek zvýšené externí zpětné vazby, což vedlo ke zlepšení motorických dovedností a balančních funkcí. Studie ukázala, že kombinace MI a VR je účinnější než využití samotného fyzického cvičení. Vzhledem k povaze VR je limitem této metody to, že není možné ji využít u pacientů, kteří trpí zrakovým postižením. Pro lepší představu VR se v Příloze 1 na s. 66 nacházejí příklady her, využívaných pro rehabilitaci posturální stability.

U jedinců s PD je schopnost aplikovat MI kontroverzní, a to se týká i výzkumu, který se zabývá posturální stabilitou. Rozšíření tréninku posturální stability o neurorehabilitační metodu MI případně AO u jedinců s PD zatím nedosahuje konzistentních výsledků. Tento přístup však stále může mít potenciál, aby byl zahrnut do léčby PD. Studií zabývajících se tímto tématem není mnoho, diskutované studie jsou blíže rozepsány v Tabulce č. 5 na s. 43 (Bezerra et al., 2022, s. 721; Dickstein a Deutsch, 2007, s. 944).

#### **10.2.4 Limity**

Studie Yáguez et al. (1999, s. 125, 126) se zaměřila na vztah zapojení bazálních ganglií a účinnosti MI. Výsledky ukázaly, že trénink imaginace u pacientů s PD nevedl k žádnému významnému zlepšení. Dále měli pacienti s PD větší potíže s vizuální představou.

Předpokládá se, že dopaminergní vstup do bazálních ganglií hraje důležitou roli v převodu motorických reprezentací do motorického výkonu. Kromě toho mohou tyto deficity u pacientů s PD souviset i s jejich omezením pozornosti a s obtížemi při používání prediktivních motorických strategií.

Další proměnou, která může ovlivňovat MI u osob s PD jsou individuální rozdíly v projevech nemoci, tedy rozdílnost symptomů a jejich závažnost. Studie Readman et al. (2022, s. 182, 188) analyzovala vliv závažnosti symptomů, třesu a bradykineze na živost MI u jedinců s mírnou až střední formou PD. Výsledky naznačují, že živost byla větší u vizuální MI. MI byla také živější na dominantní straně těla. Z toho lze vyvodit, že MI se může lišit mezi různými tělesnými částmi a v souladu s rozdíly v symptomatologii. Proto by tyto rozdíly měly být brány v úvahu při navrhování terapií pomocí MI u pacientů s PD.

Výzkum ukázal, že ne všichni účastníci studií s CMP nebo s PD mají prospěch s MI, tyto jedince zatím výzkum není schopen jednoznačně detekovat (Braun et al., 2013, s. 20).

Největším problémem výzkumu mentální praxe je nedostatek shody a jednoznačnosti v definici a pojetí této intervence. Velká heterogenita intervenčních protokolů a výsledků znemožňuje celkové srovnání a vytvoření jasného závěru (Braun et al., 2013, s. 20).

**Tabulka 5** Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů s PD.

studie	účastníci studie	metody	experimentální skupina	kontrolní skupina	výsledky studie	efekt na posturální stabilitu
Bezerra et al. (2022)	N = 39 věk = 45-75 let (EG = 21, CG = 18) pacienti s PD	MI, AO	AO + MI + fyzický trénink chůze f = 12 terap. jednotek	edukační video + fyzický trénink chůze	nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi skupinami	negativní
Braun et al. (2011)	N = 47 (CG = 22, EG 25) pacienti s PD	MI	rehabilitační léčba + MI	rehabilitační léčba + relaxace	nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi skupinami	negativní
Kashif et al. (2022)	N = 44 věk = 50-80 let (EG = 22, CG = 22) pacienti s PD	MI, VR	fyzický trénink (40 min), VR (10-15 min) a MI (5-10 min) f = 60 min, 3x týdně, 12 týdnů	fyzický trénink (40 min) – strečink, posilování, relaxace, koordináční cvičení a trénink chůze + trénink chůze a trénink na rotopedu (20 min) f = 60 min, 3x týdně, 12 týdnů	zlepšení rovnovážných funkcí, zlepšení ADL, zlepšení motorických funkcí	pozitivní
Sarasso et al. (2021)	N = 25 pacienti s PD	AO, MI	DT + AO + MI – balanční trénink a trénink chůze f = 6 týdnů	DT – balanční trénink a trénink chůze f = 6 týdnů	TUG, zlepšení balance a chůze a dlouhodobější trvání výsledků u EG	pozitivní
Tamir et al. (2007)	N = 23 (CG = 11, EG 12) pacienti s PD	MI	MI + fyzická praxe (kalistenika 15-20 min, funkční trénink 15-20 min, relaxační cvičení 15-20 min, 2x týdně, 12 týdnů) f = 60 min, 2x týdně, 12 týdnů	fyzická praxe (kalistenika 15-20 min, funkční trénink 15-20 min, relaxační cvičení 15-20 min, 2 x týdně, 12 týdnů) f = 60 min, 2x týdně, 12 týdnů	tandemový stoj – pro zlepšení, funkční dopředný dosah – bez rozdílu mezi skupinami, externí vychýlení rovnováhy – větší zlepšení v EG, TUG	pro zhodnocení byly výsledky nedostatečné
Zangrando et al. (2015)	N = 1 věk = 50 let pacientka s PD	MI	MI – tranzice ze sedu do stoje, stoj, krok, chůze f = 60 min, 2x týdně, 3 měsíce		zlepšení balance a tendence k pádu (tenetti balance, Gait Evaluation scale)	pozitivní

ABC = z angl. Activites-Specific Balance Confidence Scale, ADL = aktivity běžného života, AO = akční observace, CG = kontrolní skupina, DT = terapie s využitím dvojího úkolu, EG = experimentální skupina, f = frekvence tréninku, MI = představa pohybu, N = počet účastníků, PD = Parkinsonova choroba, SFBBS = z angl. Short Form Berg Balance Scale, TUG = z angl. Timed Up and Go test, VR = virtuální realita

## Závěr

Napříč studiemi se objevuje, že představa pohybu je schopna reprodukce procesů začleněných v motorické přípravě a provedení pohybu. Během MI dochází k aktivaci oblastí v mozku důležitých pro kontrolu rovnováhy, což se projevuje zlepšením posturální kontroly. Mozková aktivita naznačuje, že čím náročnější je balanční úkol, tím je aktivace těchto mozkových oblastí intenzivnější.

