

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav Fyzioterapie

KROK JAKO SENZORICKÝ VSTUP

Diplomová práce

Autor: Bc. Romana Baďurová

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

Studijní obor: Fyzioterapie

Olomouc 2013

Anotace

Název práce v ČJ: Krok jako senzorický vstup

Název práce v AJ: Step as a sensory input

Datum zadání: 2012-01-31

Datum odevzdání: 2013-05-17

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

Autor práce: Baďurová Romana, Bc.

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

Oponent práce: Mgr. Lucie Szmeková

Abstrakt v ČJ:

Práce se zabývá hodnocením strategií přechodu přes překážku. Předmětem výzkumu bylo posouzení faktorů, které mohou ovlivňovat překročení přes virtuální a reálnou překážku, se zaměřením na objektivizaci změn v aktivitě m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis, m. tibialis anterior švihové dolní končetiny, a m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii kontralaterální horní končetiny během fáze překročení. Chůze byla realizována na pohyblivém pásu, aktivita svalů byla snímána pomocí povrchové elektromyografie. Z výsledků bylo zjištěno, že pro všechny osoby, bez ohledu na věk, představovala chůze přes překážky zvýšené nároky na neuromuskulární systém, docházelo k větší aktivitě všech měřených svalů dolní i horní končetiny. S ohledem na věk byly využívány odlišné strategie překročení. Ve srovnání mladší a starší skupiny se při chůzi přes překážky signifikantně zvyšovala aktivita m. rectus femoris u mladší skupiny osob.

Abstrakt v AJ:

The work deals with the evaluation of the obstacle avoidance strategy. The object of the research was to assess the factors that could affect stepping over virtual and the real obstacle, focusing on the objectification of changes in the activity of m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis, m. tibialis anterior of the leading limb and m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii of the contralateral upper extremity during crossing phase. Walking was performed on a treadmill, muscle activity was measured by using surface

electromyography. The results show that stepping over the obstacles increases demand on the neuromuscular system. Muscles of the lower and upper limbs are more activated. Depending on age there are different obstacle avoidance strategies. In comparison to younger and older group stepping over obstacles significantly increased the activity of the rectus femoris in the younger groups.

Klíčová slova v ČJ: chůze, překážka, strategie, věkové srovnání, elektromyografie, pohyblivý pás

Klíčová slova v AJ: gait, obstacle, strategy, age-comparison, electromyography, treadmill

Rozsah: 109 s., 26 s. příl.

Místo zpracování: Olomouc

Místo uložení: Ústav fyzioterapie, FZV UP – sekretariát/děkanát

Prohlášení

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

V Olomouci dne 17. května 2013

.....

Poděkování

Děkuji své vedoucí Mgr. Barboře Kolářové, Ph.D. za ochotu, odborné vedení, cenné rady a připomínky k mé diplomové práci, RNDr. Milanu Elfmarkovi a Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování dat.

Dále děkuji všem svým probandům a kolektivu Kineziologické laboratoře Fakultní nemocnice Olomouc za pomoc při realizaci výzkumné části diplomové práce.

Velké dík patří také mému příteli Bc. Petru Matulovi za podporu a pomoc s formální úpravou mé diplomové práce.

Práce vznikla s přispěním vnitřního grantu: FZV_2013_001 "Představa a observace funkčních pohybů v obraze povrchové elektromyografie".

OBSAH

ÚVOD	9
1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ	10
1.1 Chůze ve vztahu k okolnímu prostředí	10
1.2 Řízení pohybu při chůzi přes překážku.....	10
1.2.1 Řízení pohybu na spinální úrovni.....	11
1.2.2 Řízení pohybu na supraspinální úrovni.....	11
1.3 Odborná terminologie přechodu přes překážku	12
1.3.1 Pojmenování dolních končetin	12
1.3.2 Základní hodnocené faktory	13
1.4 Pohyb jednotlivých segmentů těla	16
1.4.1 Pohyb dolních končetin.....	16
1.4.2 Pohyb pánve a trupu	17
1.4.3 Pohyb horních končetin.....	17
1.5 Dynamická stabilita během chůze přes překážky	18
1.5.1 Proaktivní a reaktivní strategie.....	18
1.5.2 Poloha a pohyb těžiště.....	19
1.6 Vliv věku na strategii přechodu přes překážku.....	20
1.6.1 Zvýšení času potřebného pro překročení	21
1.6.2 Zvýšení reakčních časů	22
1.6.3 Výběr strategie	22
1.6.4 Odlišná pozice končetiny vzhledem k překážce	23
1.6.5 Modifikace délky a šířky kroku	24
1.6.6 Prodloužení doby trvání kroku.....	25
1.6.7 Zpomalení chůze	25
1.6.8 Změny v pohybu jednotlivých segmentů těla	25
1.7 Ostatní faktory ovlivňující chůzi přes překážky	27
1.7.1 Úloha zraku při překročení přes překážku	27
1.7.2 Vliv pohlaví na strategii přechodu přes překážku.....	27
2 CÍLE A HYPOTÉZY	28
2.1 Cíle práce	28
2.2 Vědecké otázky a hypotézy	28

3	METODIKA VÝZKUMU	31
3.1	Charakteristika souboru	31
3.2	Popis průběhu vyšetření a měření	31
3.2.1	Klinické testy.....	31
3.2.2	Polyelektromyografické vyšetření.....	32
3.2.3	Chůze na pohyblivém pásu	33
3.3	Popis zpracování naměřených dat.....	34
3.3.1	Statistické zpracování dat.....	35
4	VÝSLEDKY	36
4.1	Výsledky k vědecké otázce č. 1	38
4.1.1	Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení.....	38
4.2	Výsledky k vědecké otázce č. 2	48
4.2.1	Vyjádření k hypotéze na základě statistického hodnocení.....	49
4.3	Výsledky k vědecké otázce č. 3	54
4.3.1	Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení.....	55
4.4	Výsledky k vědecké otázce č. 4	59
4.4.1	Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení.....	60
4.5	Výsledky k vědecké otázce č. 5	61
5	DISKUZE.....	68
5.1	Aktivita svalů leading limb při chůzi přes překážky	69
5.1.1	Rozdíl mezi překročením přes virtuální a reálnou překážku.....	70
5.1.2	Rozdíl mezi mladší a starší skupinou osob při překročení přes překážku ..	70
5.2	Aktivita kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky	71
5.2.1	Rozdíl mezi překročením přes virtuální a reálnou překážku.....	72
5.2.2	Rozdíl mezi mladší a starší skupinou osob při překročení přes překážku ..	73
5.3	Možnosti určení zvýšeného rizika pádů u starších osob.....	74
5.3.1	Timed Up and Go test	74
5.3.2	Překážka jako nástroj pro hodnocení funkčních schopností	77
5.4	Dominance a preference dolní končetiny	79
5.5	Strategie překročení přes překážku.....	79
5.6	Míra úspěšnosti při přechodu přes překážku	80

5.7	Aplikace překážek během chůze na pohyblivém pásu	81
5.7.1	Využití virtuální a reálné překážky v rámci terapie chůze	81
5.8	Přínos pro praxi.....	84
5.9	Limity práce	84
ZÁVĚR		87
REFERENČNÍ SEZNAM.....		89
SEZNAM ZKRATEK.....		102
SLOVNÍK ANGLICKÝCH POJMŮ.....		104
SEZNAM OBRÁZKŮ		105
SEZNAM TABULEK.....		106
SEZNAM GRAFŮ		107
SEZNAM PŘÍLOH.....		109
PŘÍLOHY		110

ÚVOD

„Jestli najdeš v životě cestu bez překážek, určitě nikam nevede.“
(Arthur Charles Clarke)

S překážkami, ať už s těmi hmatatelnými nebo abstraktními, se setkáváme v našem životě každý den při interakci s okolním prostředím. S přibývajícím věkem můžeme mít stále pevnou vůli a snahu, ale ne vždy se nám podaří překážku zdolat, zvláště, je-li řeč o skutečných překážkách, například objevujících se během chůze. Na první pohled nemusí vypadat nebezpečně, ale pro starší osoby mohou představovat závažný problém.

Schopnost adekvátně reagovat na výskyt překážky během chůze je důležitou dovedností, která umožňuje bezpečný pohyb. Vysoký podíl pádů u starších osob, který je spojen se zakopnutím o překážku, potenciálně ukazuje na zhoršení této dovednosti s přibývajícím věkem (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 865).

Udržování stability těla spolu s precizní kontrolou dolní končetiny překračující přes překážku je základním požadavkem pro úspěšné zvládnutí překážky. Znalost chování pohybového systému během přechodu přes překážku a porozumění vlivu věku na stabilitu celého těla při tomto úkolu může být užitečná pro pochopení mechanismů zvýšeného výskytu pádů u starších osob z důvodu zakopnutí o překážku (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, p. 471).

Předmětem diplomové práce je zkoumání překročení přes překážku. Cílem diplomové práce je objektivizace svalové aktivity, posouzení preference a dominance dolní končetiny ve vztahu k překročení, zhodnocení výběru strategie, určení míry úspěšnosti a posouzení rizika pádu. Dále je zkoumán vliv věku na všechny výše uvedené faktory.

K vyhledávání odborných článků byly využívány databáze EBSCO a PubMed prostřednictvím elektronických informačních zdrojů Univerzity Palackého v Olomouci. Klíčová slova byla např. obstructed – gait, obstacle, stepping, negotiation, electromyography, muscle activity, leading limb, upper limb, treadmill, age–comparison. Celkem bylo pro tvorbu práce použito 62 odborných článků ve full-textech v online podobě a 3 cizojazyčné publikace v tištěné podobě.

1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ

1.1 Chůze ve vztahu k okolnímu prostředí

Jen zřídka se lidé při chůzi setkávají s perfektně rovným terénem, častější je výskyt různých změn povrchu a objevují se menší či větší překážky. Různorodý tvar a velikost překážek vyžadují modifikaci pohybového vzoru. Osoby mohou překážku přeskročit, šlápnout na ni nebo ji obejít. Z těchto tří dostupných možností klade přeskročení přes překážku nejvyšší nároky na lokomoční systém a představuje největší riziko pádu (Austin, Garrett, Bohannon, 1999, p. 109).

Přeskročení přes překážku představuje komplexní motorický úkol vyžadující precizní kontrolu švihové dolní končetiny, zatímco je udržována rovnováha těla prostřednictvím vysoce koordinovaných pohybů kloubů stojné a švihové dolní končetiny (Lu, Yen, Chen 2008, p. 309). Zvýšené nároky na lokomoční systém způsobuje změněná švihová fáze krokového cyklu, která může vést k delší fázi jedné opory na stojné dolní končetině. Riziko zakopnutí nebo pádu vzniká buď z potenciálního kontaktu končetiny s překážkou, nebo z důvodu nestabilní a prodloužené stojnou fáze, kdy je úzká opěrná база a těžiště je mimo tuto bázi. Během této fáze přeskročení je potřeba přesnost a správnost, aby byl lokomoční úkol proveden s co nejmenším úsilím a s co největší úspěšností. Pokud se osobě nepodaří úspěšně překonat překážku, následky mohou být katastrofální (Austin, Garrett, Bohannon, 1999, p. 109).

1.2 Řízení pohybu při chůzi přes překážky

Lidská lokomoce představuje podvědomé a automatické provedení lokomočního úkolu. Chůze přes překážku nepředstavuje pouhý automatismus, ale zahrnuje kombinaci automatické a volní kontroly svalů dolní končetiny (van Hedel et al., 2002, pp. 713–714). Proprioceptivní zpětná vazba je zde také zahrnuta, slouží k adaptaci chůze při nerovnostech terénu (Michel, van Hedel, Dietz, 2008, p. 1867).

1.2.1 Řízení pohybu na spinální úrovni

Základní pohybové vzory jsou generovány míšními neuronálními okruhy, tzv. centrálními generátory pohybu. Skutečné neuronální okruhy, které tvoří centrální generátory, ještě nebyly demonstrovány. Nicméně spinální segmenty, kde se tyto okruhy nachází, můžou být pozorovány na preparátech míchy. U neonatální míchy krys a myši se centrální generátory pohybu nacházejí v kraniální části (C7, C8, Th1) i v lumbosakrální oblasti. Každá míšní oblast centrálního generátoru pohybu produkuje svou vlastní oscilační frekvenci, ale může také zasahovat do vyšších a nižších segmentů (Fischer, Witte, 2007, p. 193).

Krok přes překážku je spojen s facilitací dráhy míšního reflexu, která může být v interakci s generací lokomočního vzoru. Zvýšení reflexu závisí na uvědomění si blížící se překážky a objevuje se ještě před provedením kroku přes překážku. Z toho důvodu je zvýšení reflexu považováno spíše za anticipační reakci než za reflexní modulaci způsobenou vlivem pohybového úkolu. Facilitace míšního reflexu je realizována supraspinálním řízením (Haefeli et al., 2011, p. 346). Předpokládá se, že facilitace reflexu může přispívat k bezpečnému překročení přes překážku (Michel, van Hedel, Dietz, 2007, p. 1867).

Michel, van Hedel, Dietz ve své studii vyvolali reflex prostřednictvím stimulace n. tibialis. Reflexní odpověď byla pozorována ve všech zkoumaných svalech dolní i horní končetiny. Tento výsledek demonstruje skutečnost, že v lidské lokomoci přetrvává kvadrupedální koordinace končetin, která je realizována prostřednictvím cervikálních a thorakolumbálních propriospinálních okruhů. Anticipační koordinace končetin se podílí na získání a provedení precizního lokomočního úkolu (Kloter, Wirz, Dietz, 2011, p. 726; Michel, van Hedel, Dietz, 2008, pp. 1867–1871).

1.2.2 Řízení pohybu na supraspinální úrovni

Dle Haefeli et al. jsou příprava přechodu přes překážku i provedení tohoto pohybu spojeny se zvýšením elektroencefalografického signálu v prefrontální kůře pravé hemisféry. V jejich studii byla nalezena významná aktivace ve frontálním a orbito-frontálním kortexu během přípravné fáze a v superiorním frontálním kortexu během fáze provedení překročení. Silnější signál byl spojen se zvýšením excitability spinálních motorických okruhů před

překročením přes překážku a větší svalovou aktivací během překročení přes překážku. Adaptační změny v provedení, reflexní aktivitě a svalové aktivaci během pohybu se na elektroencefalogramu neodrazily, pravděpodobně kvůli nedostatečnému rozlišení (Haefeli et al., 2011, p. 345).

Experimenty na kočkách ukazují, že motorická kůra významně přispívá k provedení změn chůze. Subpopulace pyramidových buněk motorického kortexu regulují timing a trvání aktivity malých skupin synergistických svalů aktivovaných v různých časových okamžicích během modifikace chůze. Při deficitu v motorickém kortexu dochází k neschopnosti precizního pohybu. Objevuje se deficit v trajektorii končetin, změně timingu svalů a poruše koordinace mezi končetinami, což vede k neschopnosti chůze přes překážku. Nicméně dostupné důkazy naznačují, že motorický kortex hraje malou roli při plánování těchto modifikací chůze. Aktivita neuronů v motorickém kortexu je zvýšena při překročení překážky, nikoli před překročením. Z toho vyplývá, že motorický kortex přispívá spíše k provedení pohybu než k jeho plánování. Místo toho je navrhováno, že posteriorní parietální kortex může přispívat k této funkci. Léze v oblasti posteriorního parietálního kortexu vede u koček k chybám při pokládání předních končetin a může vést k poruše koordinace předních a zadních končetin. Na modifikacích změn chůze se podílí také bazální ganglia a cerebellum (Drew et al., 2008, pp. 199–201).

1.3 Odborná terminologie přechodu přes překážku

Chceme-li blíže popsat chůzi přes překážky, je potřeba uvést několik termínů, které se ve spojení s touto problematikou používají.

1.3.1 Pojmenování dolních končetin

Dva nejčastěji využívané pojmy charakterizují dolní končetiny v závislosti na pořadí, ve kterém překročí přes překážku. Jedná se o tzv. „leading limb“ a „trailing limb“.

Překračuje-li přes překážku první dolní končetina, hovoříme o ní jako o „leading limb“, překračuje-li následně přes překážku druhá končetina, hovoříme o ní jako o „trailing limb“ (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, p. 471).

1.3.2 Základní hodnocené faktory

Úspěšné překročení přes překážku je charakterizováno několika faktory. Svou roli zde hraje množství času dostupného pro překročení, schopnost reakce na překážku, výběr strategie, pozice končetiny vzhledem k překážce, délka a šířka kroku, doba trvání překročení, rychlost chůze (Weerdesteyn et al., 2004, p. 351; Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867).

1.3.2.1 Čas potřebný pro překročení

Důležitým předpokladem pro úspěšné překročení přes překážku je dostatečně dlouhý tzv. „available response time“ (ART). Jedná se o časový úsek mezi detekcí překážky a jejím překročením. Během této doby musí osoby zpracovat informaci o překážce a zareagovat na ni. Při reakci na překážku jsou také důležité hodnoty reakčních časů. Snížení ART významně snižuje schopnost překročit přes překážku (Reed-Jones et al., 2012, p. 585, Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867).

1.3.2.2 Reakce na překážku

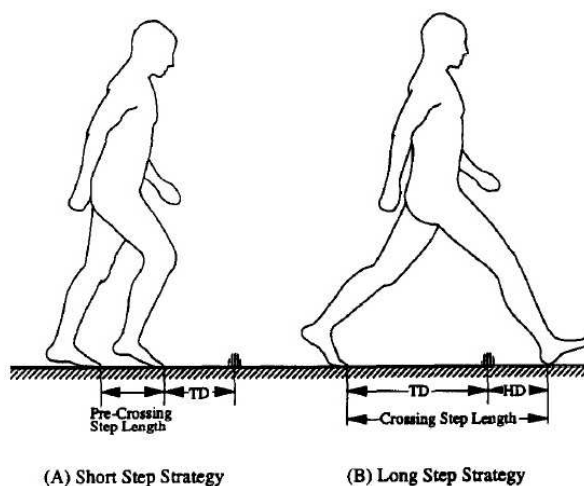
Objeví-li se překážka náhle a neočekávaně, může být trajektorie končetiny během švihové fáze modifikována velmi rychle. Tato reakce nezávisí na výběru strategie ani na fázi, ve které se překážka objeví. Dle Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens (2005, p. 873) je průměrná latenční reakce u mladých osob 122 ms. Jelikož je latenční reakce velmi krátká, je zde otázka, zda se na tomto procesu podílí kortex tak jako u volných reakcí. Při vyhnutí se překážce není třeba zahájení pohybu ze stacionární výchozí polohy, reakce na překážku je charakterizována modulací již probíhajícího pohybu (Weerdesteyn et al., 2004, pp. 359–360).

Startovací pozice může být důležitým činitelem pro reakční čas. Při dynamické situaci je latence kratší než u statické startovací pozice, protože během statické startovací pozice je pohyb nově programován, kdežto během dynamické pozice dochází k reorganizaci motorických požadavků. Dle Weerdesteyn et al. je latence reakčních časů při překračování přes překážku významně kratší než volní modifikace kroku, i pokud obě vychází ze stejné startovací pozice (Weerdesteyn et al., 2004, p. 360).

1.3.2.3 Strategie překročení

Pozice končetiny vzhledem k překážce určuje výběr optimální strategie. Rozlišuje se strategie krátkého a dlouhého kroku (viz obr. 1). Při strategii dlouhého kroku je překážka překročena prostřednictvím prodloužení kroku, při strategii krátkého kroku je krok zkrácen a překážka je překročena až v dalším kroku (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867).

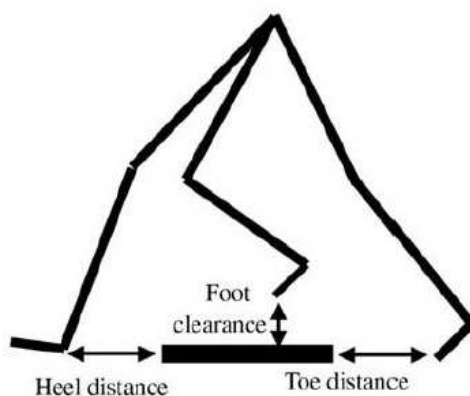
Obr. 1 Strategie přechodu přes překážku: (A) strategie krátkého kroku, (B) strategie dlouhého kroku (Chen et al., 1994a, p. 141)



1.3.2.4 Pozice končetiny vzhledem k překážce

Důležitým faktorem pro popis kroku přes překážku jsou prostorové parametry chůze. Jedná se o vzdálenosti končetiny vzhledem k překážce. Rozlišují se tři základní termíny – „foot clearance, toe distance, heel distance“ (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867) Tyto parametry znázorňuje obr. 2. V rámci této práce bude popisováno překročení pouze prostřednictvím „leading limb“, ke které se vztahuje i následný experiment.

Obr. 2 Pozice končetiny vzhledem k překážce – popis prostorových parametrů (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 869)



1.3.2.4.1 Foot clearance

Nejdůležitějším a nejčastěji používaným pojmem je tzv. „foot clearance“. „Clearance“ vyjadřuje vertikální vzdálenost chodidla od překážky, vyjadřuje tedy, jak vysoko je chodidlo nad překážkou během fáze překročení (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867). Mladší osoby udržují relativně konstantní „clearance“ i během různých výšek překážky (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, pp. 473–475).

1.3.2.4.2 Toe a heel distance

Pojem „toe distance“ udává vzdálenost špičky prstů dolní končetiny od přední hrany překážky. Pojem „heel distance“ značí vzdálenost paty od zadní hrany překážky poté, co švihová dolní končetina došlápne za překážku. Oba tyto parametry se mohou s přibývajícím věkem měnit (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 866–867).

1.3.2.5 Délka a šířka kroku přes překážku

Délka kroku při chůzi přes překážky je větší než při chůzi bez překážek. Délka kroku se zdá být neovlivněná výškou překážky (Sparrow et al., 1996, pp. 614–615). Naopak Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch. uvádí, že při zvýšení výšky překážky dochází k lineárnímu snížení délky kroku. Šířka kroku se nemění (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 473).

1.3.2.6 Doba trvání překročení

Dle Lowrey, Watson, Vallis (2007a, p. 293) se při chůzi přes překážky ve srovnání s chůzí bez překážek zvyšuje doba trvání kroku. Se zvyšující se výškou překážky se doba překročení u „leading limb“ snižuje (Sparrow et al., 1996, p. 614).

1.3.2.7 Rychlost chůze

Co se týče rychlosti chůze, ve srovnání s chůzí bez překážek se při chůzi přes překážky rychlost snižuje (Sparrow et al., 1996, p. 615).

1.4 Pohyb jednotlivých segmentů těla

1.4.1 Pohyb dolních končetin

Během chůze přes překážky dochází u švihové dolní končetiny ke zvýšení dorzální flexe v hlezenním kloubu a ke zvýšení flexe v kloubu kolenním a kyčelním, dále se v kyčelním kloubu snižuje addukce a zvyšuje zevní rotace (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, pp. 473–474). Při zvýšení výšky překážky dochází ke zvětšení flexe ve všech kloubech dolní končetiny. To umožňuje udržet konstantní „clearance“ (Lu et al., 2006, pp. 477–478).