Bylo prokázáno zlepšení anticipačních posturálních uprav, dále snížení posturálních výchylek, díky čemuž dochází k podpoře stability. Dále bylo demonstrováno, že MI může být užitečná i v nestabilním a nepředvídatelném prostředí.

Představa pohybu je slibná intervence pro zlepšení posturální stability v rehabilitaci. Mezi parametry, které velmi podporují její využitelnost patří materiální nenáročnost, dostupnost, možnost aplikace i u jedinců s kontraindikovanou zátěží či při dlouhodobé imobilizaci. Velkou výhodou je také kombinovatelnost s ostatními metodami, jako je například AO, či VR, jelikož se jedná o metody, které jak se zdá, podporují efektivitu MI.

MI není pro každého a je třeba brát na zřetel i limity této metody. Mezi hlavní problémy patří nemožnost kontrolovat, co si jedinec představuje, dále je nutné zvážit, zdali je jedinec představy schopen, velkou roli hraje i únava, motivace, úzkost, kongruentní poloha, náročnost a komplexnost úkolu, či zdali je jedinec úkol motoricky známý.

Výsledky dosavadních studií ukázaly, že dochází ke zlepšení statistických dat u jedinců vyššího věku, kde je počet studií nejrozsáhlejší. Studie naznačují že je MI vhodným doplňkem k fyzickému tréninku.

Studie týkající se jedinců s ortopedickou problematikou jsou velmi početně omezené. Přesto však zmíněné výsledky podporují užitečnost MI u pacientů jako prevenci změn při dlouhodobé imobilizaci a při rozvoji balančních funkcí.

Výzkumy se dále věnují i jedincům s neurologickou diagnózou. K převážně pozitivním výsledkům se dobírají studie na pacientech, kteří prodělali CMP, které dokazují, že přidáním MI k tréninku chůze se rehabilitace může dopracovat k lepším výsledkům než bez ní. Studie na pacientech s PD se ve výsledcích velmi různí, avšak i přesto, nebo spíše právě proto, je nesmírně důležitý další výzkum této problematiky.

Hlavním nedostatkem této bakalářské práce je nízký počet studií, které se zaměřují na představu pohybu ve vztahu k posturální stabilitě, proto je třeba, aby budoucí výzkum rozšířil tyto poznatky. Kromě toho je třeba, aby budoucí výzkum objasnil dávku a vhodnou

délku trvání této intervence, jelikož velká heterogenita a nejednoznačnost výsledků ztěžuje porovnávání studií.

Jak se zdá, představa pohybu je nevyčerpatelný nástroj, který nás nestojí víc než trochu mentálního úsilí a skýtá ještě mnoho prostoru k ke studiu.

## Referenční seznam

ABRAHAM, A., DUNCAN, R. P., EARHART, G. M. 2021. The Role of Mental Imagery in Parkinson's Disease Rehabilitation. *Brain Sciences* [online]. 11(2), 1-14, [cit. 2023-04-27]. ISSN 2076-3425. Dostupné z: doi:10.3390/brainsci11020185.

ALBERTS, J., HIRSCH, J., KOOP M., SCHINDLER, D., KANA, D., LINDER, S., CAMPBELL, S. a THOTA, A. 2015. Using Accelerometer and Gyroscopic Measures to Quantify Postural Stability. *Journal of Athletic Training* [online]. 50(6), 578-588, [cit. 2023-03-26]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-50.2.01.

ALMULLA, L., AL-NAIB, I., ATEEQ, I. S., ALTHOBAITI, M., CIKAJLO, I. 2022. Observation and motor imagery balance tasks evaluation: An fNIRS feasibility study. *PLOS ONE* [online]. 17(3), 1-16, [cit. 2023-04-01]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0265898.

ARGHAVANI, H., ZOLAKTAF, V., LENJANNEJADIAN, S. 2019. Is Anticipatory Postural Adjustments Focused Training Effective for Fall Prevention and Quality of Life in the Elderly?. *Journal of clinical and diagnostic research* [online]. 13(8), 1-13, [cit. 2023-04-07]. ISSN 2249782X. Dostupné z: doi:10.7860/JCDR/2019/41809.13049.

AVANZINO, L., BASSOLINO, M., POZZO, T., BOVE, M. 2011. Use-Dependent Hemispheric Balance. *The Journal of Neuroscience*[online]. 31(9), 3423-3428, [cit. 2023-04-30]. ISSN 0270-6474. Dostupné z: doi:10.1523/JNEUROSCI.4893-10.2011.

BAE, Y., KO, Y., HA, H., AHN, S. Y., LEE W., LEE, S. M. 2015. An efficacy study on improving balance and gait in subacute stroke patients by balance training with additional motor imagery: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*[online]. 27(10), 3245-3248, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.3245.

BAKKER, F., BOSCHER, M. a CHUNG, T. 1996. Changes in Muscular Activity while Imagining Weight Lifting Using Stimulus or Response Propositions. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 18(3), 313-324, [cit. 2023-03-27]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.18.3.313.