1.4.2 Pohyb pánve a trupu

Chůze přes překážky klade nároky na koordinaci trupu a pánve. Rotace pánve je důležitá pro přizpůsobení kroku a pro překročení přes překážku. V koordinaci s pohybem pánve hrají pletence ramenní roli v udržování dynamické rovnováhy během přechodu přes překážku (Wang, Watanabe, 2003, p. 219). Ve srovnání s chůzí bez překážek se při chůzi přes překážky významně zvyšuje pohyb trupu do flexe, lateroflexe a rotace, zvyšuje se také rotace pánve (Lowrey, Watson, Vallis, 2007a, p. 294; Lowrey, Reed, Vallis, 2007b, p. 508; Wang, Watanabe, 2003, p. 228).

Se zvyšující se výškou překážky dochází ke zvýšení amplitudy rozsahu pohybu trupu ve frontální, sagitální i horizontální rovině. Amplituda rotace pánve není významně ovlivněna zvyšující se výškou překážky. Čím větší je překážka, tím více trup osciluje laterálně. Tato laterální inklinace může být vysvětlována teorií motorické kontroly.

Základním úkolem motorické kontroly je udržet rovnováhu těla a adaptovat se na změny okolního prostředí. Inklinace trupu směrem ke stejné dolní končetině zhoršuje stabilitu těla, proto kompenzačně dochází k lateroflexi trupu na stranu švihové dolní končetiny při překročení přes překážku. Flexe trupu směrem dopředu zvyšuje stabilitu těla a může být kompenzačním mechanismem pro překročení vyšších překážek. Stabilitu trupu při chůzi přes překážky tedy může být dosaženo zvýšením flexe a lateroflexe trupu. Toto nastavení pomáhá tělu minimalizovat energetické výdaje a zvýšit tak efektivitu chůze.

Se zvyšující se výškou překážky se lineárně zvyšuje amplituda pohybu ramen, zatímco pohyb pánve se nemění, proto synchronní aktivita ramen a pánve při zvýšení výšky překážky klesá (Wang, Watanabe, 2003, pp. 230–231).

1.4.3 Pohyb horních končetin

Reciproční pohyb horních končetin se spontánně vyskytuje během chůze. Pohyb horních končetin během lokomoce pomáhá stabilizovat rotační pohyb těla, může být tedy užitečný, ale není nezbytnou komponentou chůze (Ferris, Huang, Kao, 2006, p. 113; Perry, 1992, p. 145). Pohyb horních končetin během chůze není zcela pasivní pohyb, ale je spojen s aktivitou svalů horní končetiny. Koordinované lokomoční pohyby horních a dolních

končetin jsou generovány propojenými segmentálními sítěmi ve spinální míše, které jsou ovlivňovány vyššími centry centrálního nervového systému (Fallgairolle et al., 2006, p. 311).

Průměrná svalová aktivita je slabá v porovnání s maximální volní kontrakcí, proto kontrakce vyžaduje málo energie. Slabé rytmické střídání svalové kontrakce svalů ramenního pletence reprezentuje aktivní komponentu. Tyto svalové aktivační vzory přetrvávají do jisté míry i když jsou horní končetiny imobilizovány (Kuhtz-Buschbeck, Jing, 2012, p. 203). Když se při zvýšení výšky překážky zvyšuje pohyb dolní končetiny do flexe, zdá se, že se také zvyšuje pohyb horních končetin jako reakce na větší pohyb kontralaterální dolní končetiny, aby se zachovala dynamická stabilita (Wang, Watanabe, 2003, p. 231).

1.5 Dynamická stabilita během chůze přes překážky

K dosažení dynamické stability během lokomoce dochází prostřednictvím prediktivních, anticipačních a reaktivních strategií (Patla, 2003, p. 48).

1.5.1 Proaktivní a reaktivní strategie

Prediktivní a anticipační strategie jsou pod proaktivní kontrolou, což znamená, že obě využívají senzorickou informaci pro detekci potenciálních perturbací vztahujících se buď k zevnímu prostředí, nebo probíhajícím pohybům. Obzvláště anticipační strategie zahrnuje využití senzorické informace, primárně pomocí zraku, k identifikaci potenciálních perturbací okolního prostředí (Patla, 2003, p. 48). Anticipační motorické plánování pro vyhnutí se překážce musí být dokončeno během fáze před překročením přes překážku, aby se dosáhlo bezpečného překročení. Tato anticipace může být klíčovou komponentou pro úspěšné překročení přes překážku. Prodloužená anticipační fáze může být spojena s prodlouženou dobou zpracování vizuálních vstupů a realizaci motorického plánu v centrálním nervovém systému. Zdá se, že prediktivní strategie se spoléhají na předcházející zkušenost (Uemura et al., 2011, p. 904).

Reaktivní strategie se vyskytují jako odpověď na neočekávané perturbace a jsou zprostředkovány monosynaptickými a polysynaptickými reflexy, když musí být obnovena

dynamická stabilita. Proaktivní kontrolní mechanismy se objevují během fáze přiblížení se k překážce i během fáze překročení pohybující se překážky. Reaktivní strategie jsou nutné pouze v případě, ztrácí-li osoba dynamickou balanční kontrolu, k čemuž může dojít při zakopnutí nebo při pohybu těžiště mimo opěrnou bazi (Patla, 2003, p. 48).

Zhoršení motorického plánování a schopnosti regulovat chůzi pro překročení překážky může být jednou z příčin zakopnutí a pádu. Úspěšná rehabilitační strategie se nezaměřuje pouze na fázi překročení přes překážku, ale také na kognitivní proces a fázi přípravnou (Uemura et al., 2011, p. 904).

1.5.2 Poloha a pohyb těžiště

Úspěšné a bezpečné překročení přes překážku nevyžaduje pouze dostatečnou kontrolu švihové dolní končetiny, ale také stabilitu těla poskytovanou stojnou dolní končetinou (Huang et al., 2008, p. 974).

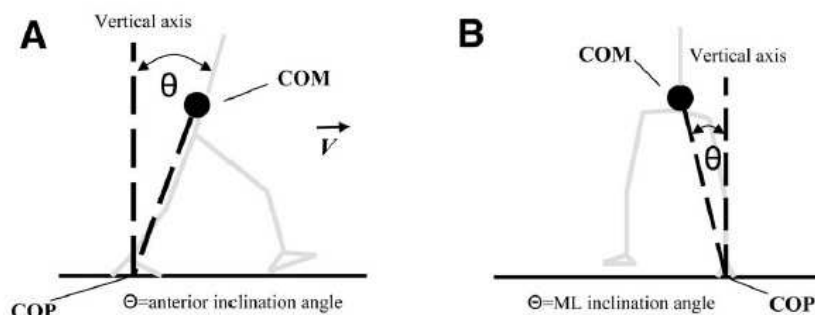
Při kroku přes překážku můžeme hodnotit vztah mezi těžištěm těla, vycházejícího z váženého průměru polohy těžišť všech dílčích segmentů (tzv. center of mass – COM) a mezi váženým průměrem všech tlaků působících na opěrnou plochu (tzv. center of pressure – COP), (Winter, 1995, p. 194).

Když „leading limb“ překračuje přes překážku („trailing limb“ je ve fázi stojné), COM se pohybuje směrem ven z opěrné baze, zotavení po zakopnutí je v tomto případě obtížnější. Zatímco překračuje-li přes překážku „trailing limb“, COM se pohybuje směrem ke stojné „leading limb“, což snižuje pravděpodobnost instability stojné dolní končetiny. Proto znovunabytí rovnováhy po zakopnutí způsobeném „trailing limb“ může být snazší než po zakopnutí způsobeném „leading limb“ (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, p. 477).

Při chůzi přes překážku dochází ke změně inklinálních úhlů mezi COM a COP, viz obr. 3, str. 20. Anteriorní inklinací úhel během fáze překročení je malý, pozice COM je tedy blízko pozice COP. To může být užitečná strategie pro udržení stability v předozadním směru s minimálním úsilím kontroly, takže neuromuskulární systém má více prostoru pro kontrolu švihové dolní končetiny. Rozsah pohybu COM během překročení v anterioposteriorním a vertikálním směru se významně zvyšuje se zvýšením výšky překážky.

Rozsah pohybu COM v mediolaterálním směru nebyl ovlivněn výškou překážky. Rychlosti COM během chůze s překážkou a bez překážky jsou podobné (Chou et al, 2001, p. 22).

Obr. 1 Inklinací úhel mezi COM a COP (Lee, Chou, 2006, p. 570)



1.6 Vliv věku na strategii přechodu přes překážku

Poruchy chůze a rovnováhy se běžně vyskytují u starších osob a jsou hlavní příčinou pádů v této populaci. Jsou spojeny se snížením funkční úrovně i se zvýšenou morbiditou a mortalitou (Salzman, 2010, p. 61). Počátek změn v chůzi nastupuje kolem 60–70 let (Whittle, 2007, p. 97). Stárnutí je spojeno s větší intraindividuální variabilitou chůze, bez závislosti na výšce, váze a udávaném chronickém onemocnění starších osob (Callisaya et al., 2010, p. 194).

Změny spojené s přibývajícím věkem, které negativně ovlivňují rovnováhu a chůzi, zahrnují snížení svalové síly a trofiky, snížení kloubní pohyblivosti, snížení kostní denzity, zhoršení respirační kapacity, atrofii v centrálním nervovém systému, zhoršení senzorických funkcí (Rose, 2006, p. 133).

Změny v postavení těla, jako výsledek skeletálních změn, mohou vést k flekčnímu držení těla, což způsobuje posun těžiště dopředu a zvyšují se tak nároky na posteriorní svaly.

Změny v centrálním nervovém systému zahrnují zmenšení neuronových těl a výběžků v mozkové kůře, zejména ve frontálním laloku. K podobné degradaci ve struktuře buněk dochází také v části vermis mozečku. Přestože se neuronální úbytek nemusí nutně objevovat s věkem, objevuje se snížení dendritických spojení a receptorů, což pravděpodobně přispívá

k ohrožení neurotransmitterové aktivity, zvláště dopaminového systému. Substantia nigra ztrácí s každou dekádou 5–10 % svých buněk. V bílé hmotě lze také spatřit změny, dochází k degradaci myelinu. Tyto změny mohou přispívat k motorickému zpomalení a snížení plynulosti pohybu. Degradace v bazálních gangliích, cerebellopontiních okruzích a frontálním laloku se může také projevovat poruchou rovnováhy. Byl pozorován vztah mezi bílou hmotou mozku a mezi pády u starších osob. V míše dochází ke změně motorických neuronů a ke snížení denzity a počtu periferních nervových vláken (Rose, 2006, p. 134).

S přibývajícím věkem pravděpodobně dochází k modifikaci motorické kontroly. Synergie svalů během chůze se nezdá být ovlivněna věkem, ale zdá se být závislá na biomechanických požadavcích během lokomoce (Monaco, Ghionzoli, Micera, 2010, p. 2101). Starší osoby mají také významně sníženou zrakovou ostrost, horší percepci a kontrastní vnímání. Starší osoby potřebují třikrát tolik kontrastní objekt, pro jeho detekci v okolním prostředí. Užívání mnoha léků nebo jejich kombinace může negativně ovlivnit neuromuskulární a vestibulární systém (Rose, 2006, p. 135). Všechny tyto změny nastupující s přibývajícím věkem mohou zhoršit balanční kontrolu a ovlivnit tak lokomoci při překročení přes překážku. Stejně tak schopnost zotavit se z neočekávaného zakopnutí může být významně ovlivněna (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 472).

Mnohé změny v chůzi jsou spojeny se základním onemocněním a neměly by být považovány za důsledek stárnutí. Pro zjištění poruchy chůze je rychlým a spolehlivým diagnostickým nástrojem The Timed Up and Go test. Určení, zda je chůze abnormální může být náročné, protože neexistují jasně stanovené normy, které by definovaly normální chůzi u starších osob (Salzman, 2010, p. 61).

1.6.1 Zvýšení času potřebného pro překročení

Interakce mezi věkem a časem dostupným pro překročení (ART) má vliv na míru úspěšnosti. Se snižujícím se ART se zvyšují rozdíly v úspěšnosti mezi mladšími a staršími jedinci. Při ART větším než 350 ms byly rozdíly v úspěšnosti pouze 6 %, při snížení ART na 200–250 ms stouply rozdíly v úspěšnosti na 32 %. Při ART v rozsahu 400–450 ms potřebují starší osoby pouze 30 ms, aby dosáhly stejné míry úspěšnosti jako mladší osoby. I tak malé zpoždění reakce jako je 50–100 ms může v reálném životě významně snížit úspěšnost překročení (Chen et al., 1994b, p. M231).

Úspěšnost u osob s opakovanými pády v anamnéze je významně nižší oproti osobám s žádným nebo jedním pádem v anamnéze, obzvláště při krátkém ART. Při ART 200–250 ms bylo u osob s pády v anamnéze procento úspěšnosti 33,7 %, u osob bez pádu nebo s jedním pádem v anamnéze bylo procento úspěšnosti 59,9 %. Při delších ART nebyly rozdíly mezi těmito skupinami významné (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 876).

1.6.2 Zvýšení reakčních časů

U starších osob má věk významný vliv na reakční čas, tedy na to, jak rychle jsou osoby schopny zareagovat na překážku. S přibývajícím věkem se zvyšuje latence této reakce. Zvýšení reakčních časů může také vést ke snížení úspěšnosti. Dle Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens je průměrná latenční reakce u mladých osob 122 ms a u starších osob 148 ms. Bereme-li v úvahu jednotlivé skupiny starších osob, ve věkové kategorii 65–69 let je latence 141 ms, ve skupině osob nad 80 let 159 ms (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 873). Přestože starší osoby jsou ve srovnání s mladými pomalejší, reakční časy jsou ještě stále rychlé, srovnáme-li je s jednoduchými reakčními časy dolní končetiny mladých osob – v průměru 179 ms. Co se týče volní modifikace kroku, latence reakce v tomto případě dosahuje hodnot 205 ms (Weerdesteyn et al., 2004, p. 359).

1.6.3 Výběr strategie

Strategie překročení přes překážku u starších a mladších osob ukazují odlišnou distribuci. U mladších osob je poměr využití strategie dlouhého a krátkého kroku 1:1. Starší jedinci více využívají strategii dlouhého kroku. Celková distribuce výběru strategie nezávisí na věku, takže přibývajícím věkem neovlivňuje preferenci strategie dlouhého kroku u starších osob (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 877).

Věk se podílí na míře úspěšnosti vybrané strategie. Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens říkají, že starší osoby mají menší úspěšnost při provádění své vybrané strategie, toto je však statisticky významné u osob nad 69 let. V jejich studii měla nejmladší skupina starších osob (65–69 let) podobnou míru úspěšnosti jako mladé osoby, což ukazuje, že úspěšnost není určena výběrem strategie nebo nejmladší skupina starších osob umí změny dané přibývajícím věkem kompenzovat. S přibývajícím věkem se pravděpodobně tyto kompenzační

mechanismy zhoršují a snižuje se i míra úspěšnosti. I když se osoby ve věku 65–69 nelišili v míře úspěšnosti, lišily se v parametrech „foot clearance“, „toe distance“ a „heel distance“, jak bude popsáno níže. Skutečnost, že i nejmladší skupina starších lidí ukázala, značné rozdíly oproti mladým lidem vyvolává otázku, v jakém věku je možno začít hledat zhoršení ve výše uvedených třech determinantech. Charakteristiky přechodu přes překážku u osob ve věku 40–65 let by pravděpodobně dávaly možnost více nahlédnout na vliv věku na tyto parametry. Zjištění, že přibývajícím věkem negativně ovlivňuje několik důležitých parametrů přechodu přes překážku také navrhuje, že starší osoby různých věkových skupin by pravděpodobně neměly být léčeni jako homogenní skupina (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp. 877–878).

Dle Chen et al. dochází k modifikaci chůze již více než dva kroky před dosažením překážky, starší osoby mění vzor chůze ještě o krok dříve než mladší osoby. Když je ART zkráceno, starší lidé mají problém použít strategii dlouhého kroku. Přestože je strategie krátkého kroku při kratším ART jednodušší, stává se vysoce rizikovou strategií v kombinaci s vysokou rychlostí a může vést k pádu (Chen et al., 1994a, p. 141).

1.6.4 Odlišná pozice končetiny vzhledem k překážce

1.6.4.1 Zvýšení foot clearance

Dle Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch. (2006, pp. 473–475) a Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens (2005, p. 865) je u starších osob „foot clearance“ větší. Se zvyšující se výškou překážky se lineárně zvyšuje, aby starší osoby bezpečně překročily přes překážku a vyhnuli se pádu. Přestože větší „clearance“ vede ke kratší „heel distance“, což může představovat větší riziko zakopnutí z důvodu kontaktu paty a překážky, je tato strategie prospěšná, protože kontakt paty a překážky přináší menší nebezpečí pádu než kontakt prstů a překážky. Zvyšující se „foot clearance“ však vyžaduje zvýšení svalových nároků na švihovou dolní končetinu. Pokud tyto požadavky nejsou splněny, například z důvodu svalové slabosti způsobené stárnutím, starší osoby nejsou schopny zotavit se ze zakopnutí a zvyšuje se riziko pádu.

Van Hedel, Dietz tvrdí, že starší osoby obtížněji adaptují „foot clearance“ na optimální úroveň. Zvýšení „foot clearance“ může být způsobeno neadekvátním zpracováním

senzorického vstupu – vizuálního vstupu informujícího o výšce překážky a propioceptivního vstupu informujícího o pozici dolní končetiny (van Hedel, Dietz, 2004, p. 2142).

1.6.4.2 Změny v toe distance

Změny v „toe distance“ nejsou jednoznačně určeny. Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch (2006, p- 473) tvrdí, že u starších osob je „toe distance“ delší než u mladších osob. Dle Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens (2005, p. 865) je „toe distance“ u starších osob kratší. Menší „toe distance“ znamená zvýšené riziko zakopnutí prstci o překážku.

1.6.4.3 Zkrácení heel distance

U starších osob je „heel distance“ kratší než u mladších osob a se zvyšující se výškou překážky se tato vzdálenost zmenšuje. Menší „heel distance“ zvyšuje riziko kontaktu paty s překážkou (Lowrey, Watson, Vallis, 2007a, p. 292; Lowrey, Reed, Vallis, 2007b, p. 507; Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 475; Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 865).

1.6.5 Modifikace délky a šířky kroku

Délka kroku při chůzi přes překážky je větší než při chůzi bez překážek. Při zvýšení výšky překážky dochází u mladší i starší skupiny osob k lineárnímu snížení délky kroku se zvýšením výšky překážky (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 473). Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens (2005, p. 877) ve své studii udávají, že starší osoby mají oproti mladším osobám menší délku kroku, což může vysvětlovat menší „heel distance“. Starší osoby využívají užší krok a užší opěrnou bazi (Lowrey, Watson, Vallis, 2007a, p. 289). Zkrácení délky kroku, zlepšuje stabilitu proti pádům z uklouznutí, nicméně, snížená rychlost chůze a tím i nižší rychlost těžiště dělají opak. Zkrácení délky kroku a zvýšení rychlosti chůze vede ke snížení rizika pádu (Espy et al., 2010, p. 381).

1.6.6 Prodloužení doby trvání kroku

Dle Lowrey, Watson, Vallis (2007a, p. 293) se při chůzi přes překážky zvyšuje doba trvání kroku u starších a mladších osob. U starších osob je doba trvání kroku delší (Whittle, 2007, p. 97).

1.6.7 Zpomalení chůze

Při chůzi přes překážky se rychlost chůze snižuje (Sparrow et al., 1996, p. 615). Starší osoby při přechodu přes překážku snižují rychlost chůze více než mladší osoby (Lowrey, Watson, Vallis, 2007a, p. 289; Lowrey, Reed, Vallis, 2007b, p. 507).

1.6.8 Změny v pohybu jednotlivých segmentů těla

1.6.8.1 Pohyb dolních končetin

Starší osoby využívají během při překročení přes překážku více konzervativní strategii, realizují zvýšení „foot clearance“ především prostřednictvím jednoho kloubu a to kloubu kyčelního. Pro starší osoby poskytuje kyčelní kloub více efektivní strategii jak elevovat chodidlo nad překážkou, než prostřednictvím pohybu v kotníku, ačkoliv to vyžaduje větší sílu flexorů kyčelního kloubu. Neschopnost zvýšit flexi kyčle z důvodu snížené svalové síly flexorů kyčelního kloubu přispívá ke zvýšenému riziku pádu (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, pp. 477–488).

1.6.8.2 Pohyb pánve a trupu

Během kroku před překážkou vykazují starší osoby podobné pohyby pánve a trupu jako mladší osoby. U starších osob dochází k větší flexi a rotaci trupu (Lowrey et al., 2007a, pp. 293–294). Lowrey et al. uvádí, že zatímco starší osoby zvyšují rozsah pohybu trupu, jejich opěrná báze zůstává neměnná a zvyšují se tak nároky na stabilitu (Lowrey et al., 2007b, p. 508).

1.6.8.3 Pohyb horních končetin

Při chůzi bez překážek i přes překážky dochází u obou skupin osob k recipročnímu pohybu horních končetin, který pomáhá stabilizovat rotační pohyb těla (Ferris, Huang, Kao, 2006, p. 113; Perry, 1992, p. 145). Studie neuvádějí, zda existuje rozdíl v pohybu horních končetin v závislosti na věku osob.

1.6.8.4 Rozdíly v poloze a pohybu těžiště

Při přechodu přes překážku využívají starší osoby větší anteriorní inklinací úhel mezi COM a COP, u starších osob je tedy potřeba vyvinout více úsilí pro kontrolu předozadní stability (Huang et al., 2008, p. 972–974). Hahn, Chou naopak uvádí, že u starších osob je snižena anteroposteriorní vzdálenost mezi COM a COP a rychlost pohybu v tomto směru je nižší ve srovnání s mladšími osobami (Hahn, Chou, 2004, p. 837). Co se týče mediolaterálního směru, u starších osob se inklinací úhel mezi COM a COP zmenšuje, aby došlo k úspěšnému překročení překážky bez pádu na stranu. Spadnutí na stranu je jeden z rizikových faktorů fraktur krčku femoru, vyskytujících se převážně u starších. Stabilita těla v mediolaterálním směru je důležitým parametrem k odlišení osob s poruchami rovnováhy. Tyto osoby mají větší inklinací úhel mezi COM a COP v mediolaterálním směru (Chou et al., 2003, p. 125). Proto snížení mediálních inklinací úhlů mezi COM a COP u starších lidí může být užitečné pro úspěšné překročení překážky. Při snížení mediolaterálního inklinací úhlu má muskuloskeletální systém více prostoru ke kontrole švihové dolní končetiny, aby zajistil dostatečné zvednutí končetiny přes překážku. Při zvýšení výšky překážky se inklinací úhly snižují, z čehož vyplývá, že starší osoby mají tendenci držet svou pozici COM blízko pozice COP, aby zvýšily stabilitu těla (Huang et al., 2008, p. 972–974).

1.7 Ostatní faktory ovlivňující chůzi přes překážky

1.7.1 Úloha zraku při překročení přes překážku

Vizuální informace je pro pohyb rozhodující. Neustále je potřeba zkoumat půdu a vyhnout se případným překážkám. V závislosti na vizuální informaci, která je obdržena, dochází k anticipačním modifikacím chůze. To může zahrnovat např. změnu směru, modifikaci délky kroku či změny trajektorie končetin. Za nenáročných okolností osoby sledují okolí jen zřídka, zatímco když je v cestě umístěna překážka, osoby zvyšují frekvenci sledování překážky. Vizuální informace je pro překročení přes překážku důležitá, ale není potřeba fixovat překážku neustále. Přerušovaná vizuální informace je dostačující, delší zraková kontrola je vyžadována se zvyšující se náročností lokomočního úkolu (Drew et al., 2008, p. 209).

1.7.2 Vliv pohlaví na strategii přechodu přes překážku

Adaptivní lokomoční strategie při chůzi přes překážku se liší v závislosti na pohlaví jedince. Co se týče prostorových proměnných, ženy prezentují konzervativní lokomoční strategie. Ukázalo se, že při dynamických podmínkách překážky a pomalé rychlosti chůze potřebují ženy delší čas pro vizuální analýzu, což se projeví prodloužením doby trvání předposledního a posledního kroku. Konkrétně se zdá, že při vysoké rychlosti ženy zvyšují dobu trvání překročení, aby přizpůsobily své pohyby požadované rychlosti. Rozdílné adaptivní lokomoční strategie u žen a mužů mohou být vysvětlovány rozdílnou konstitucí těla a senzorickou a motorickou integrací. Muži jsou více schopni integrovat informace a pohyby, které jsou vyžadovány pro dosažení cíle daného úkolu (Gobbi, Da Silva, Barbieri, 2011, p. 77).

2 CÍLE A HYPOTÉZY

2.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je zjistit, jaké strategie osoby využívají při překročení přes překážku, a zda existují rozdíly mezi skupinou mladších a starších osob.

Dílčí cíle:

- objektivizovat, jak se liší průměrná svalová aktivita švihové dolní končetiny („leading limb“) a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální a reálné překážky,
- posoudit hodnoty Timed Up and Go testu a jeho modifikací ve vztahu ke zvýšenému riziku pádu při přechodu přes překážku,
- zhodnotit, jaká je preference dolní končetiny ve vztahu k překročení přes překážku,
- posoudit, zda existuje vztah mezi dominancí dolní končetiny a výběrem preferenční končetiny, která překračuje přes překážku první v pořadí,
- posoudit, v jaké míře je využívána strategie krátkého a dlouhého kroku při překročení přes překážku,
- zhodnotit, jaká je míra úspěšnosti při chůzi přes překážky.

2.2 Vědecké otázky a hypotézy

Vědecká otázka č. 1

Existuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů leading limb a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky?

H₀₁: Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky:

- a) u všech osob, bez ohledu na věk,
- b) u mladší skupiny osob,
- c) u starší skupiny osob.

H₀₂: Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky:

- a) u všech osob, bez ohledu na věk,
- b) u mladší skupiny osob,
- c) u starší skupiny osob.

Vědecká otázka č. 2

Existuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky?

H₀₃: Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky:

- a) u všech osob, bez ohledu na věk,
- b) u mladších osob,
- c) u starších osob.

Vědecká otázka č. 3

Existuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky mezi mladší a starší skupinou osob?

H₀₄: Neexistuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob.

H₀5: Neexistuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob.

Vědecká otázka č. 4

Existuje rozdíl v hodnotě Timed Up and Go testu a jeho modifikací mezi mladší a starší skupinou osob?

H₀6: Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu mezi mladší a starší skupinou osob.

H₀7: Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu s kognitivním úkolem mezi mladší a starší skupinou osob.

H₀8: Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu s manuálním úkolem mezi mladší a starší skupinou osob.

Vědecká otázka č. 5

Jaké strategie jsou využívány při přechodu přes překážku?

- a) Existuje vztah mezi výběrem preferenční dolní končetiny a překročením přes překážku?
- b) Existuje vztah mezi dominancí dolní končetiny a výběrem preferenční dolní končetiny, která překračuje přes překážku jako první v pořadí?
- c) V jaké míře je využívána strategie dlouhého a krátkého kroku?
- d) Jaká je míra úspěšnosti při překročení přes překážku?

3 METODIKA VÝZKUMU

3.1 Charakteristika souboru

Do vybraného souboru bylo zařazeno celkem 32 osob: 16 mladších osob (4 muži a 12 žen; věk $24,13 \pm 1,71$ let, min 22 let, max 29 let; výška $170,63 \pm 9,75$ cm, min 150 cm, max 192 cm; váha $63,94 \pm 10,16$ kg, min 50 kg, max 84 kg) a 16 starších osob (8 mužů a 8 žen; věk $49,63 \pm 4,01$ let, min 46 let, max 58 let; výška $172,75 \pm 7,54$ cm, min 158 cm, max 188 cm; váha $80,06 \pm 14,80$ kg, min 51 kg, max 107 kg).

Všechny osoby byly bez poruchy zraku a kognitivních funkcí. Nebyla u nich zjištěna žádná neuromuskulární dysfunkce. Kožní kryt v místě aplikace elektrod byl neporušen, bez alergické reakce na aplikaci elektrod. Účastníci neuváděli žádné jiné nemoci ani významnou osobní anamnézu, kvůli které by mohli být ze souboru vyřazeni. Všechny osoby byly oblečeny ve sportovním oblečení, pro chůzi zvolily vlastní obuv – tenisky.

3.2 Popis průběhu vyšetření a měření

Vyšetření i měření probíhalo v Kineziologické laboratoři na Oddělení rehabilitace Fakultní nemocnice Olomouc. Od všech probandů byly odebrány anamnestické údaje k vyloučení možné patologie, pro kterou by jedinci mohli být ze souboru vyloučeni.

Všichni účastníci podepsali informovaný souhlas, vyplnili anamnestický dotazník a byli seznámeni s průběhem a podstatou měření (viz příloha 1, str. 110; příloha 2, str. 111). Základní anamnestické údaje všech probandů zobrazuje příloha 3, str. 112.

3.2.1 Klinické testy

Nejprve byl proveden klinický test Timed Up and Go. Test byl zvolen s cílem určení zvýšeného rizika pádů. Využití testu pro určení zvýšeného rizika pádu argumentuje Shumway-Cook, Brauer, Woollacott (2000, pp. 896–903). Proband byl posazen na židli, od

kteé byla naměřena čára ve vzdálenosti 3 metry. Proband byl vyzván, aby seděl na židli s horními končetinami volně podél těla. Po odpočítání 3 s a slovního pokynu "ted" měl za úkol vstát ze židle, svým přirozeným tempem dojít k vyznačené čáře, vrátit se zpět a posadit se do původní pozice. Testovaly se tři varianty.

V první části proband došel běžnou rychlostí chůze k čáře, zde se otočil, vrátil se zpět a posadil se na židli do původní pozice.

Druhá část byla s kognitivním úkolem, kdy proband musel projít celou cestu a odpočítávat číslo 7 od čísla 100.

Do třetího úseku testu byl zahrnut manuální úkol. Proband prošel tratí, zatímco v ruce držel kelímek z poloviny naplněný vodou. Obdobný kognitivní a manuální úkol zvolili také Shumway-Cook, Brauer a Woollacott (2000, p. 899).

Po klinickém testu TUG následoval test pro určení dominance dolní končetiny. Dominance dolní končetiny byla určena podle toho, kterou končetinou proband silou kopnul do míče ležícího na zemi před ním.

3.2.2 Polyelektromyografické vyšetření

Klíčovou náplní měření byla chůze, během které byla snímána svalová aktivita vybraných svalů horních a dolních končetin pomocí povrchové elektromyografie. Byl použit 16-ti kanálový povrchový polyelektromyograf MyoSystem 2500 firmy Noraxon[®] se softwarem MyoVideo a MyoResearch propojeného s notebookem prostřednictvím TeleMyo PC Interface zařízení.

Svalová aktivita byla snímána ze sedmi svalů bilaterálně, z m. deltoideus – pars medialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii – caput longum, m. biceps femoris – caput longum, m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis a m. tibialis anterior.

Před vlastní aplikací povrchových elektrod byla kůže očištěna abrazivní pastou, následně omyta mokrým ručníkem a poté vytřena do sucha suchou utěrkou. Poté byla pečlivě vypalována svalová bříška testovaných svalů, na které se nalepily dvě stejně velké jednorázové samoadhezivní povrchové elektrody Kendall H92SG o velikosti 48x34 mm. Tyto elektrody byly přilepeny ve střední linii měřených svalů orientované kolmo na průběh svalových vláken. Jejich diferenciální zesilovače byly přichyceny lepicí páskou ke kůži.

Zemní elektroda o Ø 24 mm byla umístěna na acromion. Správnost nalepení elektrod byla překontrolována testováním jednotlivých svalů podle jejich funkce. Průběh celého měření prostřednictvím povrchové elektromyografie byl zachycen videokamerou Panasonic HDC-SD9.

3.2.3 Chůze na pohyblivém pásu

Chůze byla realizována na pohyblivém pásu C-Mill ForceLink B.V.[®] Před samotným měřením bylo probandovi umožněno, aby se během jedné až dvou minut prošel na pásu a postupně si zvykl na plynulé zvyšování rychlosti až na hodnotu 2,5 km/h. Rychlost se během celého měření neměnila. Po celou dobu měření byl proband vyzván, aby udržoval pozici svého těla zhruba v polovině pásu, a aby se během chůze nepřidržel bočních madel. Testování zahrnovalo tři situace, viz příloha 4, str. 114.

V první testované situaci se proband procházel dvě minuty bez překážek. Poté následovala tří-minutová pauza, kdy bylo probandovi umožněno posadit se a odpočinout si.

V druhé testované situaci měl proband za úkol během chůze překročit přes virtuální překážky promítané na plošinu pomocí projektoru. Překážky o šířce 350 mm byly manuálně spouštěny pomocí programu ForceLink CueFors. Rychlost pásu se nezměnila. Proband se procházel 1,5 minuty. Během této doby bylo na plošinu promítáno 10 fiktivních překážek. Osoby nebyly informovány, ve které chvíli se překážka objeví. Překážka se objevila náhodně v libovolně zvoleném časovém úseku. Časový interval mezi jednotlivými překážkami byl v náhodném pořadí. Po provedení lokomočního úkolu následovaly opět tři minuty odpočinku a tento proces se opakoval. Proband se tedy podruhé procházel 1,5 minuty po chodníku a byl vyzván k překročení 10 fiktivních překážek.

Po dalších třech minutách odpočinku následovalo využití reálných překážek. Proband se procházel po pásu, místo fiktivních překážek promítaných projektorem však musel překročit překážky reálné. Reálnou překážku představoval polystyrenový kvádr o rozměrech 400x200x100 mm. Proband se procházel 2,5 minuty a během této doby se na jeho dráze objevilo 15 překážek, které byly manuálně umístěny na začátek pásu v libovolně zvoleném časovém úseku. Celkově měl tedy proband za úkol překročit přes 35 překážek.

3.3 Popis zpracování naměřených dat

Pomocí videa byla stanovena tzv. „leading limb preference“, tedy končetina, kterou preferenčně osoby překračovaly přes překážku. Také bylo zaznamenáno, kolik překážek bylo úspěšně překročených a zda byla využívána strategie dlouhého nebo krátkého kroku.

Snímané elektrické signály byly zaznamenány, zpracovány a vyhodnoceny počítačovým programem MyoResearch XP Master Edition 1.08.27. Surový elektromyografický záznam byl nejprve upraven pomocí rektifikace a dále vyhlazen prostřednictvím parametru Root Mean Square (RMS) o hodnotě 200 ms. Ve videozáznamu bylo pomocí markerů označeno a vybráno celkem 15 úseků. Jednalo se o 5 švihových fází „leading limb“ ve třech testovaných situacích – chůze bez překážek, chůze přes virtuální překážky, chůze přes reálné překážky. Počátek hodnocené fáze krokového cyklu představovalo odlepení prstců chodidla („toe-off“, viz obr. 4), hodnocená fáze končila dopadem paty za překážku („heel-strike“, viz. obr. 5, str. 35). Vše zmíněné bylo analyzováno prostřednictvím aplikace Average Activation.

Obr. 4 Počátek hodnocené fáze krokového cyklu – „toe-off“ (foto vlastní)



Obr. 5 Konec hodnocené fáze krokového cyklu – „heel-strike“ (foto vlastní)



Číselné údaje byly dále zpracovány v programu Microsoft Office Excel. Vyhodnocení se zaměřilo na svalovou aktivitu leading limb a kontralaterální horní končetiny. Byly spočítány průměrné hodnoty z průměrných amplitud aktivity jednotlivých svalů v 5-ti vybraných úsecích krokového cyklu a to zvlášť pro chůzi, chůzi přes virtuální překážky a chůzi přes reálné překážky.

3.3.1 Statistické zpracování dat

Pro statistické vyhodnocení dat byl použit program STATISTICA CZ verze 10.0 firmy StatSoft. Pro charakter výzkumu, kdy bylo potřeba zhodnotit rozdíl ve svalové aktivitě mezi jednotlivými testovacími situacemi (chůze bez překážek, chůze přes virtuální překážky, chůze přes reálné překážky), byly hodnoceny relativní hodnoty svalové aktivity (R_{SA}) vzhledem k chůzi podle vzorce $R_{SA} = SA_{PŘ}/SA_{CH} \cdot 100$ ($SA_{PŘ}$ – svalová aktivita při přechodu přes překážky, SA_{CH} – svalová aktivita během chůze). K ověření platnosti stanovených hypotéz byl použit t-test pro určení rozdílů mezi chůzí bez překážek a chůzí přes překážky, Wilcoxonův párový test pro zjištění rozdílů mezi chůzí přes virtuální překážky a chůzí přes reálné překážky, Mann-Whitneyův U test pro zjištění rozdílů mezi skupinou mladších a starších osob a Shapiro-Wilksův W test s jednofaktorovou analýzou rozptylu pro určení rozdílu mezi mladší a starší skupinou osob při provádění TUG testu. Za signifikantní byly považovány výsledky na hladině významnosti 0,05.

4 VÝSLEDKY

Hodnoty svalové aktivity každého probanda znázorňuje příloha 9, str. 121 a příloha 10, str. 128. Tabulka 1 zobrazuje průměr a směrodatnou odchylku hodnoty svalové aktivity u vybraných svalů dolní končetiny („leading limb“) a kontralaterální horní končetiny při třech testovaných situacích u všech osob bez ohledu na věk. Tabulka 2 a tabulka 3, str. 37, znázorňují tyto hodnoty s ohledem na věk. Všechny hodnoty jsou uváděny v relativních hodnotách vzhledem k chůzi.

Tab. 1 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u všech osob, bez ohledu na věk

	VIRTUÁLNÍ PŘEKÁŽKA		REÁLNÁ PŘEKÁŽKA	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
BF	122,87	55,85	124,94	53,40
RF	335,66	201,63	436,69	325,97
GM	117,62	104,64	192,62	146,50
TA	132,27	24,13	140,49	32,45
DEL	140,67	78,55	216,83	229,34
BB	244,19	152,07	329,26	220,26
TB	133,80	45,95	193,70	113,19

Legenda: $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior, **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii

Tab. 2 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u mladší skupiny osob

	VIRTUÁLNÍ PŘEKÁŽKA		REÁLNÁ PŘEKÁŽKA	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
BF	123,11	46,34	122,15	56,40
RF	407,93	190,42	543,44	369,78
GM	153,63	139,42	218,06	153,93
TA	129,93	19,91	143,41	33,97
DEL	137,58	65,94	200,46	157,52
BB	283,79	188,60	363,91	257,02
TB	136,57	52,79	221,11	136,99

Legenda: $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior, **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii

Tab. 3 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u starší skupiny osob

	VIRTUÁLNÍ PŘEKÁŽKA		REÁLNÁ PŘEKÁŽKA	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
BF	122,63	65,56	127,73	51,92
RF	263,39	191,36	329,94	241,96
GM	81,61	20,58	167,18	138,84
TA	134,61	28,21	137,57	31,69
DEL	143,76	91,55	233,21	288,64
BB	204,59	94,20	294,62	177,90
TB	131,04	39,50	166,30	78,16

Legenda: $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior, **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii

4.1 Výsledky k vědecké otázce č. 1

Vědecká otázka č. 1, ve znění: „Existuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky?“, byla řešena ve dvou hypotézách (H_01 – H_02).

Cílem bylo zjistit, zda se liší průměrná svalová aktivita vybraných svalů dolní končetiny („leading limb“) a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální a reálné překážky: a) u všech osob, bez ohledu na věk, b) u mladší skupiny osob, c) u starší skupiny osob.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí t-testu byla spočítána pravděpodobnost (p) pro následné testování nulových hypotéz.

4.1.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení

Hypotézu **H₀₁** ve znění: „Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky:

- a) u všech osob, bez ohledu na věk“, zamítáme pro m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. tibialis anterior, m. deltoideus, m. biceps brachii a m. triceps brachii. Pro m. gastrocnemius medialis nelze zamítnout.
- b) u mladší skupiny osob“, zamítáme pro m. rectus femoris a m. gastrocnemius medialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.
- c) u starší skupiny osob“, zamítáme pro m. gastrocnemius medialis a pro m. biceps brachii. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Tabulka 4, str. 39, zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí této hypotézy.

Tab. 4 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze bez překážek s chůzí přes virtuální překážky

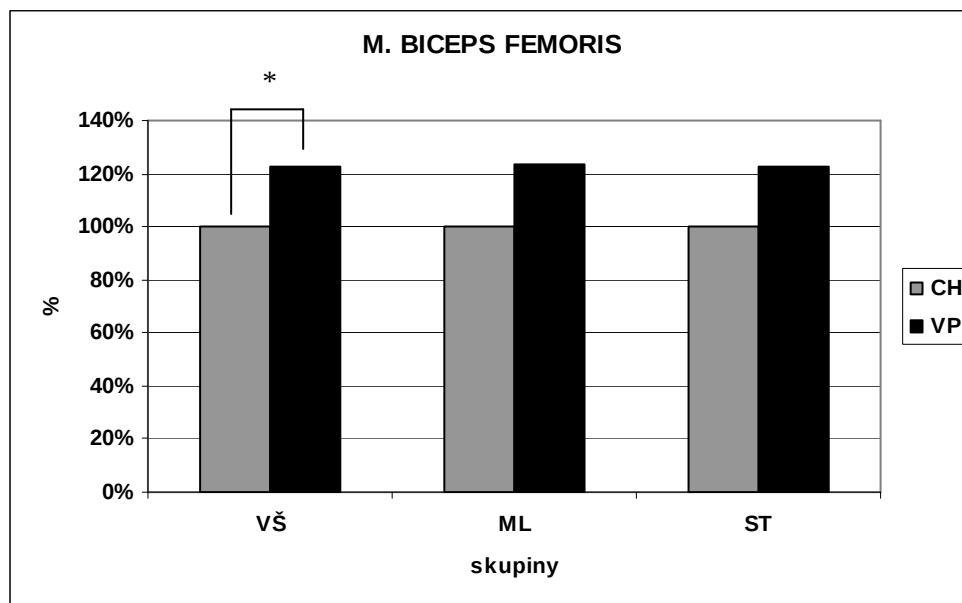
CH x VP	BF	RF	GM	TA	DEL	BB	TB
VŠ	0,0273*	0,0000**	0,3482	0,0000**	0,0063**	0,0000**	0,0002**
ML	0,9808	0,0405*	0,0498*	0,5919	0,8280	0,1434	0,7393
ST	0,1904	0,9850	0,0000**	0,1891	0,2153	0,0108*	0,2726

Legenda: CH – chůze, VP – virtuální překážka, VŠ – všechny osoby, bez ohledu na věk,

ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob, BF – m. biceps femoris, RF – m. rectus femoris, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior DEL – m. deltoideus, BB – m. biceps brachii, TB – m. triceps brachii, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

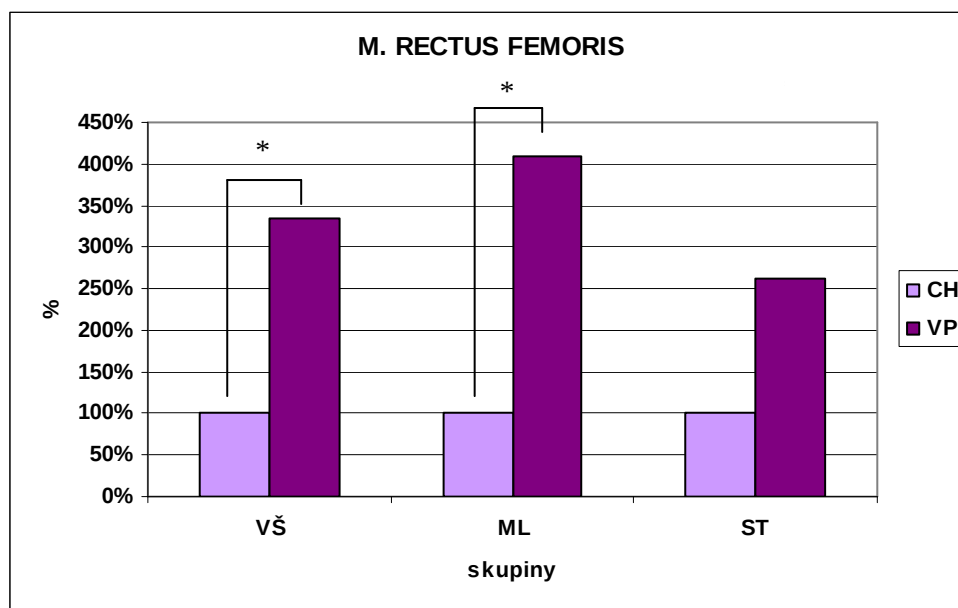
Grafy 1–7, str. 39–43, znázorňují průměrnou aktivitu všech testovaných svalů během chůze bez překážek a během chůze přes virtuální překážky.