BATSON, G., FELTMAN, R., MCBRIDE C., a WARING, J. 2007. Effect of Mental Practice Combined with Physical Practice on Balance in the Community-Dwelling Elderly. *Activities*,

*Adaptation & Aging* [online]. 31(2), 1-18, [cit. 2023-04-16]. ISSN 0192-4788. Dostupné z: doi:10.1300/J016v31n02\_01.

BEZERRA, P. T., SANTIAGO, L. M., SILVA, I. A., SOUZA, A. A., PEGADO, C. L., DAMASCENA C. M., RIBEIRO T. S., LINDQUIST A. R. 2022. Action observation and motor imagery have no effect on balance and freezing of gait in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 58(5), 715-722, [cit. 2023-04-09]. ISSN 19739087. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.22.07313-0.

BRAUN, S., BEURSKENS, A., KLEYNEN, M., SCHOLS, J., WADE, D. 2011. Rehabilitation with mental practice has similar effects on mobility as rehabilitation with relaxation in people with Parkinson's disease: a multicentre randomised trial. *Journal of Physiotherapy* [online]. 57(1), 27-34, [cit. 2023-04-27]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/S1836-9553(11)70004-2.

BRAUN, S., KLEYNEN, M., VAN HEEL, T., KRUTHOF, N., WADE, D., BEURSKENS, A. 2013. The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 7, 1-23, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2013.00390.

CALIGIORE, D., MUSTILE, M., SPALLETTA, G., BALDASSARRE, G. 2017, Action observation and motor imagery for rehabilitation in Parkinson's disease: A systematic review and an integrative hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. 72, 210-222, [cit. 2023-01-13]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2016.11.005.

COLLET, Ch., DI RIENZO, F., EL HOYEK, N. a GUILLOT, A. 2013. Autonomic nervous system correlates in movement observation and motor imagery. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 7, 1-17, [cit. 2023-03-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2013.00415.

COLLET, Ch., GUILLOT, A., LEBON, F., MACINTYRE, T., MORAN, A. 2011. Measuring Motor Imagery Using Psychometric, Behavioral, and Psychophysiological Tools. *Exercise and Sport Sciences Reviews* [online]. 39(2), 85-92, [cit. 2023-03-25]. ISSN 0091-6331. Dostupné z: doi:10.1097/JES.0b013e31820ac5e0.

CUĚ, M., DUNCAN, A., WIKSTROM, E. 2016. Comparative Effects of Different Balance-Training–Progression Styles on Postural Control and Ankle Force Production: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Athletic Training* [online]. 51(2), 101-110, [cit. 2023-03-06]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-51.2.08.

CUNHA, R. G., DA-SILVA, P. J. G., DOS SANTOS COUTO PAZ, C. D., DA SILVA FERREIRA, A. C., TIERRA-CRIOLLO, C. J. 2017. Influence of functional task-oriented mental practice on the gait of transtibial amputees: a randomized, clinical trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 14(1), 1-10, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/s12984-017-0238-x.

DECETY, J., JEANNEROD, M., DUROZARD, D., BAVEREL, G. 1993. Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions in man. *The Journal of Physiology* [online]. 461(1), 549-563, [cit. 2023-04-29]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.1993.sp019528.

DEMIRDEL, S., ERBAHÇECI, F. 2020. Investigation of the Effects of Dual-Task Balance Training on Gait and Balance in Transfemoral Amputees: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 101(10), 1675-1682, [cit. 2023-04-12]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2020.06.009.

DI RIENZO, F., JOASSY, P., FERREIRA DIAS KANTHACK, T., MONCEL, F., MERCIER, Q., COLLET, Ch. a GUILLOT, A. 2022. Stabilometric Correlates of Motor and Motor Imagery Expertise. *Frontiers in Human Neuroscience*[online]. 15, 1-13, [cit. 2023-03-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2021.741709.

DICKSTEIN, R., DEUTSCH, J. E., YOELI, Y., KAFRI, M., FALASH, F., DUNSKY, A., ESHET, A., ALEXANDER, N. 2013. Effects of Integrated Motor Imagery Practice on Gait of Individuals With Chronic Stroke: A Half-Crossover Randomized Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 94(11), 2119-2125, [cit. 2023-04-21]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2013.06.031.

DICKSTEIN, R., DEUTSCH, J.E. 2007. Motor Imagery in Physical Therapist Practice, *Physical Therapy*. [online]. 87(7), 942–953, [cit. 2022-12-1]. ISSN: 1538-6724. Dostupné z: doi.:10.2522/ptj.20060331.



DYLEVSKÝ, I., 2007. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada. 2007; s. 182. ISBN 978-80-247-1649-7.

EAVES, D. L., BEHMER, L.P., VOGT, S. 2016. EEG and behavioural correlates of different forms of motor imagery during action observation in rhythmical actions. *Brain and Cognition* [online]. 106, 90-103, [cit. 2023-04-30]. ISSN 02782626. Dostupné z: doi:10.1016/j.bandc.2016.04.013.

EHRSSON, H. H., GEYER, S., NAITO, E. 2003. Imagery of Voluntary Movement of Fingers, Toes, and Tongue Activates Corresponding Body-Part-Specific Motor Representations. *Journal of Neurophysiology* [online]. 90(5), 3304-3316, [cit. 2023-04-29]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.01113.2002.

FACCHINI, S., ROMANI, M., TINAZZI M., AGLIOTI, S. M. 2002. Time-related changes of excitability of the human motor system contingent upon immobilisation of the ring and little fingers. *Clinical Neurophysiology* [online]. 113(3), 367-375, [cit. 2023-04-19]. ISSN 13882457. Dostupné z: doi:10.1016/S1388-2457(02)00009-3.