Graf 1 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



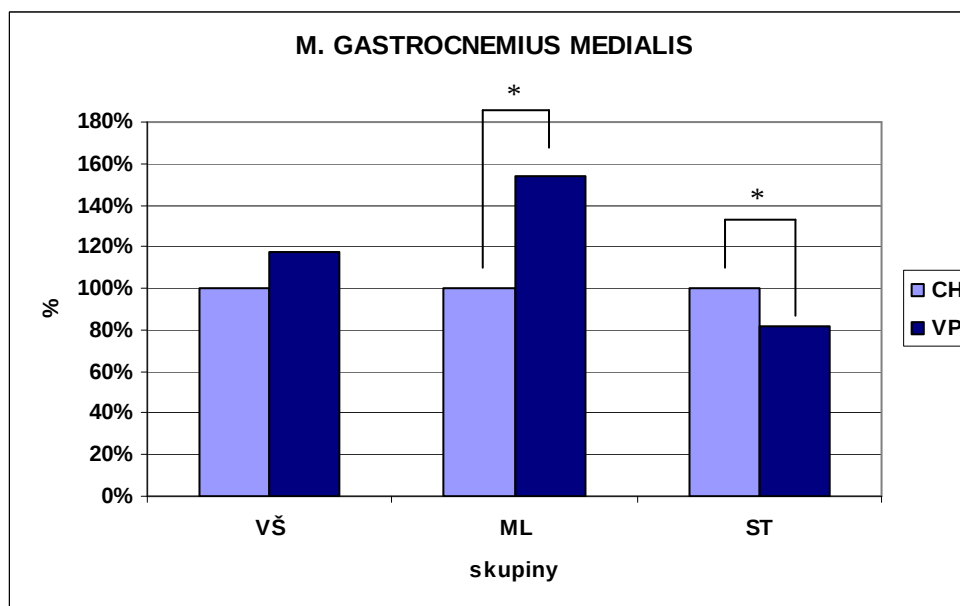
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, CH – chůze, VP – virtuální překážka, VŠ – všechny osoby, bez ohledu na věk, ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

Graf 2 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



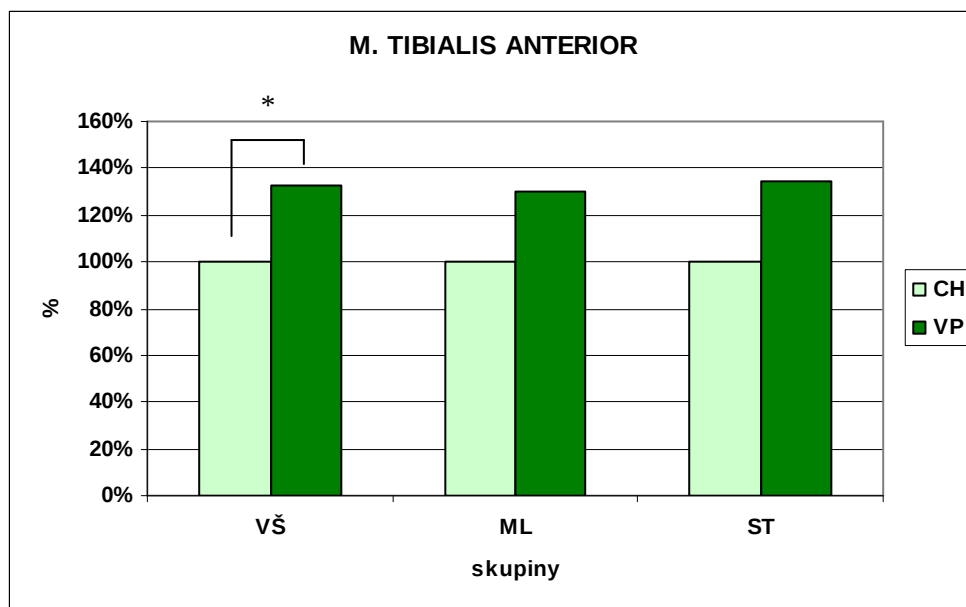
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 3 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



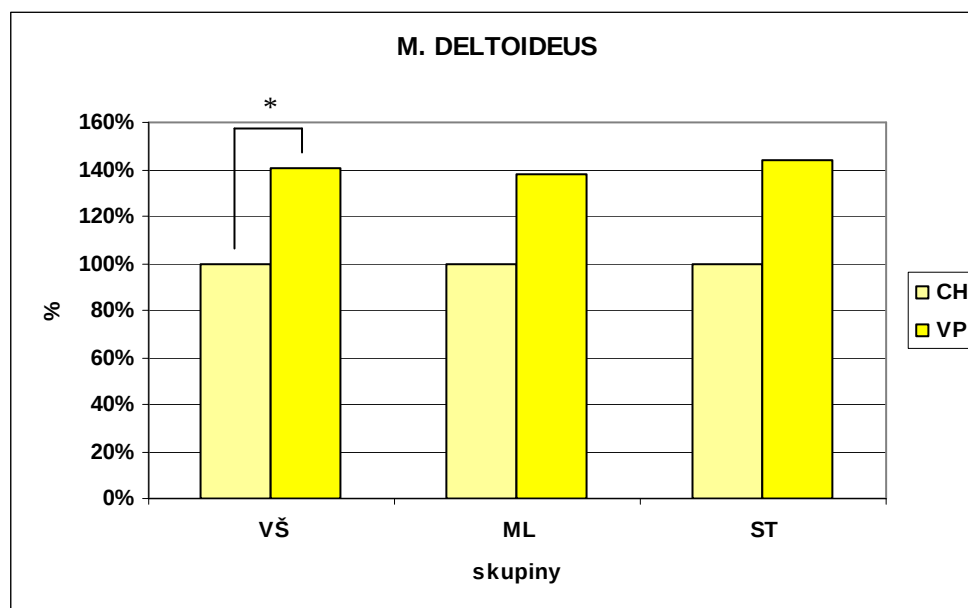
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 4 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



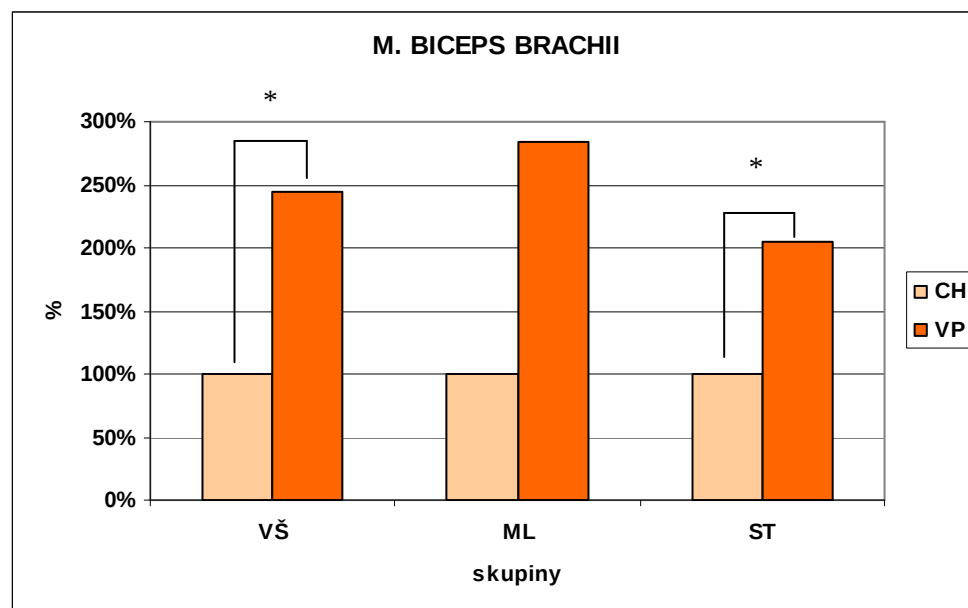
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 5 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



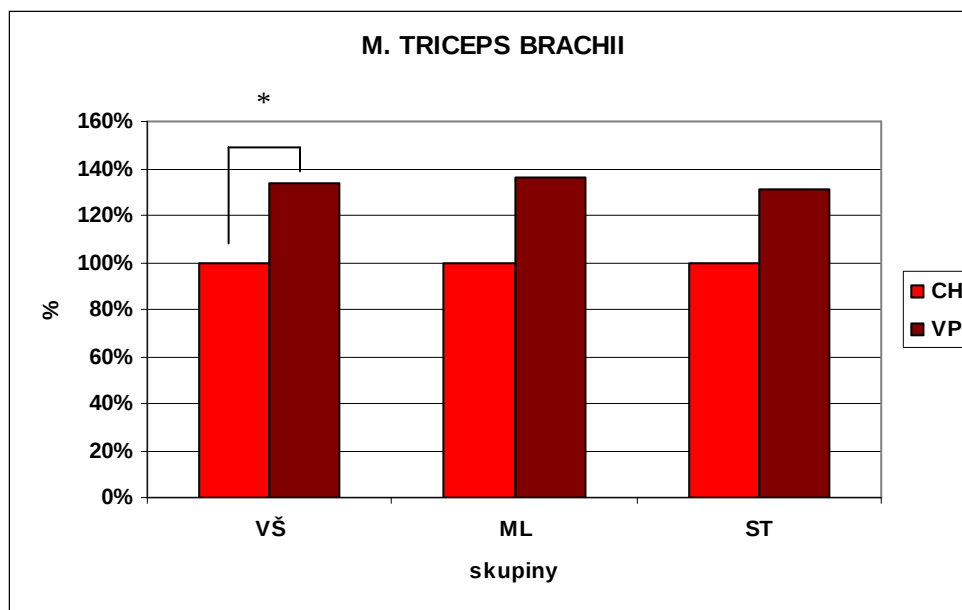
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 6 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 7 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Hypotézu **H₀₂** ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi bez překážek a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky:*

- u všech osob, bez ohledu na věk*“, zamítáme pro všechny testované svaly.
- u mladší skupiny osob*“, nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.
- u starší skupiny osob*“, zamítáme pro m. deltoideus a m. triceps brachii. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Tabulka 5, str. 44, zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí této hypotézy.

Tab. 5 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze bez překážek s chůzí přes reálné překážky

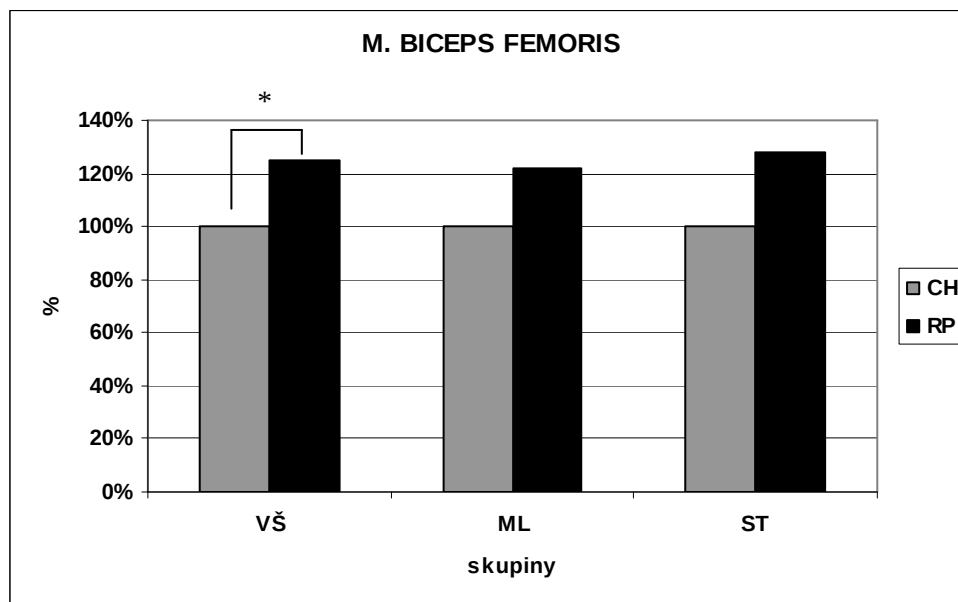
CH x RP	BF	RF	GM	TA	DEL	BB	TB
VŠ	0,0128*	0,0000**	0,0012**	0,0000**	0,0071**	0,0000**	0,0001**
ML	0,7731	0,0628	0,3341	0,6187	0,6931	0,3823	0,1748
ST	0,7529	0,1112	0,6946	0,7916	0,0249*	0,1656	0,0370*

Legenda: CH – chůze, RP – reálná překážka, VŠ – všechny osoby, bez ohledu na věk,

ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob, BF – m. biceps femoris, RF – m. rectus femoris, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior DEL – m. deltoideus, BB – m. biceps brachii, TB – m. triceps brachii, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

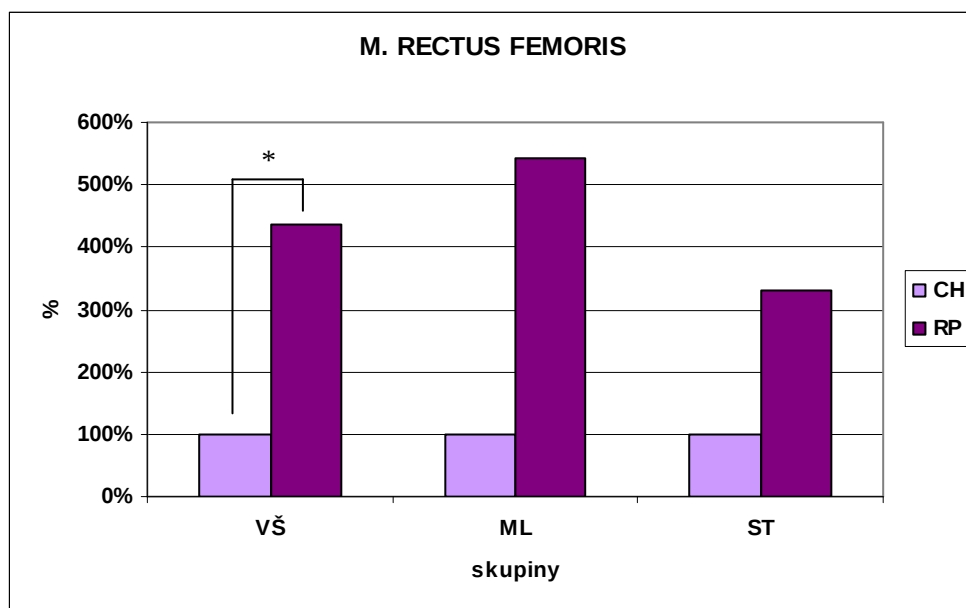
Grafy 8–14, str. 44–48, znázorňují průměrnou aktivitu všech testovaných svalů během chůze bez překážek a během chůze přes reálné překážky.

Graf 8 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



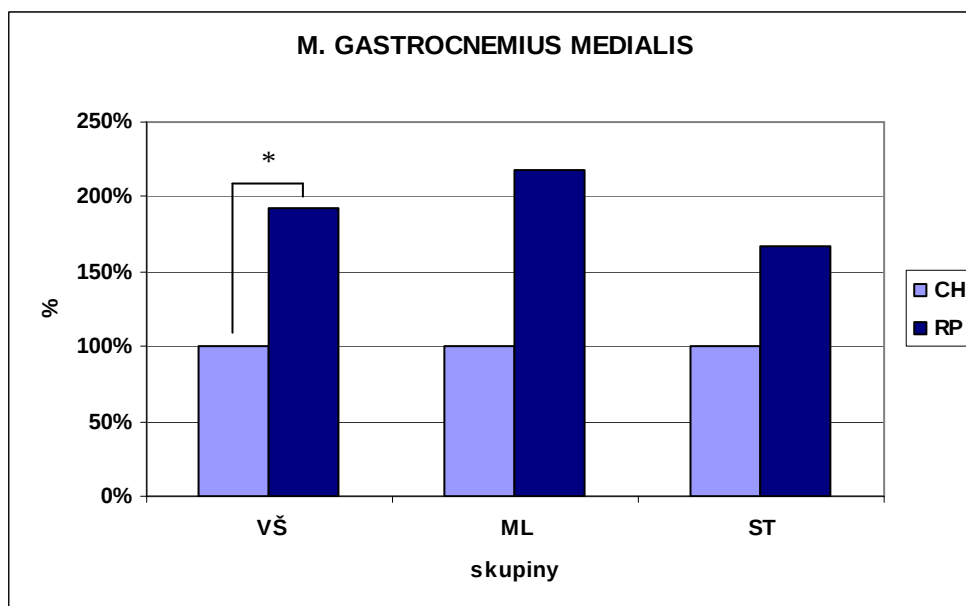
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, CH – chůze, RP – reálná překážka, VŠ – všechny osoby, bez ohledu na věk, ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

Graf 9 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



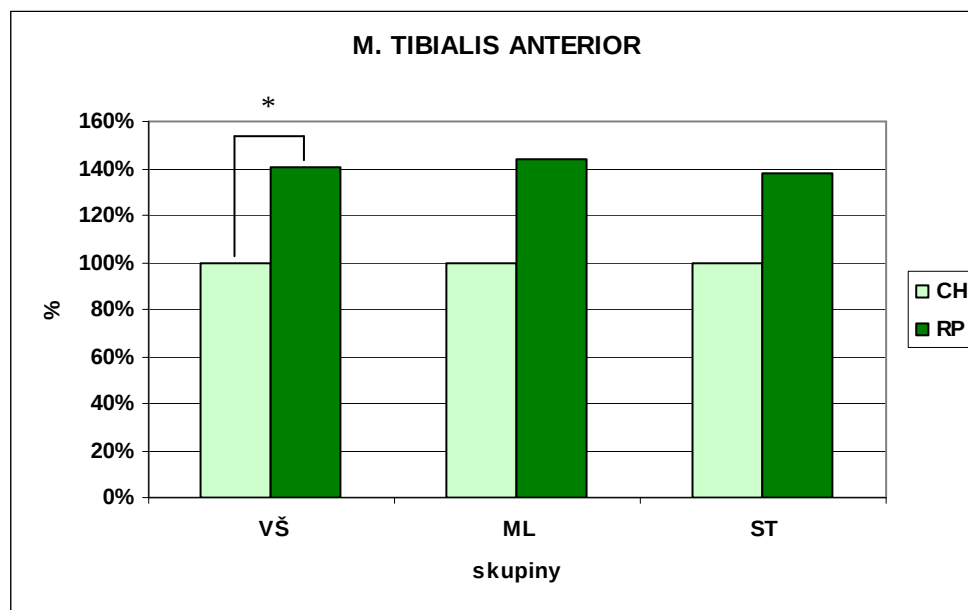
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 10 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



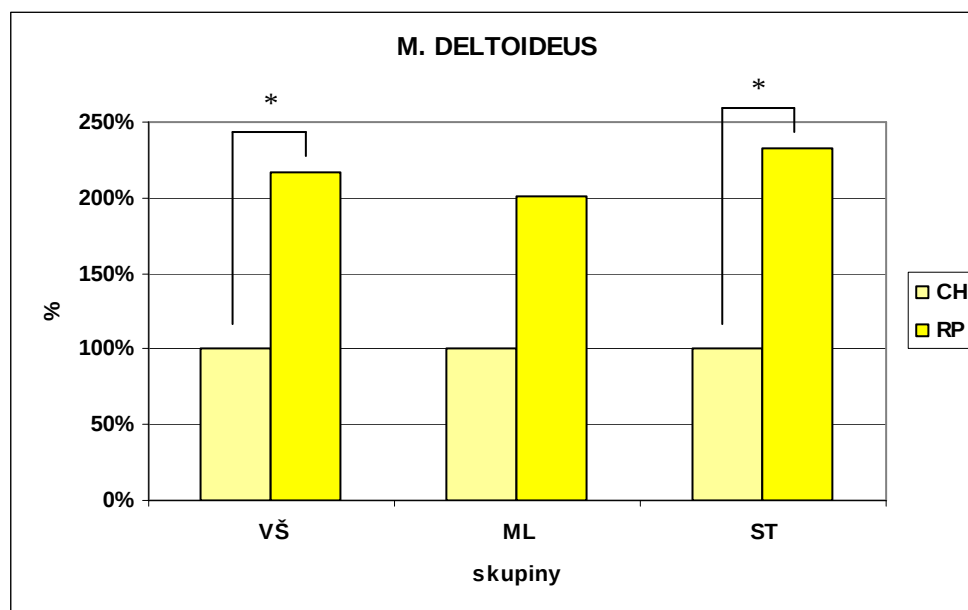
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 11 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



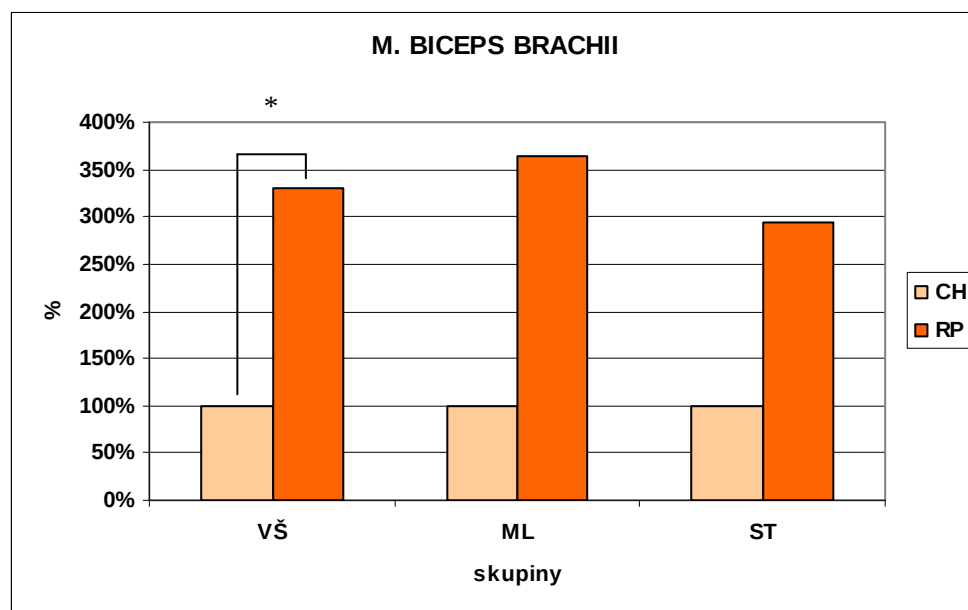
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 12 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



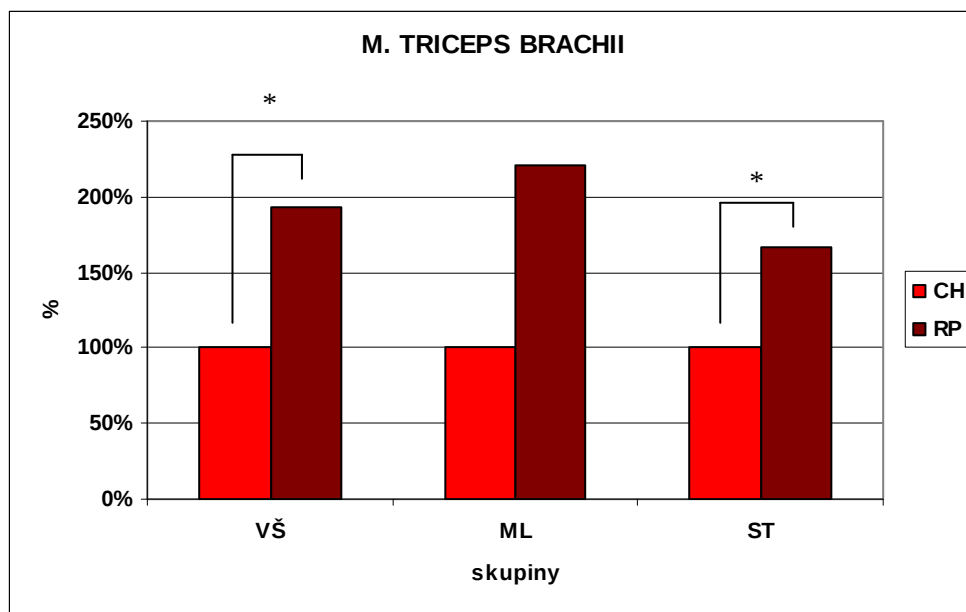
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 13 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 14 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **CH** – chůze, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

4.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2

Vědecká otázka č. 2, ve znění: „Existuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky?“, byla řešena v jedné hypotéze (H_03).

Cílem bylo zjistit, zda se liší průměrná svalová aktivita vybraných svalů dolní končetiny („leading limb“) a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky: a) u všech osob, bez ohledu na věk, b) u mladší skupiny osob, c) u starší skupiny osob.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí Wilcoxonova párového testu byla spočítána pravděpodobnost (p) pro následné testování nulové hypotézy.