GABBARD, C. 2015. The potential of motor imagery training in fall prevention among the elderly. In GARCIA, B. M. (eds.), *Motor imagery: Emerging practices, role in physical therapy and clinical implications*. Nova Science Publishers [online]. 1-9, [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/275520727\\_The\\_potential\\_of\\_motor\\_imagery\\_training\\_in\\_fall\\_prevention\\_among\\_the\\_elderly/link/55fc19e008aeafc8ac42c120/download](https://www.researchgate.net/publication/275520727_The_potential_of_motor_imagery_training_in_fall_prevention_among_the_elderly/link/55fc19e008aeafc8ac42c120/download).

GOUDARZIAN, M., GHAVI, S., SHARIAT, A., SHIRVANI, H., RAHIMI, M. 2017. Effects of whole body vibration training and mental training on mobility, neuromuscular performance, and muscle strength in older men. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. 13(5), 573-580, [cit. 2023-04-16]. ISSN 2288-176X. Dostupné z: doi:10.12965/jer.1735024.512.

GRANACHER, U., MUEHLBAUER, T., GOLLHOFER, A., KRESSIG, R. W., ZAHNER, L., 2011. An Intergenerational Approach in the Promotion of Balance and Strength for Fall Prevention – A Mini-Review. *Gerontology* [online]. 57(4), 304-315, [cit. 2023-04-06]. ISSN 0304-324X. Dostupné z: doi:10.1159/000320250.

GRANGEON, M., GUILLOT, A., COLLET, C. 2011. Postural Control During Visual and Kinesthetic Motor Imagery. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. [online]. 36(1), 47-56, [cit. 2022-12-20]. ISSN: 1573-3270. Dostupné z: doi: 10.1007/s10484-011-9145-2.

GRENIER, S., RICHARD-DEVANTOY, S., NADEAU, A., PAYETTE, M., BENYEBDRI, F., DUHAIME, M. B., GUNTHER, B., BEAUCHET, O. 2018. The association between fear of falling and motor imagery abilities in older community-dwelling individuals. *Maturitas* [online]. 110, 18-20, [cit. 2023-04-07]. ISSN 03785122. Dostupné z: doi:10.1016/j.maturitas.2018.01.001.

GUERRA, Z. F., LUCCHETTI, A. L. G., LUCCHETTI, G. 2017. Motor Imagery Training After Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Neurologic Physical Therapy* [online]. 41(4), 205-214, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1557-0576. Dostupné z: doi:10.1097/NPT.0000000000000200.

GUILLOT, A., COLLET, Ch. 2005. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Research Reviews* [online]. 50(2), 387-397, [cit. 2023-04-26]. ISSN 01650173. Dostupné z: doi:10.1016/j.brainresrev.2005.09.004.

GUILLOT, A., DI RIENZO, F., MACINTYRE, T., MORAN, A., COLLET, Ch. 2012. Imagining is Not Doing but Involves Specific Motor Commands: A Review of Experimental Data Related to Motor Inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 6, 1-22, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2012.00247.

HAMEL, M. F., LAJOIE, Y. 2005. Mental Imagery. Effects on static balance and attentional demands of the elderly. *Aging Clinical and Experimental Research* [online]. 17(3), 223-228, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1594-0667. Dostupné z: doi:10.1007/BF03324601.

HILT, P. M., BERTRAND, M. F., FÉASSON, L., LEBON, F., MOUREY, F., RUFFINO, C., ROZAND, V. 2023. Motor Imagery Training Is Beneficial for Motor Memory of Upper and Lower Limb Tasks in Very Old Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 20(4), 1-13, [cit. 2023-04-06]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph20043541.

HIYAMIZU, M., MORIOKA, S., SHOMOTO, K., SHIMADA, T. 2012. Effects of dual task balance training on dual task performance in elderly people: a randomized controlled

trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 26(1), 58-67, [cit. 2023-04-06]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215510394222.

HOFHEINZ, M., MIBS, M., ELSNER, B. Dual task training for improving balance and gait in people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 26(1), 1-15, [cit. 2023-05-04]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD012403.

HOWCROFT, J., LEMAIRE, E., KOFMAN, J., MCILROY, W., CLARK, D. 2017. Elderly fall risk prediction using static posturography. *PLOS ONE* [online]. 12(2), 1-13, [cit. 2023-03-26]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0172398.

HWANG, S., JEON, H., YI, Ch., KWON, O., CHO S., YOU, S. 2010. Locomotor imagery training improves gait performance in people with chronic hemiparetic stroke: a controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 24(6), 514-522, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215509360640.

CHIACCHIERO, M., CAGLIOSTRO, P., DEGENARO, J., GIANNINA, C., RABINOVICH, Y. 2015. Motor Imagery Improves Balance in Older Adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation* [online]. 31(2), 159-163, [cit. 2023-04-27]. ISSN 0882-7524. Dostupné z: doi:10.1097/TGR.0000000000000063.

CHO, H., KIM, J., LEE, G. 2013. Effects of motor imagery training on balance and gait abilities in post-stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 27(8), 675-680, [cit. 2023-03-31]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215512464702.

IVANENKO, Y., GURFINKEL, V. S. 2018. Human Postural Control, *Frontiers in Neuroscience*. [online]. 12, 1-7, [cit. 2023-02-08]. ISSN 1662-453X. Dostupné z: doi:10.3389/fnins.2018.00171.

JACKSON, P. L., DOYON, J., RICHARDS, C. L., MALOUIN, F. 2004. The Efficacy of Combined Physical and Mental Practice in the Learning of a Foot-Sequence Task after Stroke: A Case Report. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 18(2), 106-111, [cit. 2023-04-21]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/0888439004265249.

KASHIF, M., AHMAD, A., BANDPEI, M., GILANI, S., HANIF, A., IRAM, H. 2022. Combined effects of virtual reality techniques and motor imagery on balance, motor function

and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics* [online]. 22(1), 1-14, [cit. 2023-04-11]. ISSN 1471-2318. Dostupné z: doi:10.1186/s12877-022-03035-1.

KHO, A. Y., LIU, K. P. Y., CHUNG, R. C. K. 2014. Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function. *Australian Occupational Therapy Journal* [online]. 61(2), 38-48, [cit. 2023-04-27]. ISSN 00450766. Dostupné z: doi:10.1111/1440-1630.12084.

KIM, S., CHO, S. 2022. Benefits of Virtual Reality Program and Motor Imagery Training on Balance and Fall Efficacy in Isolated Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Medicina* [online]. 58(11), 1-13, [cit. 2023-04-07]. ISSN 1648-9144. Dostupné z: doi:10.3390/medicina58111545.

KOLÁŘ, P., et al. 2009. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén. 2009; s. 38. ISBN 978-80-7262-657-1.

KÖYAĞASIOĞLU, O., ÖZGÜRBÜZ, C., BEDİZ, C. S., GÜDÜCÜ, Ç., AYDINOĞLU, R., AKŞİT, T. 2022. The Effects of Virtual Reality Nonphysical Mental Training on Balance Skills and Functional Near-Infrared Spectroscopy Activity in Healthy Adults. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 31(4), 428-441, [cit. 2023-04-24]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2021-0197.

KUMAI, K., IKEDA, Y., SAKAI, K., GOTO, K., MORIKAWA, K., SHIBATA, K. 2022. Brain and muscle activation patterns during postural control affect static postural control. *Gait & Posture* [online]. (96), 102-108, [cit. 2023-03-25]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2022.05.017.

LADDA, A. M., LEBON, F., LOTZE, M. 2021. Using motor imagery practice for improving motor performance – A review. *Brain and Cognition* [online]. 150, 1-11, [cit. 2023-03-27]. ISSN 02782626. Dostupné z: doi:10.1016/j.bandc.2021.105705.

LEBON, F., COLLET, C., GUILLOT, A. 2010. Benefits of Motor Imagery Training on Muscle Strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, [online]. 24(6), 1680-1687, [cit. 2023-01-29]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d8e936.

LEE, H., KIM, H., AHN, M., YOU, Y. 2015. Effects of proprioception training with exercise imagery on balance ability of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 27(1), 1-4, [cit. 2023-04-27]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.1.

LI, R., LI, Z., TAN, J., CHEN G., LIN, W. 2017. Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Clinical Practice* [online]. 28, 75-84, [cit. 2023-04-27]. ISSN 17443881. Dostupné z: doi:10.1016/j.ctcp.2017.05.009.

LIN, G., ZHAO, X., WANG, W., WILKINSON, T. 2022. The relationship between forward head posture, postural control and gait: A systematic review. *Gait & Posture* [online]. 98, 316-329, [cit. 2023-03-09]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2022.10.008.

LIU, H., SONG L., ZHANG, T. 2014. Mental Practice Combined with Physical Practice to Enhance Hand Recovery in Stroke Patients. *Behavioural Neurology* [online]. 1-9, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0953-4180. Dostupné z: doi:10.1155/2014/876416.

LLEDO, P., ALONSO, M., GRUBB, M. 2006. Adult neurogenesis and functional plasticity in neuronal circuits. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 7(3), 179-193, [cit. 2023-03-12]. ISSN 1471-003X. Dostupné z: doi:10.1038/nrn1867.

LOTZE, M., HALSBAND, U. 2006. Motor imagery. *Journal of Physiology*. [online]. 99(46), 386-395, [cit. 2023-02-06]. ISSN 0928-4257. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jphysparis.2006.03.012.

MACINTYRE, T. E., MADAN, Ch. R., MORAN, A. P., COLLET, Ch., GUILLOT, A. 2018. Motor imagery, performance and motor rehabilitation. In: WILSON, M., WALSH, V., PARKIN, B. (eds.) *Sport and the Brain: The Science of Preparing, Enduring and Winning*, Part C [online]. 141-159, [cit. 2023-02-08]. ISBN 9780444641878. Dostupné z: doi:10.1016/bs.pbr.2018.09.010.

MALOUIN, F., RICHARDS, C. L., DURAND, A. et al., 2009. Effects of Practice, Visual Loss, Limb Amputation, and Disuse on Motor Imagery Vividness. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 23(5), 449-463, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968308328733.

MARSHALL, J. 2014. Mirror neurons. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 111, 6531-6531, [cit. 2023-01-13]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.1404652111.

MARUSIC, U., GROSPRÊTRE, S., PARAVLIC, A., KOVAČ, S., PIŠOT R., TAUBE, W. 2018. Motor Imagery during Action Observation of Locomotor Tasks Improves Rehabilitation Outcome in Older Adults after Total Hip Arthroplasty. *Neural Plasticity* [online]. 1-9, [cit. 2023-04-20]. ISSN 2090-5904. Dostupné z: doi:10.1155/2018/5651391.

MASSION, J. 1992. Movement, posture and equilibrium: Interaction and coordination. *Progress in Neurobiology* [online]. 38(1), 35-56, [cit. 2023-04-04]. ISSN 03010082. Dostupné z: doi:10.1016/0301-0082(92)90034-C.

MATALON, R., FREUND, J. E., VALLABHAJOSULA, S. 2019. Functional rehabilitation of a person with transfemoral amputation through guided motor imagery: a case study. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. 37(1), 1-10, [cit. 2023-04-12]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2019.1625090.

MERZENICH, M. M., JENKINS, W. M. 1993. Reorganization of Cortical Representations of the Hand Following Alterations of Skin Inputs Induced by Nerve Injury, Skin Island Transfers, and Experience. *Journal of Hand Therapy* [online]. 6(2), 89-104, [cit. 2023-04-29]. ISSN 08941130. Dostupné z: doi:10.1016/S0894-1130(12)80290-0.