4.2.1 Vyjádření k hypotéze na základě statistického hodnocení

Hypotézu **H₀₃** ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky a mezi průměrnou aktivitou svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky:*

- a) *u všech osob, bez ohledu na věk*“, zamítáme pro m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis, m. deltoideus, m. biceps brachii a m. triceps brachii. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.
- b) *u mladší skupiny osob*“, zamítáme pro m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis, m. deltoideus, m. biceps brachii a m. triceps brachii. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.
- c) *u starší skupiny osob*“, zamítáme pro m. gastrocnemius medialis, m. biceps brachii a m. triceps brachii. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Tabulka 6 zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí této hypotézy.

Tab. 6 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes virtuální překážky s chůzí přes reálné překážky

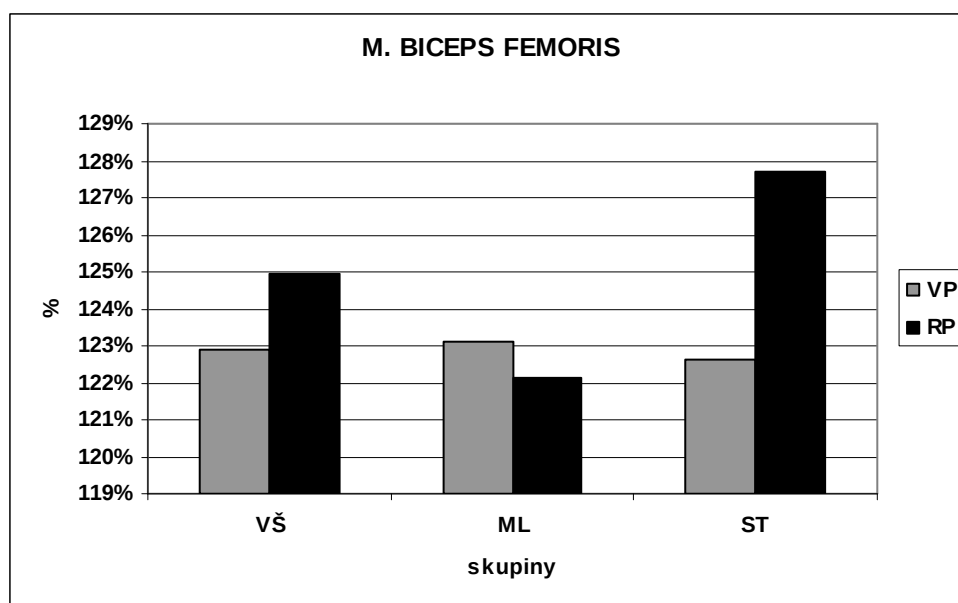
VP x RP	BF	RF	GM	TA	DEL	BB	TB
VŠ	0,3217	0,0063**	0,0006**	0,1782	0,0261*	0,0042**	0,0001**
ML	0,8767	0,0299*	0,0229*	0,1337	0,0386*	0,0437*	0,0008**
ST	0,1788	0,0703	0,0097**	0,6791	0,3259	0,0386*	0,0340*

Legenda: VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, VŠ – všechny osoby, bez ohledu na věk, ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob, BF – m. biceps femoris, RF – m. rectus femoris, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior DEL – m. deltoideus,

BB – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

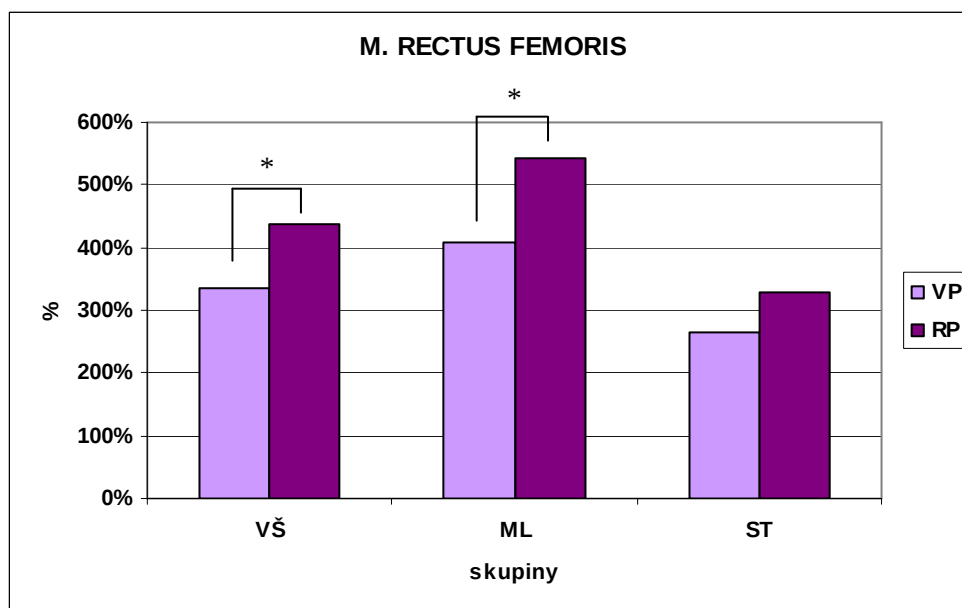
Grafy 15–21, str. 50–54, znázorňují průměrnou aktivitu všech testovaných svalů během chůze přes virtuální překážky a během chůze přes reálné překážky.

Graf 15 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



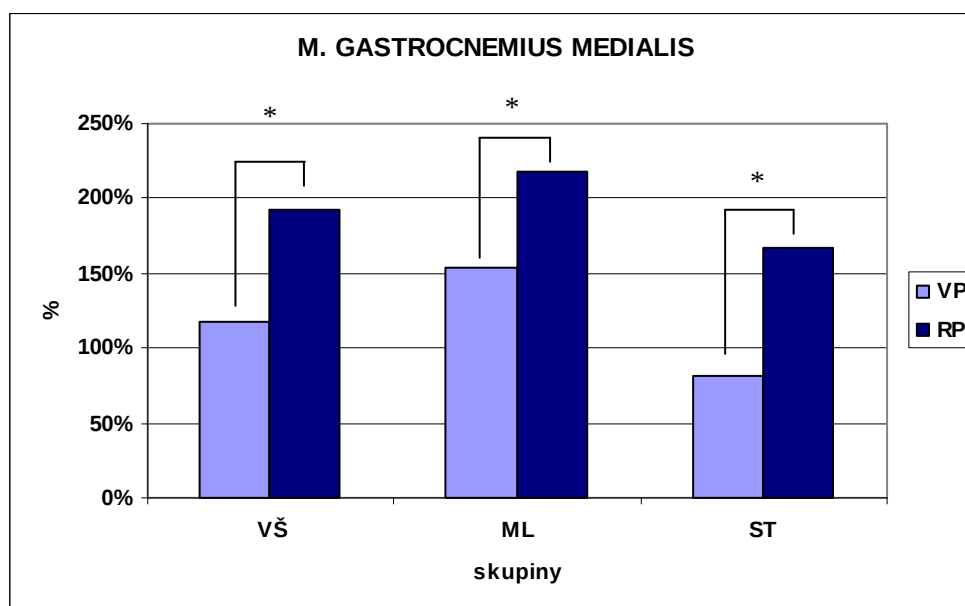
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob

Graf 16 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



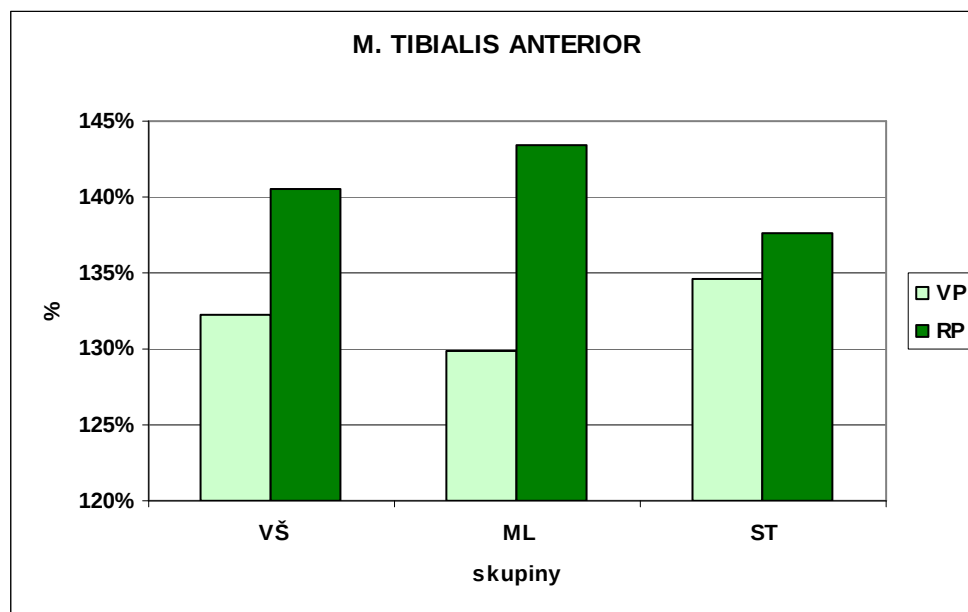
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 17 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



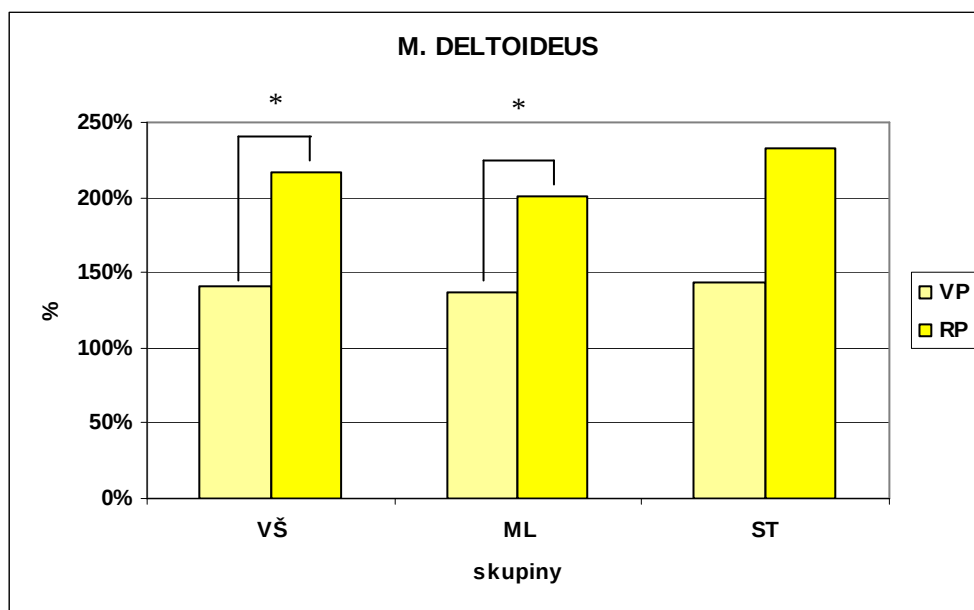
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 18 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



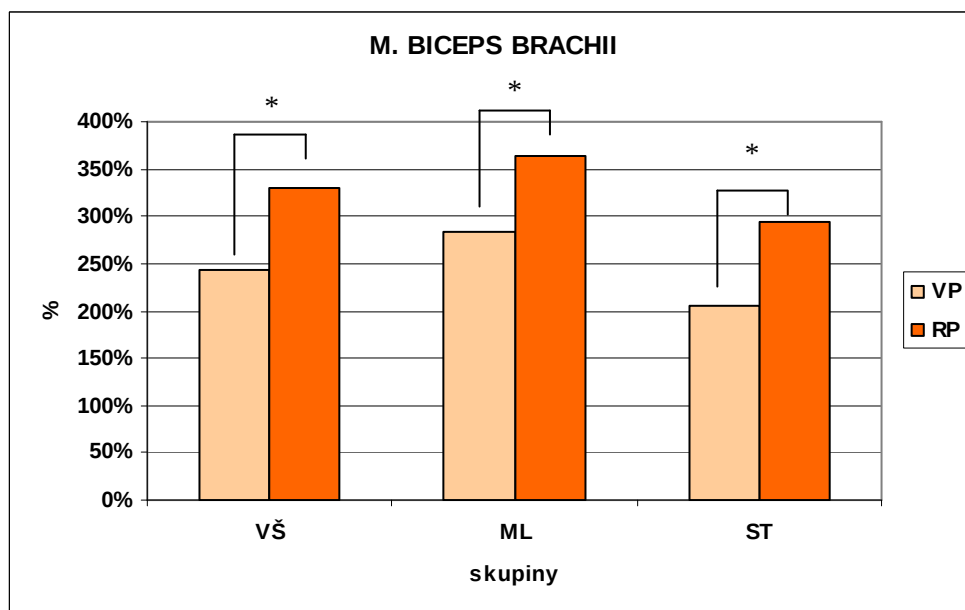
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob

Graf 19 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



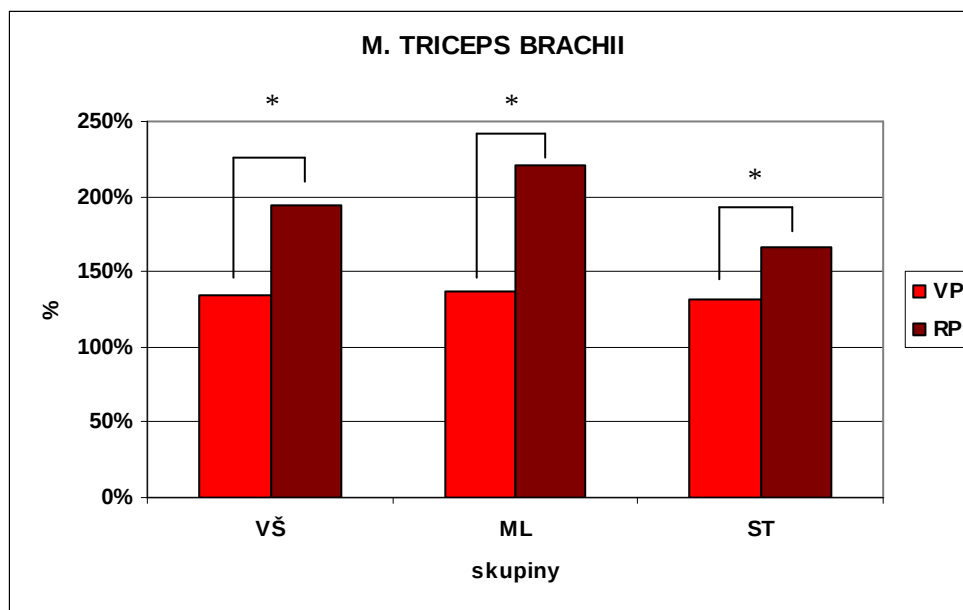
Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

Graf 20 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 21 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, **VŠ** – všechny osoby, bez ohledu na věk, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, * – signifikantní rozdíl, $p < 0,05$, ** – signifikantní rozdíl, $p < 0,01$

4.3 Výsledky k vědecké otázce č. 3

Vědecká otázka č. 3, ve znění: „Existuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky mezi mladší a starší skupinou osob?“, byla řešena ve dvou hypotézách (H_04 – H_05).

Cílem bylo zjistit, zda se liší průměrná svalová aktivita vybraných svalů dolní končetiny („leading limb“) a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální a reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí Mann-Whitneyova U testu byla spočítána pravděpodobnost (p) pro následné testování nulových hypotéz.

4.3.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení

Hypotézu **H₀₄** ve znění: „*Neexistuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob.*“, zamítáme pro m. rectus femoris. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Tabulka 7 zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí této hypotézy.

Tab. 7 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob

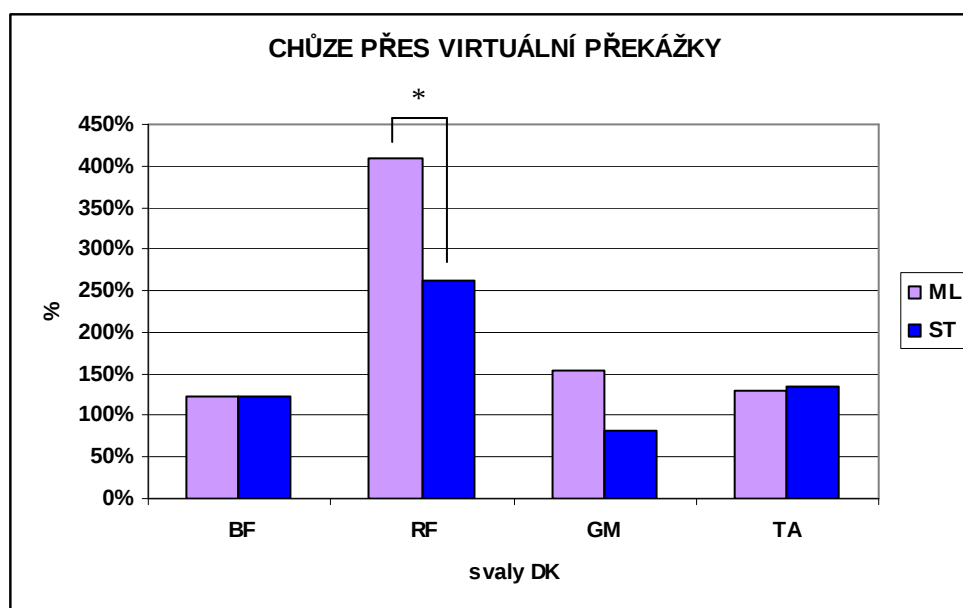
ML x ST	BF	RF	GM	TA	DEL	BB	TB
VP	0,559101	0,018496*	0,417762	0,984965	0,984965	0,206742	0,924933

Legenda: VP – virtuální překážka, ML – mladší skupina osob, ST – starší skupina osob,

BF – m. biceps femoris, RF – m. rectus femoris, GM – m. gastrocnemius medialis, TA – m. tibialis anterior DEL – m. deltoideus, BB – m. biceps brachii, TB – m. triceps brachii, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

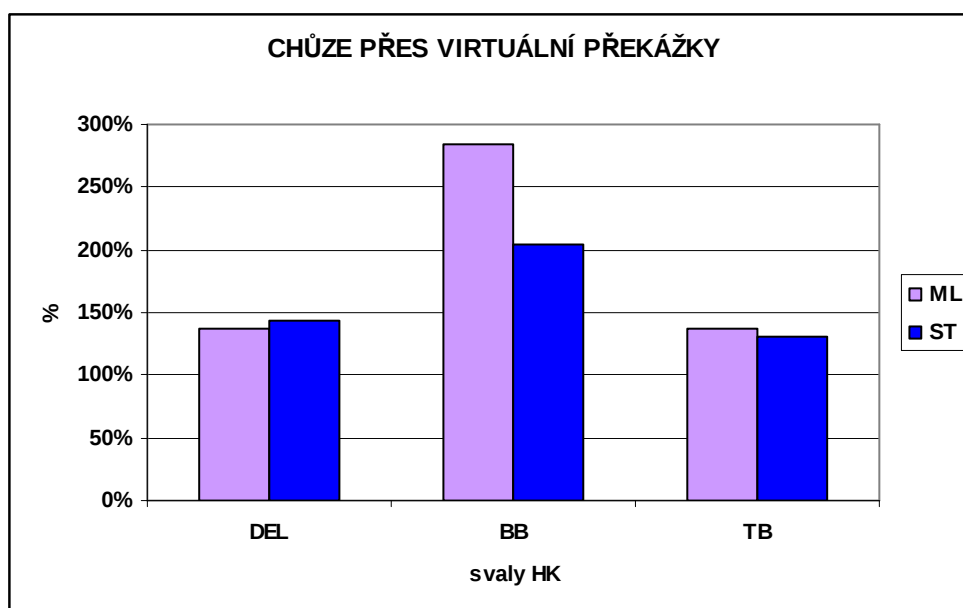
Grafy 22 a 23, str. 56, znázorňují průměrnou aktivitu všech testovaných svalů během chůze přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob.

Graf 22 Porovnání průměrné aktivity svalů dolní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **DK** – dolní končetina, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

Graf 23 Porovnání průměrné aktivity svalů horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **HK** – horní končetina, **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii

Hypotézu **H₀₅** ve znění: „*Neexistuje rozdíl v průměrné aktivitě svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob.*“, zamítáme pro m. rectus femoris. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Tabulka 8 zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí této hypotézy.

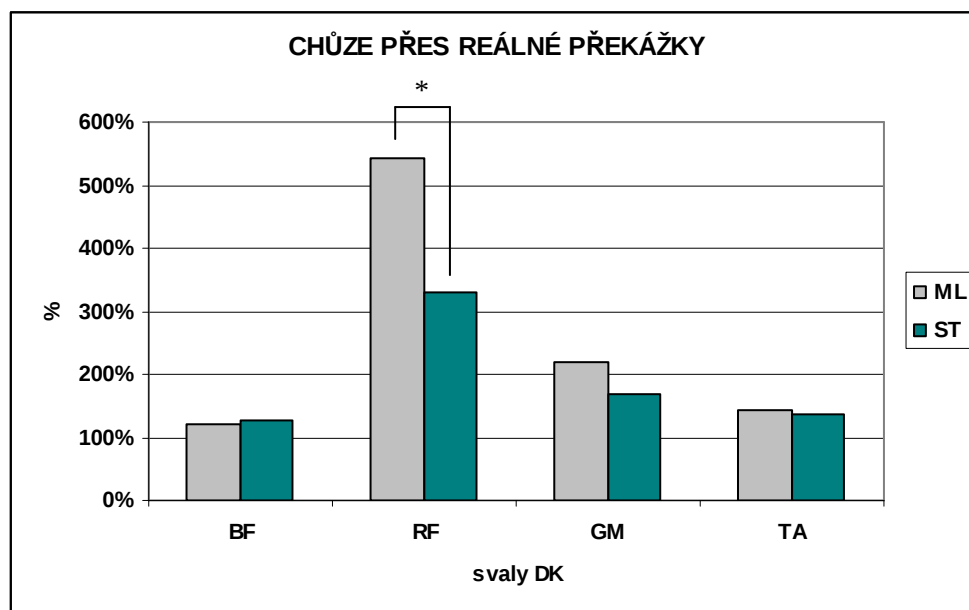
Tab. 8 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob

ML x ST	BF	RF	GM	TA	DEL	BB	TB
RP	0,720310	0,024930*	0,250346	0,610892	0,748699	0,396438	0,282763

Legenda: **RP** – reálná překážka, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

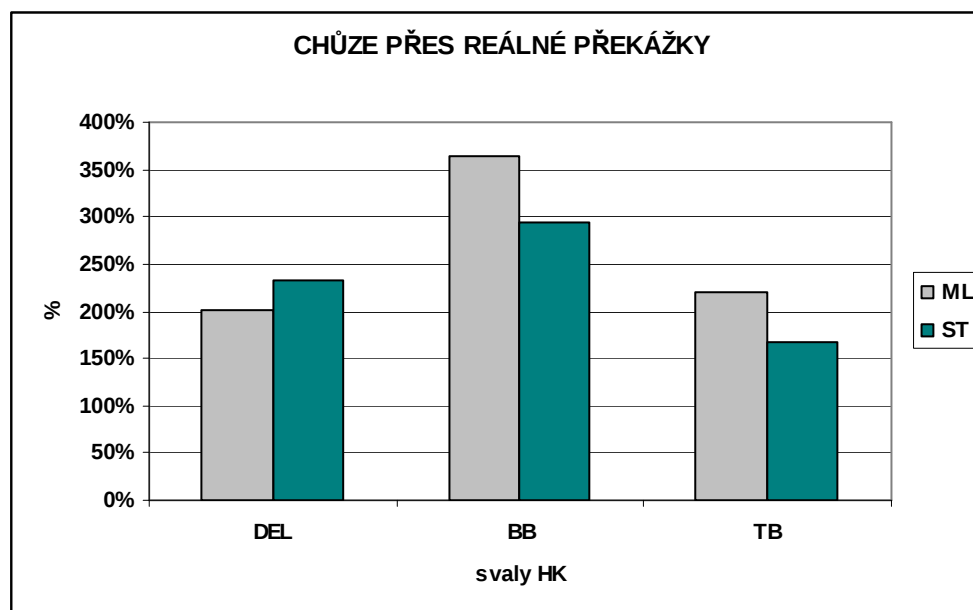
Grafy 24 a 25, str. 58, znázorňují průměrnou aktivitu všech testovaných svalů během chůze přes reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob.