MIZUGUCHI, N., KANOSUE, K. 2017. Changes in brain activity during action observation and motor imagery: Their relationship with motor learning. In: WILSON, M., WALSH, V., PARKIN, B. (eds.) *Sport and the Brain: The Science of Preparing, Enduring and Winning*, Part B [online]. 189-204 [cit. 2023-04-29]. ISBN 9780128118252. Dostupné z: doi:10.1016/bs.pbr.2017.08.008.

MOSHREF-RAZAVI, S., SOHRABI, M., SOTOODEH, M. S. 2017. Effect of Neurofeedback Interactions and Mental Imagery on the Elderly's Balance. *Salmand* [online]. 12(3), 288-299, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1735-806X. Dostupné z: doi:10.21859/sija.12.3.288.

MULDER, T. H. 2007a. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*. [online]. 114(10), 1265-1278, [cit. 2023-01-29]. ISSN 0300-9564. Dostupné z: doi: 10.1007/s00702-007-0763-z.

MULDER, T., HOCHSTENBACH, J.B.H., VAN HEUVELEN M.J.G., DEN OTTER, A.R. 2007b. Motor imagery: The relation between age and imagery capacity. *Human Movement Science* [online]. 26(2), 203-211, [cit. 2023-04-24]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2007.01.001.

MUNZERT, J., ZENTGRAF, K. 2009. Motor imagery and its implications for understanding the motor system. In: RAAB, M., JOHNSON, J., G., HEEKEREN, H., R. *Mind and Motion: The Bidirectional Link between Thought and Action*[online]. 219-229, [cit. 2023-04-27]. ISBN 9780444533562. Dostupné z: doi:10.1016/S0079-6123(09)01318-1.

NIAM, S., CHEUNG, W., SULLIVAN, P. E., KENT, S., GU, X. 1999. Balance and physical impairments after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 80(10), 1227-1233, [cit. 2023-05-10]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/S0003-9993(99)90020-5.

NICHOLSON, V., WATTS, N., CHANI, Y., KEOGH, J. W. 2019. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. [online]. 65(4), 200–207, [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jphys.2019.08.007.

OISHI, K., KASAI, T., MAESHIMA, T. 2000. Autonomic Response Specificity during Motor Imagery. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science*[online]. 19(6), 255-261, [cit. 2023-03-16]. ISSN 1345-3475. Dostupné z: doi:10.2114/jpa.19.255.

OLSSON, C. J., NYBERG, L., 2010. Motor imagery: if you can't do it, you won't think it. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 20(5), 711-715, [cit. 2023-03-02]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01101.x.

PEIXOTO PINTO, T., MELLO RUSSO RAMOS, M., LEMOS, T., DOMINGUES VARGAS, C., IMBIRIBA, L. A. 2017. Is heart rate variability affected by distinct motor imagery strategies?. *Physiology & Behavior* [online]. 177, 189-195, [cit. 2023-03-16]. ISSN 00319384. Dostupné z: doi:10.1016/j.physbeh.2017.05.004.

PELOSIN, E., AVANZINO, L., BOVE, M., STRAMESI, P., NIEUWBOER A., ABBRUZZESE, G. 2010. Action Observation Improves Freezing of Gait in Patients With Parkinson's Disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 24(8), 746-752, [cit. 2023-04-17]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968310368685.

PIŠOT, R., MARUSIC, U., BIOLO, G., et al. 2016. Greater loss in muscle mass and function but smaller metabolic alterations in older compared with younger men following 2 wk of bed rest and recovery. *Journal of Applied Physiology* [online]. 120(8), 922-929, [cit. 2023-04-19]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00858.2015.

RAVEY, J. 1998. In response to: Mental practice and imagery. *Physical Therapy Reviews* [online]. 3(1), 53-54, [cit. 2023-03-11]. ISSN 1083-3196. Dostupné z: doi:10.1179/ptr.1998.3.1.53.

READMAN, M. R., CRAWFORD, T. J., LINKENAUER, S. A., BEK, J., POLIAKOFF, E. 2023. Motor imagery vividness and symptom severity in Parkinson's disease. *Journal of Neuropsychology* [online]. 17(1), 180-192, [cit. 2023-04-28]. ISSN 1748-6645. Dostupné z: doi:10.1111/jnp.12293.

REGINSTER, J. Y., GILLET, P., GOSSET, C. 2001. Secular increase in the incidence of hip fractures in Belgium between 1984 and 1996: need for a concerted public health strategy. *Bulletin of the World Health Organization*[online]. 79 (10), 942-946, [cit. 2023-04-28]. ISSN 0042-9686. Dostupné z: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/268444>.

ROBERTS, R., CALLOW, N., HARDY, L., MARKLAND, D., BRINGER, J. 2008. Movement Imagery Ability: Development and Assessment of a Revised Version of the Vividness of Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 30(2), 200-221, [cit. 2023-05-10]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.30.2.200.

RODRIGUES, E. C., LEMOS, T., GOUVEA, B., VOLCHAN, E., IMBIRIBA, L.A., VARGAS, C.D. 2010. Kinesthetic motor imagery modulates body sway. *Neuroscience* [online]. 169(2), 743-750, [cit. 2023-05-04]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2010.04.081.

RUFFINO, C., BOURRELIER, J., PAPAXANTHIS, C., MOUREY, F., LEBON, F. 2019. The use of motor imagery training to retain the performance improvement following physical



practice in the elderly. *Experimental Brain Research* [online]. 237(6), 1375-1382, [cit. 2023-04-06]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-019-05514-1.