Graf 24 Porovnání průměrné aktivity svalů dolní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **DK** – dolní končetina, **BF** – m. biceps femoris, **RF** – m. rectus femoris, **GM** – m. gastrocnemius medialis, **TA** – m. tibialis anterior, * – signifikantní rozdíl – $p < 0,05$

Graf 25 Porovnání průměrné aktivity svalů horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob



Legenda: % = R_{SA} – relativní hodnota svalové aktivity, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **HK** – horní končetina, **DEL** – m. deltoideus, **BB** – m. biceps brachii, **TB** – m. triceps brachii

4.4 Výsledky k vědecké otázce č. 4

Vědecká otázka č. 4, ve znění: „Existuje rozdíl v hodnotě Timed Up and Go testu a jeho modifikací mezi mladší a starší skupinou osob?“, byla řešena ve třech hypotézách (H_06 – H_08).

Cílem bylo zjistit, zda se liší hodnoty TUG testu a jeho modifikací (s kognitivním a manuálním úkolem) mezi mladší a starší skupinou osob.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí Shapiro-Wilksova W testu s jednofaktorovou analýzou rozptylu byla spočítána pravděpodobnost (p) pro následné testování nulových hypotéz.

Hodnoty TUG testu a jeho modifikací u všech probandů zobrazuje příloha 5, str. 116.

Tab. 9 zobrazuje průměrné hodnoty a směrodatné odchylky TUG testu a jeho modifikací u mladší a starší skupiny osob.

Tab. 9 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací u mladší a starší skupinou osob

	TUG [s]		TUG + K [s]		TUG + M [s]	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
ML	7,56	0,92	8,45	1,61	7,49	0,90
ST	9,12	1,16	10,97	2,58	8,79	1,33

Legenda: s – sekunda, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **TUG** – Timed Up and Go test, **K** – kognitivní úkol, **M** – manuální úkol

4.4.1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení

Hypotézu **H₀₆** ve znění: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu mezi mladší a starší skupinou osob.*“, zamítáme.

Hypotézu **H₀₇** ve znění: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu s kognitivním úkolem mezi mladší a starší skupinou osob.*“, zamítáme.

Hypotézu **H₀₆** ve znění: „*Neexistuje rozdíl v hodnotě TUG testu s manuálním úkolem mezi mladší a starší skupinou osob.*“, zamítáme.

Tabulka 10 zobrazuje hodnoty hladiny statistické významnosti pro zamítnutí těchto hypotéz.

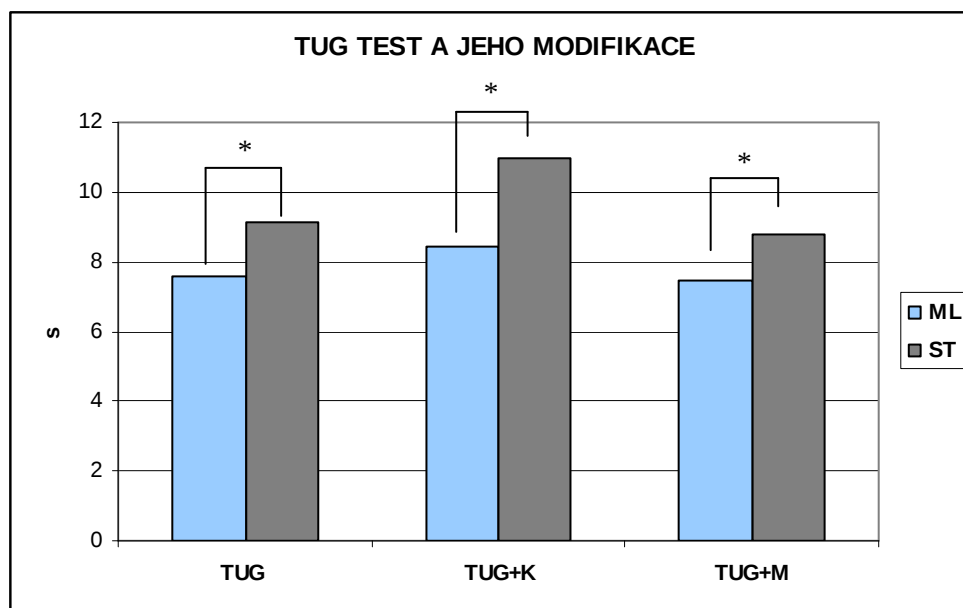
Tab. 10 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání TUG testu a jeho modifikací mezi mladší a starší skupinou osob

ML x ST	TUG	TUG + K	TUG + M
	0,0002**	0,0024**	0,0030**

Legenda: s – sekunda, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **TUG** – Timed Up and Go test, **K** – kognitivní úkol, **M** – manuální úkol, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

Graf 26, str. 61, zobrazuje hodnoty TUG testu a jeho modifikací mezi oběma skupinami osob.

Graf 26 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací u mladší a starší skupiny osob



Legenda: s – sekunda, **ML** – mladší skupina osob, **ST** – starší skupina osob, **TUG** – Timed Up and Go test, **K** – kognitivní úkol, **M** – manuální úkol, ** – signifikantní rozdíl – $p < 0,01$

4.5 Výsledky k vědecké otázce č. 5

Vědecká otázka č. 5 zněla: „*Jaké strategie jsou využívány při přechodu přes překážku?*“.

Cílem bylo posoudit preferenci a dominanci dolní končetiny, zhodnotit strategii překročení a určit míru úspěšnosti.

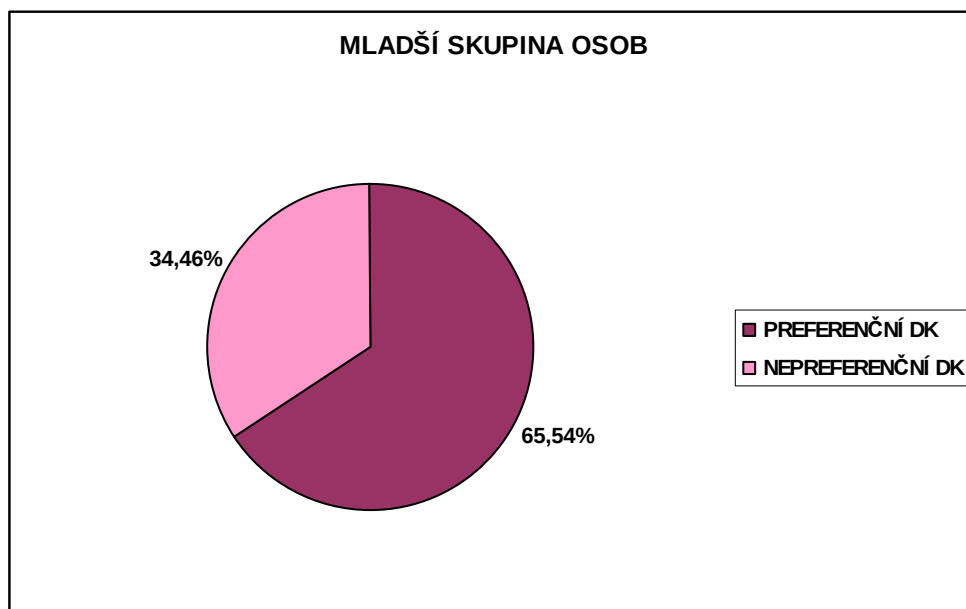
a) Existuje vztah mezi výběrem preferenční dolní končetiny a překročením přes překážku?

Výběr preferenční dolní končetiny u každého probanda zobrazuje příloha 6, str. 118.

Preferenční dolní končetina byla u skupiny mladších osob využita průměrně v 65,54 % překročení, ve 34,46 % překročení byla využita druhá dolní končetina (překročení touto končetinou nebylo v rámci diplomové práce hodnoceno), viz graf 27, str. 62.

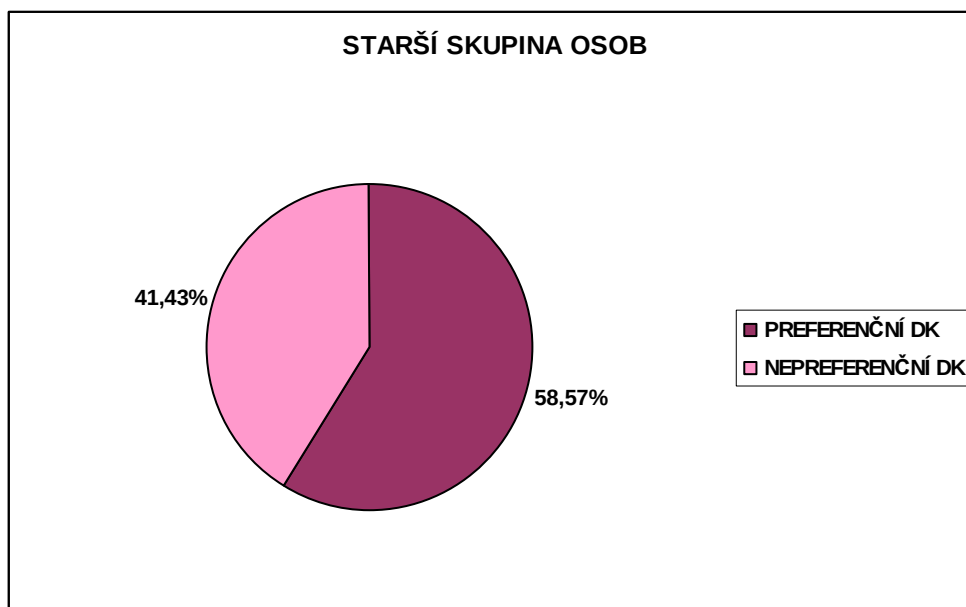
Skupina starších osob využila svou preferenční dolní končetinu průměrně v 58,57 % překročení. Zbýlých 41,43 % tvořila nepreferenční dolní končetina, viz graf 28.

Graf 27 Výběr preferenční dolní končetiny u mladší skupiny osob



Legenda: % – procento, **DK** – dolní končetina

Graf 28 Výběr preferenční dolní končetiny u starší skupiny osob



Legenda: % – procento, **DK** – dolní končetina

b) Existuje vztah mezi dominancí dolní končetiny a výběrem preferenční dolní končetiny, která překračuje přes překážku jako první v pořadí?

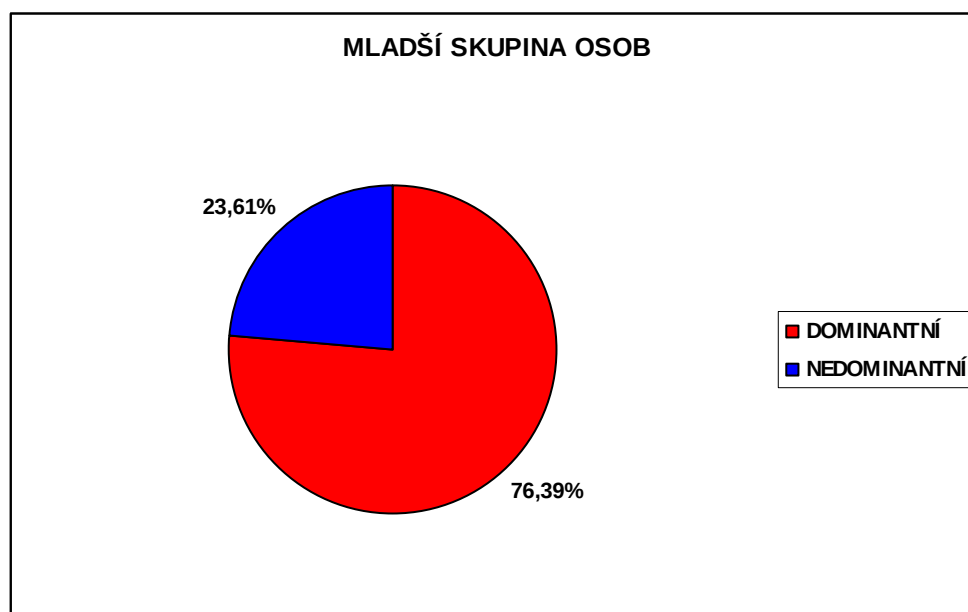
Preferenci a dominanci dolní končetiny u každého probanda zobrazuje příloha 6, str. 118.

Nejčastější dominantní dolní končetina u mladších osob byla pravá (P:L = 15:1), u starších osob také pravá (P:L = 14:2).

Srovnáme-li shodu preferenční a dolní končetiny, mladší osoby preferovaly překročení dominantní končetinou průměrně v 68,75 %, v 31,25 % došlo k překročení nedominantní dolní končetinou, viz graf 29.

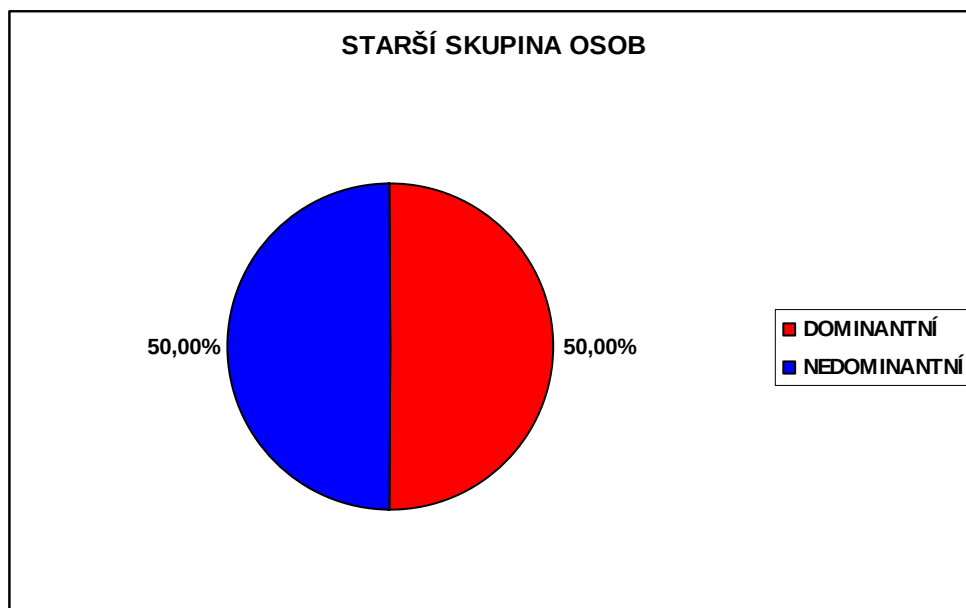
Starší osoby překročily dominantní i nedominantní dolní končetinou průměrně v 50 %, viz graf 30, str. 64.

Graf 29 Překročení dominantní a nedominantní dolní končetinou u mladší skupiny osob



Legenda: % – procento

Graf 30 Překročení dominantní a nedominantní dolní končetinou u starší skupiny osob



Legenda: % – procento

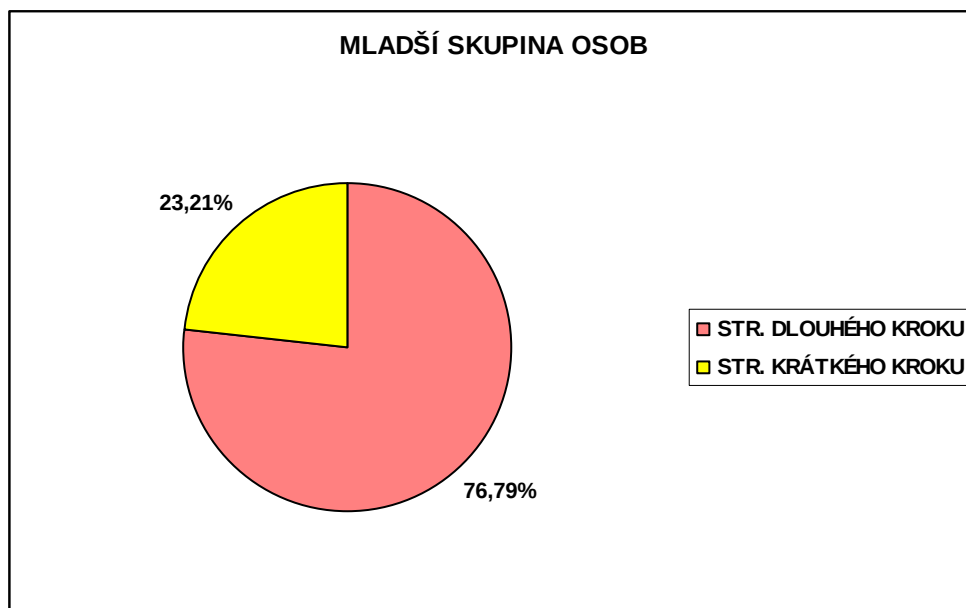
c) V jaké míře je využívána strategie dlouhého a krátkého kroku?

Podíl strategií překročení u každého probanda zobrazuje příloha 7. str. 119.

U mladších osob byla strategie dlouhého kroku zastoupena průměrně v 76,79 %. Zbýlých 23,21 % tvořila strategie krátkého kroku, viz graf 31, str. 65.

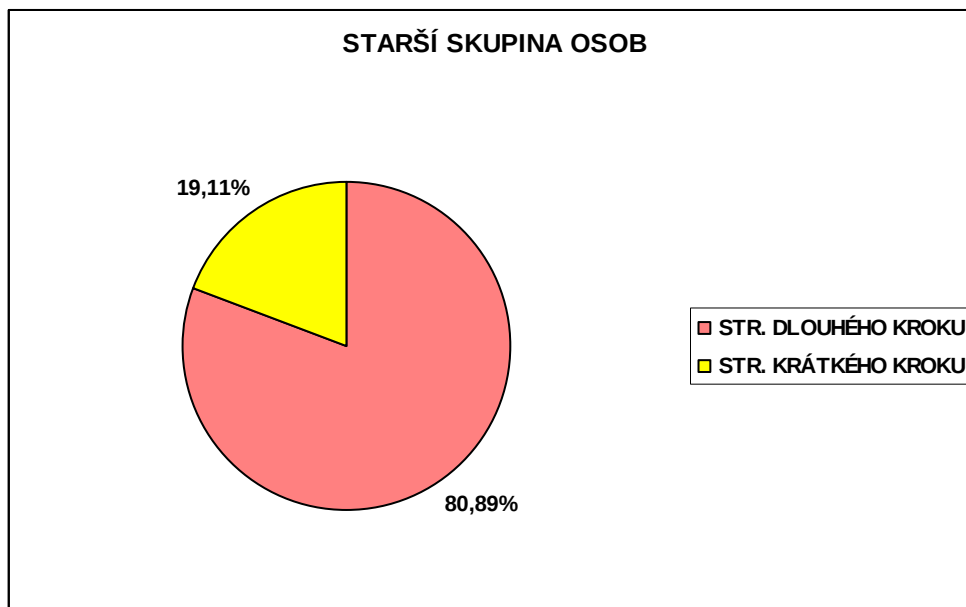
U starších osob byla strategie dlouhého kroku použita průměrně v 80,89 %. Strategie krátkého kroku tvořila zbylých 19,11 %, viz graf 32, str. 65.

Graf 31 Strategie dlouhého a krátkého kroku u mladší skupiny osob



Legenda: % – procento, **STR.** – strategie

Graf 32 Strategie dlouhého a krátkého kroku u starší skupiny osob



Legenda: % – procento, **STR.** – strategie

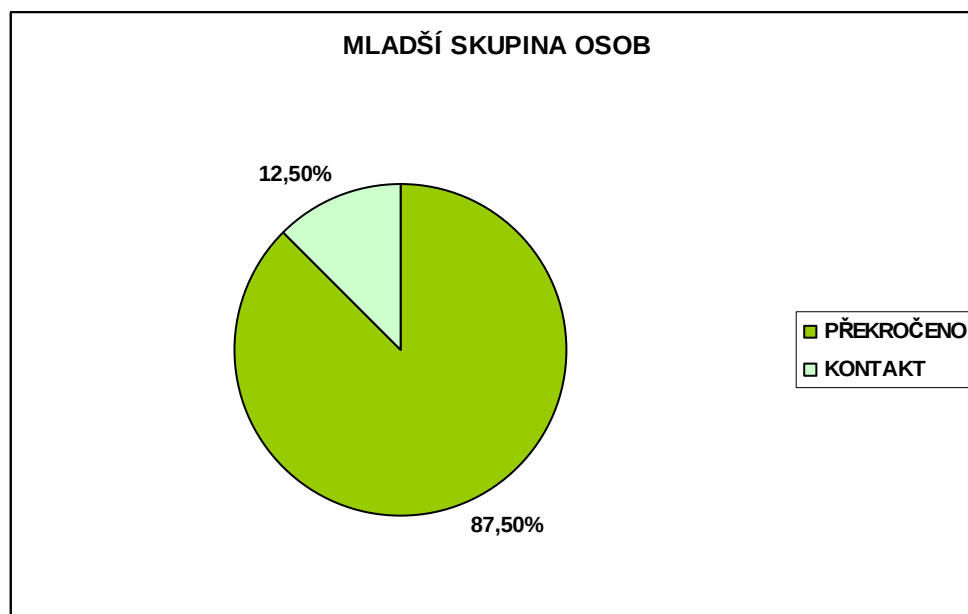
d) Jaká je míra úspěšnosti při překročení přes překážku?

Celkový počet úspěšně překročených překážek zobrazuje příloha 8, str. 120.

Mladší osoby měly úspěšnost překročení v průměru 87,50 %, překážka byla kontaktována v 12,50 % všech překážek, viz graf 33.

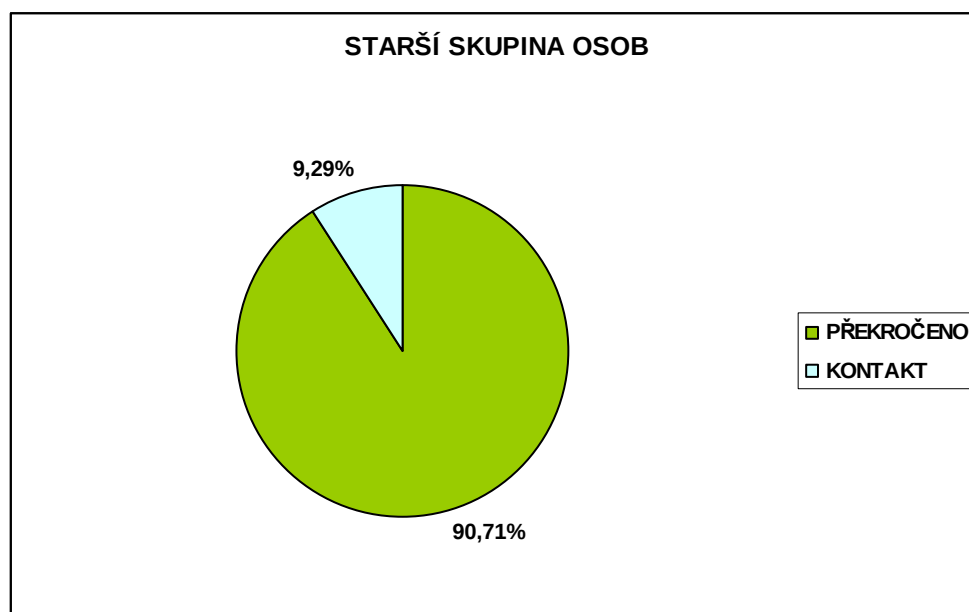
Starší osoby měly úspěšnost v průměru 90,71 %, překážka byla kontaktována v 9,29 % všech překážek, viz graf 34, str. 67.

Graf 33 Míra úspěšnosti u mladší skupiny osob



Legenda: % – procento

Graf 34 Míra úspěšnosti u starší skupiny osob



Legenda: % – procento

5 DISKUZE

Chůze přes překážky představuje komplexní motorický úkol, který vyžaduje precizní kontrolu švihové dolní končetiny, zatímco je udržována rovnováha těla (Lu, Yen, Chen, 2008, p. 309). Překročení přes překážku zahrnuje kombinaci automatické a volní kontroly pohybu, kdy je nutné pomocí senzorických vstupů dostatečně zpracovat informaci o blížící se překážce a adekvátně na ni motoricky zareagovat (Van Hedel et al., 2004, p. 713).

Předmětem této práce je zhodnocení strategií, ke kterým dochází při přechodu přes překážku, a to jak u mladší, tak u starší skupiny osob.

Určit, zda je chůze u starších osob abnormální a zda hrozí riziko pádu, není jednoduché, protože neexistují jasně stanovené normy, které by definovaly normální chůzi u starších osob (Salzman, 2010, p. 61). Dosavadní studie se zabývají hodnocením chůze u starších osob nad 60 let, ale neuvádějí přesnou věkovou hranici pro starší a mladší skupinu osob. Nicméně dle WHO je za starší osobu považována osoba nad 60 let (Anonymous, 2010). Experimentu se zúčastnily osoby mladší než 60 let, z toho důvodu je termín „starší skupina osob“ použit pro určení věkového rozdílu mezi dvěma zkoumanými skupinami. Dle Whittle (2007, p. 97). nastupuje počátek změn v chůzi kolem 60–70 let. Weerdesteyn, Nienhuis a Duysens říkají, že nelze jednoznačně říct, zda se v mladším věku změny v chůzi nevyskytují, protože je možné, že osoby dokáží tyto změny dobře kompenzovat. V jejich studii osoby ve věku 65–69 let neukazovaly snížení úspěšnosti při chůzi přes překážky, ale přesto u nich byly zaznamenány značné změny v některých parametrech chůze jako je „foot clearance“, „heel distance“ a „toe distance“. To vyvolává otázku, ve kterém věku je možno začít hledat zhoršení parametrů chůze. Zkoumání těchto změn u osob ve věku 40–65 let by mohly dávat větší možnost nahlédnout na vliv věku na chůzi a přechod přes překážku (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens (2005, pp. 877–878).

5.1 Aktivita svalů leading limb při chůzi přes překážky

Dle Patla a Rietdyk (1993, p. 59) se při chůzi přes překážku, stejně jako v našem experimentu, zvyšovala aktivita m. tibialis anterior, m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. gastrocnemius medialis. Patla a Rietdyk (1993, p. 59) i Hahn, Lee, Chou (2005, pp. 356–361) argumentovali zvýšenou aktivitu svalů vzhledem k vyšším nárokům na realizaci chůze přes překážky. Zvýšená aktivita m. biceps femoris se objevila během počáteční švihové fáze pro zvýšenou flexi kolenního kloubu. M. rectus femoris během počátečního švihu zvyšoval flexi kyčelního kloubu při přechodu přes překážku a ke konci švihové fáze realizoval extenzi kolene. M. biceps femoris tuto extenzi brzdil. Při dopadu chodidla se zvyšovala aktivita m. gastrocnemius medialis, obzvlášť při zvýšení výšky překážky (Patla, Rietdyk, 1993, p. 59).

V experimentu se při překročení přes virtuální i reálnou překážku u všech osob, bez ohledu na věk, zvyšovala aktivita všech měřených svalů. Toto zvýšení bylo statisticky významné u m. biceps femoris, m. rectus femoris a m. tibialis anterior, při přechodu přes reálnou překážku navíc ještě u m. gastrocnemius medialis.

Lamoureux et al. ve svých studiích zjistili významnou korelaci mezi svalovou silou a chůzí přes překážky. Zvýšení svalové síly vede k efektivnější motorické koordinační strategii a pozitivně ovlivňuje překročení přes překážku prostřednictvím zvýšení rychlosti chůze, clearance a flexe končetiny, především flexe kolenního a kyčelního kloubu (Lamoureux et al., 2002, p. 471; Lamoureux et al., 2003, pp. 277–280).

Piazza a Delp tvrdí, že činnost jednotlivých svalů během chůze je často odvozována ze záznamů elektromyografie pro konkrétní sval. Přesné vyhodnocení svalů v určitém časovém úseku během chůze musí počítat se schopností svalů generovat sílu, s geometrií svalů a s jejich zapojením do funkčního dynamického celku. Flexe kolene může být ovlivněna nejen svaly, které přecházejí přes kolenní kloub, ale také momenty svalů produkovanými jinými klouby. Např. flekční moment kyčelního kloubu nepřispívá pouze k flexi kyčle, ale také k flexi kolene během švihové fáze. M. rectus femoris potenciálně zvyšuje flexi kolene skrz jeho flekční moment kyčle, a také potenciálně snižuje flekční moment z důvodu jeho extenčního momentu na kolenní kloub (Piazza, Delp, 1996, pp. 723–731).

5.1.1 Rozdíl mezi překročením přes virtuální a reálnou překážku

Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch. uvádí, že při zvýšení výšky překážky se zvyšuje flexe v kyčelním a kolenním kloubu a dorziflexe v kloubu hlezenním (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S. - Ch., 2006, p. 473). Hahn, Lee a Chou tvrdí, že větší výška překážky vede k větší aktivaci všech svalů a zvyšuje nároky na neuromuskulární systém (Hahn, Lee, Chou, 2005, p. 357).

V experimentu sice nebyly využity různé výšky reálné překážky, ale dá se usuzovat, že by virtuální překážka mohla představovat nulovou výšku překážky, s kterou se osoby v reálném životě také setkávají, například při překročení přes kaluže. Překročení reálné překážky vyžaduje větší elevace končetiny ve srovnání s překročením nulové výšky překážky, a tedy i větší nároky na neuromuskulární systém, což je zřejmé z našich výsledků. Srovnáme-li překročení přes virtuální a reálnou překážku, u všech osob, bez ohledu na věk, došlo při překročení přes reálnou překážku ke zvýšení aktivity všech svalů, statisticky významně u m. rectus femoris a m. gastrocnemius medialis.

5.1.2 Rozdíl mezi mladší a starší skupinou osob při překročení přes překážku

Po rozdělení všech osob na skupinu mladších a starších osob se statisticky významně neprojevily všechny z výše uvedených rozdílů. Pouze některé rozdíly byly statisticky významné, pravděpodobně z důvodu nízkého počtu probandů v obou skupinách osob. To platí pro všechny testované situace.

Dle Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch poskytuje flexe kyčelního kloubu u starších osob více efektivní strategii jak elevovat chodidlo nad překážkou, než prostřednictvím dorziflexe v hlezenním kloubu, kterou využívají mladší osoby (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 478). Z experimentu nebyly mezi oběma skupinami zjištěny statisticky významné rozdíly, které by mohly nasvědčovat tomu, že mladší osoby více využívají dorziflexi hlezna pro zvýšení „clearance“. Aktivita m. tibialis anterior byla téměř srovnatelná u obou skupin osob. Při chůzi přes překážky mladší osoby zvyšovaly aktivitu m. rectus femoris a m. gastrocnemius medialis. Toto zvýšení se statisticky významně projevilo při chůzi přes virtuální překážky ve srovnání s chůzí bez překážek, a při chůzi přes reálné překážky ve srovnání s chůzí přes virtuální překážky.

Starší osoby při chůzi přes virtuální překážky statisticky významně snižovaly aktivitu m. gastrocnemius medialis. Srovnáme-li však dva typy překážek mezi sebou, při přechodu přes reálnou překážku se aktivita statisticky významně zvyšovala. Z výsledků experimentu lze vidět odlišnou aktivitu svalů při přechodu přes překážku s ohledem na věk. Bice et al uvádí, že odlišné aktivační vzory u starší skupiny osob spojené s přibývajícím věkem se zdají být prospěšné a jsou specificky cílené na požadované svalové nároky týkající se konkrétního lokomočního úkolu (Bice et al., 2011, pp. 281–284).

Dle Hahn, Lee a Chou je kapacita svalové síly u starších osob významně nižší než u mladých lidí, což vede k poměrně větším svalovým nárokům, a tedy k větší svalové aktivitě u starších osob při přechodu přes překážku (Hahn, Lee, Chou, 2005, pp. 358–359). Toto se v experimentu neprojevilo, naopak u mladších osob bylo zjištěno statisticky významné zvýšení m. rectus femoris při chůzi přes virtuální i reálné překážky. Naopak Bice et al. říká, že aktivita m. quadriceps je u obou skupin osob podobná (Bice et al., 2011, pp. 281–284). To, že starší osoby nezvýšily aktivitu m. rectus femoris by mohlo poukazovat na odlišnou aktivitu svalů při překročení, kdy je možné, že starší osoby zvyšovaly flexi v kyčelním kloubu prostřednictvím aktivity m. iliopsoas.

5.2 Aktivita kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky

Pohyb horních končetin během chůze je spojen s aktivitou svalů, nejedná se o zcela pasivní pohyb. Průměrná svalová aktivita je však nízká ve srovnání s maximální volní kontrakcí (Kuhtz-Buschbeck, Jing, 2012, p. 203). Prostřednictvím propriospinálních intersegmentálních okruhů jsou generovány lokomoční pohyby jak dolních, tak horních končetin, které jsou ovlivňovány vyššími centry centrálního nervového systému (Fallgairolle et al., 2006, p. 311).

Udržování dynamické stability během chůze vyžaduje nejen modifikaci pohybu dolní končetiny, ale také adekvátní intersegmentální koordinaci pánve s horním trupem (Wang, Watanabe, 2003, p. 229).

Kloter, Wirz, Dietz zkoumali odpověď svalů horních končetin na stimulaci tibiálního nervu při standardizované chůzi a chůzi přes překážky u zdravých osob a u osob po cévní mozkové příhodě. Míšní reflex byl vyvolán 250 ms po heel strike, zhruba v době midstance,

kdy kontralaterální končetina byla v iniciální části švihové fáze. Při stimulaci nervu na postižené straně byla odpověď malá nebo někdy dokonce utlumená u osob po cévní mozkové příhodě, pravděpodobně z důvodu poruchy zpracování aferentních impulzů z postižené strany. Aktivita m. deltoideus a m. biceps brachii byla na obou stranách větší při aplikaci nervové stimulace na nepostiženou dolní končetinu. Co se týče chůze bez překážek a chůze přes překážky, bylo zjištěno, že aktivace svalů byla bilaterálně větší při švihové fázi kroku přes překážku ve srovnání se švihovou fází při chůzi bez překážek. Tato svalová aktivace je např. zachovaná i u osob s Parkinsonovou chorobou, i když jsou pohyby paží oslabené. Výsledky této studie podporují domněnku, že v lidské lokomoci přetrvává kvadrupedální koordinace (Kloter, Wirz, Dietz, 2011, pp. 721–731). To je v souladu s výsledky našeho výzkumu, kdy při překročení přes virtuální i reálnou překážku se u všech osob, bez ohledu na věk, statisticky významně zvyšuje aktivita všech měřených svalů horních končetin, konkrétně m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii. S tímto tvrzením přichází také Michel, Van Hedel, Dietz. Výsledky jejich studií demonstrují anticipační kvadrupedální koordinaci horních končetin se zahrnutím svalů paže, konkrétně m. deltoideus, m. biceps brachii a m. triceps brachii, při překročení přes překážku. Toho je dosaženo regulovanou aktivitou cervikálních a thorakolumbálních okruhů (Michel, Van Hedel, Dietz, 2007, pp. 1299–1306; Michel, Van Hedel, Dietz, 2008, pp. 1867–1875).

5.2.1 Rozdíl mezi překročením přes virtuální a reálnou překážku

Wang a Watanabe uvádí, že se při zvýšení překážky také zvyšuje pohyb horních končetin jako reakce na větší pohyb kontralaterální dolní končetiny, aby se zachovala dynamická stabilita (Wang, Watanabe, 2003, p. 229). Tato argumentace odpovídá našim výsledkům. V této studii sice nebyla využívána reálná překážka o různé výšce, přesto však reálná překážka vůči virtuální překážce pravděpodobně představovala náročnější situaci, která se projevila také ve zvýšené aktivitě svalů horních končetin. Při překročení přes reálnou překážku, ve srovnání s virtuální překážkou, dochází v tomto výzkumu ke zvýšení aktivity všech měřených svalů, konkrétně m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii. Tento rozdíl je u všech osob, bez ohledu na věk, statisticky významný.

5.2.2 Rozdíl mezi mladší a starší skupinou osob při překročení přes překážku

Při chůzi bez překážek i při chůzi přes překážky dochází k pohybu horních končetin, který pomáhá stabilizovat rotační pohyb těla (Ferris, Huang, Kao, 2006, p. 113; Perry, 1992, p. 145). Studie neuvádějí, zda existuje rozdíl v pohybu horních končetin s ohledem na věk osob. Nicméně by se dalo usuzovat, že pokud se při chůzi přes překážky u starších osob zvyšují nároky na neuromuskulární systém, jak uvádí Hahn, Lee a Chou, mohlo by docházet k většímu pohybu horních končetin, bereme-li v úvahu tvrzení, že v lidské lokomoci převládá kvadrupedální koordinace a pohyb horních a dolních končetin je propojen prostřednictvím intersegmentálních spojů (Hahn, Lee, Chou, 2005, pp. 356–361; Kloter, Wirz, Dietz, 2011, p. 726).

Rozdělíme-li všechny osoby na skupinu mladších a starších osob, zjistíme, že u obou skupin osob se při chůzi přes překážky zvyšuje aktivita všech měřených svalů. Toto je statisticky významné pouze ve skupině starších osob, konkrétně u m. biceps brachii při chůzi přes virtuální překážky, u m. deltoideus a m. triceps brachii při chůzi přes reálné překážky. To, že jsou výsledky statisticky významné pouze u skupiny starších osob by mohlo nasvědčovat tomu, že pro starší osoby hrají horní končetiny důležitou roli v udržování dynamické rovnováhy během přechodu přes překážku, protože dle Wang, Watanabe adekvátní intersegmentální koordinace pánve s horním trupem pomáhá udržovat dynamickou stabilitu (Wang, Watanabe, 2003, p. 229), která může být právě u starších osob narušena (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch, 2006, p. 472).

Ze srovnání chůze přes virtuální překážky a chůze přes reálné překážky vyplynulo, že při překročení přes reálnou překážku došlo u obou skupin osob ke statisticky významnému zvýšení všech měřených svalů, kromě m. deltoideus u starších osob, kde sice došlo ke zvýšení, ale bez statistické významnosti. Tento výsledek odpovídá již výše uvedeným zvýšeným nárokům na neuromuskulární systém při chůzi přes vyšší překážky (usuzujeme-li, že by virtuální překážka mohla představovat nulovou výšku překážky), aby se zachovala dynamická stabilita (Hahn, Lee, Chou, 2005, p. 357; Wang, Watanabe, 2003, p. 229).

Při srovnání mladší a starší skupiny osob mezi sebou se nepotvrdily statisticky významné rozdíly ve změně svalové aktivity horních končetin.

5.3 Možnosti určení zvýšeného rizika pádů u starších osob

5.3.1 Timed Up and Go test

I když nelze jednoznačně určit abnormalitu chůze u starších osob, je zde však možnost alespoň zjistit určitou úroveň funkční mobility u starších osob, jejíž zhoršení by mohlo vést k pádům. TUG se zdá být vhodným nástrojem pro klinické hodnocení funkční mobility u nemocných i zdravých starších osob (Herman, Giladi, Hausdorff, 2010, p. 208; Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000, p. 897).

Funkční mobilita je termín, který vyjadřuje udržení rovnováhy a schopnost lokomoce při provádění každodenních činností (postavení a posazení se, chůze, otočení). Čas TUG testu silně koreluje s úrovní funkční mobility. Starší osoby, které jsou schopny tento test zvládnout za méně než 20 s, jsou nezávislé na pomoci okolí, co se týče mobility v rámci provádění každodenních činností. Osoby, které splní úkol za více než 30 s mají tendenci být více závislé na pomoci při provádění každodenních činností a vyžadují podpůrné pomůcky pro lokomoci. (Podsiadlo, Richardson, 1991 in Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000 p. 897).

Shumway-Cook, Brauer, Woollacott (2000, pp. 896–903) zkoumali, zda může být test využit nejen pro zjištění funkční mobility, ale také pro odhalení zvýšeného rizika pádů. Toto bylo testováno u osob nad 65 let. Čas provedení testu u osob bez pádů v anamnéze byl v průměru 9 s. V této studii dosáhly hodnoty TUG testu u starších osob také v průměru 9,12 s, u mladších osob 7,56 s. Shumway-Cook, Brauer, Woollacott uvádí, že TUG má senzitivitu i specificitu 87 % pro identifikaci osob, které mají zvýšené riziko pádů. Byla stanovena časová hranice, která určuje osoby se zvýšeným rizikem pádů. Hraniční hodnotou je čas 13,5 s (Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000 pp. 900–901). Alexandre et al. udává jako hraniční čas 12,47 s. Hodnota 10 s může být doporučována v případě, že mají starší osoby za úkol provést TUG co nejrychleji, kdežto hodnota 12,47 s se využívá pro chůzi přirozenou, individuálně zvolenou rychlostí (Alexandre et al., 2012, p. 384).

V našem experimentu byly průměrné časy u starších osob vyšší než u mladších osob a to se statistickou významností, ale dle výše uvedené hraniční hodnoty 12,5 s, kterou uvádí Alexandre et al. (2012, p. 384) a 13,5 s, kterou uvádí Shumway-Cook, Brauer, Woollacott

(2000 pp. 901) nebyla v této studii žádná z osob klasifikována jako osoba se zvýšeným rizikem pádu. To koreluje se skutečností, že žádná osoba v anamnéze neudávala pád.

Schoene et al. zaujímá kritické stanovisko při pohledu na TUG test. Ze své metaanalýzy, která zahrnovala rozbor 53 studií, stanovil obecné závěry. Dle jeho závěrů TUG test není vhodné používat k určení zvýšeného rizika pádů u zdravých osob, více hodnotný je u osob s onemocněním a se sníženými funkčními schopnostmi. Celkově dle jeho analýzy je prediktivní schopnost a diagnostická přesnost TUG testu v nejlepším případě pouze průměrná. Uvádí, že hraniční hodnoty pro TUG test byly tak odlišné, že se nedá jasně stanovit časová hranice, která by určovala osoby se zvýšeným rizikem pádu. Hraniční hodnoty se tolik liší, že např. osoby, které jsou klasifikovány jako osoby se zvýšeným rizikem pádu by dle kritérií jiné studie spadaly do skupin bez zvýšeného rizika pádu. Tento rozdíl může být spatřen například při výše uvedené hraniční hodnotě 12, 47 s (Alexandre et al., 2012, p. 384) a hodnotě 13,5 s (Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000 p. 900). Dle Alexandre et al. však může být hodnota 12, 47 s využívána především u mladší skupiny starších osob, kdežto čas 13,5 s je indikován u starší skupiny starších osob. Jaká je však věková hranice pro klasifikaci mladší a starší skupiny starších osob nebylo jednoznačně stanoveno (Alexandre et al., 2012, p. 384). Schoene et al. říká, že z důvodů odlišných časových hodnot by se lékaři a ostatní zdravotničtí pracovníci neměli striktně držet časových limitů, ale měli by více pozorovat, jak osoba daný úkol provádí, a na základě toho vytvořit závěr o stavu pacienta a jeho schopnostech při provádění každodenních činností (Schoene et al., 2013, pp. 202–208).

5.3.1.1 Modifikace Timed Up and Go testu

Bylo pozorováno mnoho modifikací TUG testu, z nichž nejčastější je tzv. dual-task (dvojí úkol), který spočívá v doplnění testu o kognitivní nebo manuální úkol. Tyto dva úkoly byly využívány i v tomto experimentu. Shumway-Cook et al. říkají, že vliv dvojího úkolu na posturální kontrolu je závislý na balančních schopnostech každé osoby, na obtížnosti balančního úkolu a na typu dvojího úkolu (Shumway-Cook et al., 1997 in Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000 p. 898). Shumway-Cook, Brauer a Woollacott, hodnotili využití TUG testu s dvojím úkolem pro určení zvýšeného rizika pádu. V jejich studii uvádí, že při využití dvojího úkolu klesla senzitivita na 80 %, ale specifita se zvýšila na 93 %, což celkově zachovává srovnatelnou pravděpodobnost jako při nemodifikovaném TUG testu

(senzitivita i specificita 87 %). Pro TUG s manuálním úkolem byla stanovena hraniční hodnota 14,5 s.

Ve výsledcích tohoto experimentu byl pro TUG s manuálním úkolem zjištěn průměrný čas 7,49 s u mladší skupiny osob a 8,79 s u starší skupiny osob. Zvýšení času u starší skupiny osob bylo statisticky významné. V obou skupinách nebyla zaznamenána žádná hodnota, která by klasifikovala osobu jako rizikovou z hlediska pádů. Oproti TUG testu byly hodnoty při TUG testu s manuálním úkolem nižší u obou skupin osob, což je v rozporu s tvrzením Shumway-Cook, Brauer a Woollacott, kteří udávají, že manuální úkol navíc zvyšuje trvání provedení testu (Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000, p. 900). Rozdíly v průměrných hodnotách mých výsledků však byly jen nepatrné, lišily se pouze o několik setin sekundy. Proč manuální úkol nezvýšil čas, může být vysvětlováno dvěma způsoby. První způsob naznačuje, že manuální úkol byl příliš jednoduchý, protože kelímek nebyl naplněný vodou až po okraj. Druhou možností je skutečnost, že se jednalo o poslední testovací variantu – zdravým osobám připadal TUG test příliš jednoduchý a již nevěnovaly samotnému provedení tolik pozornosti a měly tendenci zrychlovat chůzi, aby dokončily testování co nejdříve. I když hodnoty u starších osob byly vyšší, dle výše uvedeného hraničního času 14,5 s dle Shumway-Cook, Brauer, Woollacott (2000, p. 900) žádná z osob nespadá do kategorie osob se zvýšeným rizikem pádů.