SAIMPONT, A., MALOUIN, F., DURAND, A., et al. 2021. The effects of body position and actual execution on motor imagery of locomotor tasks in people with a lower-limb amputation. *Scientific Reports* [online]. 11(1), 1-11, [cit. 2023-04-27]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-93240-6.

SAKAI, J. 2022. Functional near-infrared spectroscopy reveals brain activity on the move. *PNAS*[online]. 119(25), 1-4, [cit. 2023-04-01]. ISSN 1091-6490. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.2208729119.

SAKURAI, R., FUJIWARA, Y., YASUNAGA, M., SUZUKI, H., SAKUMA, N., IMANAKA, K., MONTERO-ODASSO, M. 2017. Older adults with fear of falling show deficits in motor imagery of gait. *The journal of nutrition, health & aging* [online]. 21(6), 721-726, [cit. 2023-04-07]. ISSN 1279-7707. Dostupné z: doi:10.1007/s12603-016-0811-1.

SARASSO, E., AGOSTA, F., PIRAMIDE, N., et al. 2021. Action Observation and Motor Imagery Improve Dual Task in Parkinson's Disease: A Clinical/ fMRI Study. *Movement Disorders*[online]. 36(11), 2569-2582, [cit. 2023-04-09]. ISSN 0885-3185. Dostupné z: doi:10.1002/mds.28717.

SHERRINGTON, C., WHITNEY, J. C., LORD, S. R., HERBERT, R. D., CUMMING, R. G., CLOSE, J. C. T. 2008. Effective Exercise for the Prevention of Falls: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 56(12), 2234-2243, [cit. 2023-04-06]. ISSN 00028614. Dostupné z: doi:10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x.

SIEVÄNEN, H., KUJALA, U. M. 2017. Accelerometry-Simple, but challenging. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 27(6), 574-578, [cit. 2023-03-26]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12887.

SILVA, S., RDM BORGES L., SANTIAGO, L. LUCENA, L., LINDQUIST A. R., RIBEIRO, T. 2020. Motor imagery for gait rehabilitation after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2020(9), 1-71, [cit. 2023-04-22]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD013019.pub2.

SINGER, T., FAHEY P., LIU, K. P. Y. 2022. The efficacy of imagery in the rehabilitation of people with Parkinson's disease: protocol for a systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews* [online]. 11(1), 1-7, [cit. 2023-04-27]. ISSN 2046-4053. Dostupné z: doi:10.1186/s13643-022-02041-z.

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. 2023-04-27]. ISSN 1460-2199. Dostupné z: doi:10.1093/cercor/bhh086.

STINS, J. F., KOOLE, S. L., BEEK, P. J. 2015. The Influence of Motor Imagery on Postural Sway: Differential Effects of Type of Body Movement and Person Perspective. *Advances in Cognitive Psychology* [online]. 11(3), 77-83, [cit. 2023-05-04]. ISSN 18951171. Dostupné z: doi:10.5709/acp-0173-x.

SZPUNAR, Karl K., Jason M. WATSON a Kathleen B. MCDERMOTT, 2007. Neural substrates of envisioning the future. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 104(2), 642-647, [cit. 2023-04-29]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.0610082104.

TAMIR, R., DICKSTEIN, R., HUBERMAN, M. 2007. Integration of Motor Imagery and Physical Practice in Group Treatment Applied to Subjects With Parkinson's Disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 21(1), 68-75, [cit. 2023-04-27]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968306292608.

TAUBE, W., LORCH, M., ZEITER, S., KELLER, M. 2014. Non-physical practice improves task performance in an unstable, perturbed environment: motor imagery and observational balance training. *Frontiers in Human Neuroscience*[online]. 8, 1-10, [cit. 2023-03-27]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2014.00972.

TAUBE, W., MOUTHON, M., LEUKEL, Ch., HOOGEWOUD, H., ANNONI, J., KELLER, M. 2015. Brain activity during observation and motor imagery of different balance tasks: An fMRI study. *Cortex* [online]. 64, 102-114, [cit. 2023-04-04]. ISSN 00109452. Dostupné z: doi:10.1016/j.cortex.2014.09.022.

TEMPORITI, F., RUSPI, A., DE LEO, D., UGOLINI, A., GRAPPIOLO, G., AVANZINI, P., RIZZOLATTI, G., GATTI, R. 2022. Action Observation and Motor Imagery administered the

day before surgery enhance functional recovery in patients after total hip arthroplasty: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 36(12), 1613-1622, [cit. 2023-04-12]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/02692155221116820.

TINETTI, M. E., RICHMAN D., POWELL, L. 1990. Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling. *Journal of Gerontology* [online]. 45(6), 239-243, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0022-1422. Dostupné z: doi:10.1093/geronj/45.6.P239.

VAŘEKA, I. 2002a. Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*[online]. 9 (4), 115-121, [cit. 2023-03-16]. ISSN 12112658. Dostupné z:[https://www.researchgate.net/publication/280087667\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_1](https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1).

VAŘEKA, I. 2002b. Posturální stabilita (II. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*[online]. 9 (4), 122-129, [cit. 2023-03-16]. ISSN 12112658. Dostupné z:[https://www.researchgate.net/publication/280087508\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_2](https://www.researchgate.net/publication/280087508_Posturalni_stabilita_Cast_2).

VÉLE, F., 2006. Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton. 2006; s. 97. ISBN 8072548379.

VISSCHEDIJK, J., ACHTERBERG, W., VAN BALEN, R., HERTOOGH, C. 2010. Fear of Falling After Hip Fracture: A Systematic Review of Measurement Instruments, Prevalence, Interventions, and Related Factors. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 58(9), 1739-1748, [cit. 2023-04-28]. ISSN 00028614. Dostupné z: doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03036.x.

WIDER, Ch., MITRA, S., BOULTON, H., ANDREWS, M. 2022. Age-related asymmetry in anticipatory postural movements during unilateral arm movement and imagery. *Experimental Brain Research* [online]. 240(9), 2435-2457, [cit. 2023-04-04]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-022-06416-5.

WINTER, D. 1995. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* [online]. 3(4), 193-214, [cit. 2023-03-27]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9.

WOLPE, N., INGRAM, J. N., TSVETANOV, K. A., et al. 2016. Ageing increases reliance on sensorimotor prediction through structural and functional differences in frontostriatal

circuits. *Nature Communications* [online]. 7(1), 1-11, [cit. 2023-05-10]. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/ncomms13034.

WOOD, B. H. 2002. Incidence and prediction of falls in Parkinson's disease: a prospective multidisciplinary study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* [online]. 72(6), 721-725, [cit. 2023-05-10]. ISSN 00223050. Dostupné z: doi:10.1136/jnnp.72.6.721.

YÁGÜEZ, L., CANAVAN, A. G. M., LANGE, H. W., HÖMBERG, V. 1999. Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's diseases. *Behavioural Brain Research* [online]. 102(1-2), 115-127, [cit. 2023-04-27]. ISSN 01664328. Dostupné z: doi:10.1016/S0166-4328(99)00005-4.

YIĞİTER, K., ŞENER, G., ERBAHÇECİ, F., BAYAR, K., ÜLGER, Ö. G., AKDOĞAN, S. 2002. A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees. *Prosthetics & Orthotics International* [online]. 26(3), 213-217, [cit. 2023-04-19]. ISSN 0309-3646. Dostupné z: doi:10.1080/03093640208726650.

ZANGRANDO, F., PICCININI, G., PELLICIONI, A., SARACENI, V. M., PAOLUCCI, T. 2015. Neurocognitive Rehabilitation in Parkinson's Disease with Motor Imagery: A Rehabilitative Experience in a Case Report. *Case Reports in Medicine* [online]. 1-4, [cit. 2023-04-12]. ISSN 1687-9627. Dostupné z: doi:10.1155/2015/670385.

## Seznam zkratek

<b>ABC</b>	activities-specific balance confidence scale
<b>ADL</b>	activities of daily living
<b>ANS</b>	autonomní nervový systém
<b>AO</b>	aktivní observace (z angl. action observation)
<b>APA</b>	anticipatory postural adjustments
<b>AS</b>	opěrná plocha (z angl. area of support)
<b>BBS</b>	berg balance scale
<b>BS</b>	opěrná báze (z angl. base of support)
<b>CG</b>	kontrolní skupina
<b>CMP</b>	cévní mozková příhoda
<b>CNS</b>	centrální nervový systém
<b>COM</b>	centrum tělesné hmoty, těžiště (z angl. center of mass)
<b>COP</b>	centrum tlaku (z angl. center of pressure)
<b>CPA</b>	compensatory postural adjustments
<b>DT</b>	provedení dvojího úkolu (z angl. dual-task)
<b>EEG</b>	elektroencefalografie
<b>EG</b>	experimentální skupina
<b>EMG</b>	elektromyografie
<b>f</b>	frekvence tréninku
<b>FESS</b>	fall-related self-efficacy scale
<b>fMIR</b>	funkční magnetická rezonance
<b>fNIRS</b>	functional near-infrared spectroscopy
<b>FRT</b>	functional reach test
<b>FSST</b>	four square step test
<b>HVR</b>	variability srdečního rytmu (z angl. heart rate variability)
<b>KVIQ</b>	kinesthetic and visual imagery questionnaire
<b>MI</b>	představa pohybu (z angl. motor imagery)
<b>MIQ</b>	movement imagery questionnaire
<b>N</b>	počet účastníků
<b>PD</b>	Parkinsonova choroba (z angl. Parkinson's disease)
<b>PET</b>	pozitronová emisní tomografie

<b>PT</b>	proprioceptivní trénink
<b>SFBBS</b>	short form berg balance scale
<b>SMA</b>	supplementary motor area
<b>TEP</b>	totální endoprotéza
<b>TUG</b>	timed up and go test
<b>VMIQ</b>	vividness in movement imagery questionnaire
<b>VR</b>	virtuální realita
<b>WBV</b>	vibrační trénink (z angl. whole body vibration)

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> Vztah opěrné báze, opěrné a kontaktní plochy (Vařeka, 2002a, s. 117) .....	11
<b>Obrázek 2</b> Hlezenní, kyčelní a kombinovaná strategie pro udržení rovnováhy (Winter, 1995, s. 199) .....	13
<b>Obrázek 3</b> Typy představy pohybu, na levé straně z pohledu 1. osoby, na straně pravé z pohledu 3. osoby (Peixoto Pinto et al., 2017, s.191) .....	16

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Porovnání neurofyziologických, behaviorálních a psychologických metod pro měření MI (Guillot a Collet, 2005, s. 393).....	25
<b>Tabulka 2</b> Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů vyššího věku.....	33
<b>Tabulka 3</b> Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a ortopedických pacientů.....	36
<b>Tabulka 4</b> Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů po CMP. ....	39
<b>Tabulka 5</b> Charakteristika diskutovaných studií, které se zabývají vztahem posturální stability a pacientů s PD. ....	43



## Seznam příloh

<b>Příloha 1</b> Různé druhy her, využívané pro trénink s pomocí virtuální reality (Kashif et al., 2022, s. 5).....	66
---	----

# Přílohy

*Příloha 1 Různé druhy her, využívané pro trénink s pomocí virtuální reality (Kashif et al., 2022, s. 5)*

**A: Tennis**



**B: Bowling**



**C: Boxing**



**D: Kicking**



**E: Table Tilt**



**F: Penguin Slide**



**G: Title city**



**H: Soccer**



**I: Torso Twists**



**J: Single Leg Stance**