Pro TUG s kognitivním úkolem byla stanovena hraniční hodnota 15 s (Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000, p. 900). V této studii byly změřeny průměrné hodnoty 8,45 s u mladší skupiny osob a 10,97 s u starší skupiny osob. Zvýšení času u starších osob bylo statisticky významné. Využití kognitivního úkolu v této studii nejvíce ovlivnilo čas provedení TUG testu. Shumway-Cook, Brauer, Woollacott udávají, že kognitivní úkol navíc způsobuje zvýšení času, což je v souladu s našimi výsledky.

Je uváděno, že oba úkoly navíc působí zvýšení času stejnou měrou (Shumway-Cook, Brauer, Woollacott, 2000, p. 900). V této studii však pouze kognitivní úkol způsobil zvýšení časů. Bessot et al. tvrdí, že se na ohrožení posturální stability podílí více manuální úkol, kdežto jednoduchý kognitivní úkol může posturální stabilitu zlepšovat, jak bude popsáno dále v kapitole 5.3.2, str. 77 (Bessot et al., 2011, p. 7). Proč došlo v mých výsledcích ke zvýšení času u TUG testu s kognitivním úkolem může být vysvětlováno nestejnou náročností obou úkolů, kdy kognitivní úkol byl pravděpodobně více náročný. V mladší skupině osob nebyla zaznamenána žádná hodnota, která by klasifikovala osobu jako rizikovou z hlediska pádů.

Naproti tomu ve starší skupině osob byla u jedné osoby zjištěna hodnota 17,18 s. Osoba, u které byl zjištěn čas 17,18 s by dle Shumway-Cook, Brauer, Woollacott (2000, p. 900) spadala do skupiny osob se zvýšeným rizikem pádu. Ačkoliv srovnáme-li hodnoty této osoby při provádění nemodifikovaného TUG testu (7,85 s) a TUG testu s manuálním úkolem (8,04 s), zjistíme, že v ostatních dvou testových variantách osoba ani zdaleka nedosáhla na kritickou hodnotu, která by předurčovala tuto osobu ke zvýšenému riziku pádu. Záleží tedy na konkrétní situaci, ve které by tato osoba byla vystavena riziku pádu, pravděpodobně by se jednalo o situaci spojenou se zvýšenými kognitivními nároky. Z toho lze usuzovat, že posturální zajištění nezávisí pouze na výskytu dvojího úkolu, ale svou roli zde hraje také konkrétní typ a náročnost zvoleného úkolu a schopnosti každého jedince udržet posturální nastavení na požadované úrovni, aby nehrozilo riziko pádu.

5.3.2 Překážka jako nástroj pro hodnocení funkčních schopností

Demura a Uchiyama uvádí, že TUG test není dostatečný pro posouzení funkční mobility starších osob. Přestože TUG test zahrnuje důležité každodenní činnosti, jako je vstávání ze židle, posazení se, chůze a změna směru (otočení se), nevyskytuje se v něm žádná překážka. A právě překážka je u starších osob nejčastější příčinou pádu. Aby se snížil výskyt pádů nebo se pádům předcházelo, je důležité správně zhodnotit funkční mobilitu člověka. Proto je doporučováno provádět test, kdy osoby během chůze překročí přes překážku. Přidáním překážky do TUG testu je funkční mobilita starších osob lépe posouzena. Test je podobný testu TUG. Osoby jsou vyzvány, aby vstaly ze židle, došly do vzdálenosti 5 m, překročily překážku, otočily se, znovu překročily přes překážku, vrátily se zpět a posadily se. Test může být prováděn přirozeným tempem nebo je osoba vyzvána, aby úkol splnila co nejrychleji. Je zkoumána schopnost překročit přes různé výšky překážky – 0 (list papíru), 3, 5, 10, 17 cm. Byla zjištěna vysoká reliabilita testu. Hraniční časové limity testu nejsou uvedeny, v rámci testu je porovnáván čas trvání mezi jednotlivými překážkami. Je hodnocena celková doba testu, čas potřebný pro chůzi k překážce a zpět, čas pro otočení, doba fáze jedné opory během překročení první dolní končetiny a během překročení druhé dolní končetiny, a dále „toe distance“ a „heel distance“. Jak lze očekávat, celkový čas provedení byl u vyšších překážek vyšší. Ale dokonce i překážka o výšce 5 cm způsobila prodloužení časů. Proto u starších osob i malá překážka může významně ovlivnit mobilitu (Demura, Uchiyama, 2007a, pp. 23–28; Demura, Uchiyama, 2007b, pp. 13–20).

Hegeman et al. ve své studii hodnotili kombinaci chůze přes překážky na pohyblivém pásu a kognitivního úkolu. Reakce na náhle se objevující překážku byla pomalejší, jak bylo spatřeno v timingu m. biceps femoris. Provedení kognitivního úkolu bylo také ovlivněno, obzvlášť během fáze překročení a po překročení. Je zde zvýšené riziko zakopnutí a pádů během provádění dvojího úkolu. Toto platí i pro osoby, které nejsou považovány za rizikové z hlediska pádu (Hegeman et al. (2012, pp. 236–240). Dle Bessot et al. se kognitivní úkol nepodílí na zhoršení posturální jistoty během chůze přes překážky. V jejich studii byly posuzovány výchylky COP v anteroposteriorním a mediolaterálním směru. Změny ve výchylkách byly spatřeny pouze v mediolaterálním směru, což může naznačovat, že při zvýšení balančních nároků je právě mediolaterální stabilita nejvíce ohrožena. Stabilita těla v mediolaterálním směru je důležitým parametrem k odlišení osob s poruchami rovnováhy. Tyto osoby mají větší inklinací úhel mezi COM a COP v mediolaterálním směru (Bessot et al., 2011, p. 7; Chou et al., 2003, p. 125). Bessot et al. dále uvádí, že motorická a kognitivní aktivita mají opačné účinky během chůze přes překážky. Největší poruchy posturální stabilizace se objevují při provádění převážně motorického úkolu. Naopak k lepší kontrole laterální stability dochází při chůzi bez překážek a přes překážky s využitím kognitivního úkolu. Při provádění trojího úkolu, tedy motorického i kognitivního současně, nedochází ke zhoršení posturální stability, jak by se dalo očekávat z důvodu větší náročnosti daného úkolu, ale kognitivní úkol zlepšuje posturální stabilitu, kterou motorický úkol narušuje. Je nepravděpodobné, že by to bylo způsobeno větší náročností motorického úkolu, protože ve studii dle Bessot et al. oba úkoly vyžadovaly málo pozornosti, i když se nedá zajistit přesně stejná úroveň náročnosti, a kognitivní úkol byl pravděpodobně o něco jednodušší. Je pravděpodobné, že lepší posturální kontrola během přechodu přes překážku a prováděním kognitivního úkolu by mohla být výsledkem adaptačních procesů, které odráží priority posturální kontroly nad sekundárním kognitivním úkolem. I když bylo zjištěno, že riziko pádu při chůzi přes překážky je větší při provádění motorického než kognitivního úkolu, osoby, které se testování zúčastnily, byly po kognitivní stránce intaktní, tudíž je otázka, jak by tyto výsledky vypadaly u osob s poruchami kognitivních funkcí (Bessot et al., 2011, p. 6–8).

5.4 Dominance a preference dolní končetiny

Z výsledků našeho experimentu vyplývá, že výběr preferenční dolní končetiny při přechodu přes překážku nebyl zcela jasně určen jednou dolní končetinou. Mladší osoby překračovaly přes překážku svou preferenční dolní končetinou (tedy končetinou, která byla v rámci výzkumu hodnocena) v 65,54 % všech překročení, starší osoby v 58,57 %.

Dle testu dominance byla nejčastější dominantní dolní končetina u mladší i starší skupiny osob pravá. Co se týče shody mezi dominancí dolní končetiny a výběrem preferenční dolní končetiny překračující přes překážku, u mladší skupiny osob bylo častěji překračováno dominantní dolní končetinou. Ze všech překročení byla dominantní dolní končetina použita v 68,75 %. U starší skupiny osob byl vztah mezi využitím dominantní a nedominantní dolní končetiny vyrovnaný, tedy 50 %. Srovnáme-li v tomto výzkumu mladší a starší skupinu osob, starší skupina osob měla větší tendenci překračovat přes překážku nedominantní dolní končetinou, možná z důvodu toho, že dle Nagano et al. (2011, pp. 965–966) starší osoby při švihové fázi kroku nedominantní dolní končetinou více elevují chodidlo nad podložkou a tím se snižuje riziko zakopnutí. Dominantní dolní končetina je silnější, a proto jako stojná dolní končetina při přechodu přes překážku zajišťuje stabilní podporu.

5.5 Strategie překročení přes překážku

Během přechodu přes překážku je rozlišována strategie dlouhého a krátkého kroku (Chen et al., 1994, p. 141). Dle Weerdesteyn, Nienhuis a Duysens není výběr strategie závislý na věku, i když v jejich studii byl poměr těchto strategií u mladších osob vyrovnaný, a u starších osob byla častěji využita strategie dlouhého kroku (Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, p. 877). Z výsledků výzkumu vyplývá, že nejčastěji obě skupiny osob využívají strategii dlouhého kroku. U starších osob byla tato strategie využívána častěji než u mladších osob, což je v souladu s výsledky dle výše uvedené studie. Konkrétně byla strategie dlouhého kroku použita v 80,89 % všech překročení. U mladších osob dosahovalo využití strategie dlouhého kroku 76,79 %.

5.6 Míra úspěšnosti při přechodu přes překážku

Schopnost úspěšně překročit přes překážku závisí na mnoha faktorech. Při výskytu překážky musí osoba vytvořit plán akce, který zahrnuje percepci a kognici, posoudit stav okolního prostředí, naplánovat detailní cestu pohybu a regulovat jeho rychlost a směr. Všechny tyto podmínky mohou být narušeny, čímž se zvyšuje riziko kontaktu s překážkou (Loomis, Beall, 1998 in Silva, Barbieri, Gobbi, 2011, p. 419).

Věk má významný vliv na míru úspěšnosti. Změny spojené s přibývajícím věkem, které byly popsány v kapitole 1.6, str. 19, mohou zhoršovat motorickou kontrolu, integraci senzorických vstupů, koordinaci končetin, balanční schopnosti, a mohou se podílet na snížení úspěšnosti. Výrazně může být narušena i schopnost zotavit se z neočekávaného zakopnutí (Lu; Chen, H.-L; Chen, S.-Ch, 2006, p. 472).

Úspěšnost se snižuje s přibývajícím věkem a snižujícím se ART (viz kapitola 1.3.2.1, str. 13). U osob s pády v anamnéze je úspěšnost ještě více snížena. Úspěšnost může snížit i zvýšení reakčních časů (Chen et al., 1994, p. M231; Weerdesteyn, Nienhuis, Duysens, 2005, pp 873–76).

Osoby se během chůze pohybovaly zhruba v polovině pásu a překážka se objevila na jeho počátku, proto nástup překážky nebyl tak náhlý, a osoby měly čas pro naplánování překročení. V experimentu byla překvapivě zjištěna vyšší úspěšnost u starších osob, kde dosáhla hodnot 90,71 %. U mladších osob byla úspěšnost 87,50 %. Tento rozdíl by však pravděpodobně nebyl významný. Snížená úspěšnost u mladších osob mohla vzniknout z důvodu snížení pozornosti, jelikož mladší osoby neshledávaly lokomoční úkol tak obtížný jako starší osoby, které se na daný úkol více soustředily. Na tuto možnost poukazuje i Brown et al., v jejich studii bylo zjištěno, že úspěšné vyhnutí se překážce nezávisí na velikosti ART, protože starší osoby měly i při nižším ART stejný počet kontaktů jako mladší osoby při vyšším ART. Brown et al. tvrdí, že zvýšený počet kontaktů s překážkou u mladých osob při větším ART může odrážet nižší ostražitost během potenciálně méně náročných zkoušek, zvláště ke konci testovaného úkolu. Starší osoby věnovaly chůzi stejnou pozornost po celou dobu. Nicméně u starších osob je větší riziko pádu, když se překážka objeví neočekávaně. Zvyšující se obava a strach z pádu může být prospěšný, aby se zabránilo kontaktu s překážkou. Výsledky naznačují, že strach z pádu může nabídnout protektivní benefity pro posturální kontrolu (Brown et al., 2006, pp. 422–423).

Ke všem kontaktům, s výjimkou jednoho kontaktu, došlo při chůzi přes virtuální překážky. Zvýšený výskyt kontaktů při chůzi přes virtuální překážky může být vysvětlen nedostatečnou zpětnou vazbou, která by osoby informovala o kontaktu s překážkou, jak bude dále popsáno v kapitole 5.7.1. str. 82.

5.7 Aplikace překážek během chůze na pohyblivém pásu

V rámci výzkumu byl pro realizaci chůze přes překážky použit pohyblivý pás C-Mill ForceLink B.V.[®] s možností projekce virtuálních překážek. K přechodu přes reálnou překážku byl využit polystyrenový kvádr, který byl umístěn na pohyblivý pás. Rychlost chůze byla nastavena na 2,5 km/h a neměnila se po celou dobu měření. Stejnou rychlost ve svých studiích použili také Erni, Dietz (2001, p. 304) a Michel, van Hedel, Dietz (2007, p. 1300).

Schellenbach et al. ve své studii srovnávali chůzi u mladších a starších osob s využitím virtuálního prostředí. Bylo zjištěno, že pro seznámení se s pásem je nutná dostatečně dlouhá doba, aby bylo dosaženo stabilních vzorů chůze, které se přibližují vzorům pozorovaných během chůze v terénu. Doba byla stanovena na 20 min. Tento čas je považován za dostatečný pro seznámení se s chůzí na pásu, a je důležitý pro ověření validity a pro zobecnění rozdílů mezi mladšími a staršími osobami. V tomto experimentu bylo osobám umožněno, aby si před testováním vyzkoušely chůzi na pohyblivém pásu, zhruba po dobu 1–2 min. Dvacetiminutová zkušební chůze na pásu nebyla možná, z hlediska časově náročné přípravy a realizace celého měření, a také z hlediska časového přizpůsobení se všem probandům. Schellenbach et al. dále uvádí, že i po dvacetiminutové adaptaci chodily starší osoby s větší opatrností (Schellenbach et al. 2010, pp. 298–299). Dle mého názoru by mohla být chůze na pásu ovlivněna předchozí zkušenosti probandů. Obzvláště pro starší osoby v mé studii byla tato situace nová, a někteří na pohyblivém pásu stáli poprvé.

5.7.1 Využití virtuální a reálné překážky v rámci terapie chůze

Moraes a Patla ve své studii nezaznamenali žádné statisticky významné rozdíly mezi využitím virtuální a skutečné překážky, z toho důvodu je vhodné používat virtuální překážky pro hodnocení parametrů chůze a strategií, kterými je překážka překročena (Moraes, Patla,

2006, p. 502–507). Jaffe et al. ve své studii srovnávali terapii s využitím virtuálních a reálných překážek u osob po cévní mozkové příhodě. Chůze přes virtuální překážky byla realizována na pohyblivém pásu. Po celou dobu testování bylo osobám umožněno sledovat video s aktuálním pohybem dolních končetin. Pokud došlo ke kontaktu s překážkou, byla osoba informována pomocí zvukového signálu a vibračního signálu z končetiny, která překážku kontaktovala. Chůze přes reálné překážky ve studii dle Jaffe et al. probíhala na desetimetrovém nepohyblivém chodníku. V obou případech osoby volily vlastní rychlost chůze. S využitím obou testovacích metod osoby ukazovaly zlepšení v rychlosti chůze, délce kroku, vytrvalosti a kapacitě „clearance“. Změny přetrvávaly i dva týdny po tréninku. Při využití virtuální překážky došlo k většímu zlepšení v rychlosti chůze. Jaffe et al. říkají, že pohyblivý pás a využití reálných překážek umožňuje bezpečné podmínky pro nácvik chůze přes překážky. Je zde možnost vyzkoušet různé strategie překročení, aniž by hrozilo riziko pádu. Navíc, pokud mají osoby zvýšenou tendenci k pádům, je možné je během chůze na pásu upevnit do bezpečnostních popruhů. Využití závěsných popruhů umožňuje osobám bezpečný pohyb, nehrozí riziko pádu, a proto se mohou lépe soustředit na provádění požadovaného úkolu, a jsou tedy schopny více se zaměřit na zlepšení chůze. Propojení s počítačem umožňuje zaznamenávat údaje jednotlivého tréninku a parametry překážky mohou být modifikovány vzhledem k potřebám pacienta (Jaffe et al. (2004, pp. 283–292).

Werner et al. udávají, že využití pohyblivého pásu v terapii zlepšuje schopnost chůze. Využití virtuální překážky má pozitivní vliv na zlepšení schopnosti chůze také proto, že chůze přes virtuální překážku je zajímavější a osoby jí věnují více pozornosti (Werner et al., 2002, p. 641). Svůj podíl na zlepšení však může mít i placebo efekt, kdy množství technologických zařízení kolem probanda při chůzi přes virtuální překážku může ovlivnit výsledný efekt (Jaffe et al., 2004, p. 290).

Důležitou součástí je zpětný feedback informující o poloze a pohybu končetiny, aby se předešlo pádu. V mém experimentu nebyl využit taktilní feedback, který by informoval o kontaktu s překážkou. To může být příčinou množství kontaktů, ke kterým došlo při chůzi přes virtuální překážky. Co se týče vizuálního feedbacku, po kontaktu s překážkou došlo ke změně barvy překážky, avšak toto již nebylo pro probandy viditelné, proto byli na tuto skutečnost slovně upozorněni. V této studii tedy můžeme hovořit pouze o jisté formě auditivní zpětné vazby.

Rhea a Rietdyk říkají, že po kontaktu s překážkou mohou osoby zabránit dalšímu pádu tím, že při překročení více elevují končetinu nad překážkou a došlápnu dál za překážku. Toto bylo pozorováno pouze na končetině, která kontaktovala překážku. Druhá dolní končetina nebyla ovlivněna, což poukazuje na skutečnost, že senzorická informace o kontaktu s překážkou ovlivňuje pouze ispilaterální dolní končetinu, která zakopla, nikoli končetinu kontralaterální. Z toho důvodu jsou pravděpodobně obě končetiny při chůzi přes překážky kontrolovány nezávisle na sobě (Rhea, Rietdyk, 2011, p. 440). Může být argumentováno, že obě končetiny jsou kontrolovány samostatně proto, že vizuální informace je u obou končetin odlišná. Během normálních vizuálních podmínek je první dolní končetina při přechodu přes překážku vidět, kdežto překračuje-li přes překážku druhá dolní končetina, vizuální zpětná vazba chybí (Lu, Chen H.-L., Chen S.-Ch., 2006, p. 478). Nicméně, i při omezení zrakových podmínek, kdy je zabráněno vizuální informaci z obou dolních končetin a zrakové vstupy jsou tedy stejné, jsou končetiny kontrolovány nezávisle na sobě, protože po kontaktu končetiny s překážkou dochází k proaktivnímu zvýšení chodidla nad překážkou pouze u končetiny, která překážku kontaktovala. Proaktivní adaptace končetiny přetrvává nejméně během dalších osmi překročení přes překážku (Rhea, Rietdyk, 2011, p. 440).

Chandra et al. uvádí, že jsou starší osoby více závislé na vizuálních vstupech, přestože je zraková ostrost snižena (Chandra et al., 2011, p. 340). Starší osoby dříve zaměřují svůj pohled na překážku a déle se na ni dívají (Chapman, Hollands, 2007, p. 65). Zvýšená potřeba vizuální kontroly během chůze může sloužit jako kompenzace pro snížení schopnosti změnit délku kroku při vyhýbání se překážce. Starší osoby musí věnovat více pozornosti terénu, aby měli dostatek času na naplánování a provedení překročení (Rose, 2006, p. 135).

Vizuální trénink má velký vliv na zlepšení schopnosti vyhýbat se překážkám. Reed-Jones et al. zkoumali tento efekt. Pro vizuální trénink byl použit systém Nintendo Wii® Fit Plus s balanční podložkou Wii Balance Board. Trénink byl prováděn devadesát minut dvakrát týdně po dobu dvanácti týdnů. Všichni účastníci prováděli stejný počet sad a opakování, ale množství zvednuté hmotnosti bylo individuální. Aktivita zahrnovaly různá balanční cvičení a pozice z jógy, překračování přes překážky a vyhýbání se překážkám. Bylo zjištěno, že vizuální trénink může zlepšit chůzi přes překážky prostřednictvím dvou mechanismů. Jedním z mechanismů je zlepšení vizuálního zpracování a zvýšení pozornosti, čímž se zlepší schopnost detekce překážky a následné reakce na překážku. Snižované vizuální zpracování a pozornost jsou u starších lidí spojeny s větším počtem kontaktů s překážkou. Druhým

mechanismem je trénink kontroly těžiště prostřednictvím přímé vizuální zpětné vazby, což umožňuje zlepšit schopnost rychle měnit polohu těla a efektivně tak kontrolovat rovnováhu. Tyto mechanismy výrazně zlepšují schopnost adaptace lokomoce při přechodu přes překážku (Reed-Jones et al., 2012, p. 588–589).

5.8 Přínos pro praxi

Pochopení strategií, kterými je realizován přechod přes překážku, dává možnost terapeuticky preventivně působit proti zakopnutí a případnému pádu, ke kterému často dochází u starších osob právě z důvodu kontaktu končetiny a překážky (Lu; Chen, H.-L; Chen S.-Ch.) S využitím pohyblivého pásu a možnosti upevnit pacienta do bezpečnostního závěsu je možno trénovat překročení přes překážku, aniž by hrozilo riziko pádu. Navíc je možno nastavit rychlost chůze a rozměry překážky dle potřeb pacienta. Při chůzi na pásu se pacient pohybuje relativně na stejném místě, což umožňuje terapeutovi lépe provádět terapii a kontrolovat průběh chůze (Jaffe et al., 2004, pp. 289–290).

Terapie by se neměla zaměřovat pouze na fázi překročení, ale také na fázi přípravnou. Využití náhle se objevujících virtuálních překážek zlepšuje schopnost zpracování informace o překážce a také zvyšuje celkový postřeh a schopnost rychlé reakce na výskyt překážky (Reed-Jones et al., 2012, pp. 585–589). Výsledky studie ukazují, že při chůzi přes překážky dochází ke zvýšení aktivity svalů horních končetin, což podporuje tvrzení, že v lidské lokomoci převládá kvadrupedální koordinace (Kloter, Wirz, Dietz, 2011, p. 726). Z toho důvodu se nabízí terapeutické využití indirektivních technik, kdy je možné ovlivnit aktivaci horních končetin prostřednictvím aktivity dolních končetin, např. při chůzi přes překážku.

5.9 Limity práce

Jedním z limitů práce je malý vzorek osob po rozdělení všech probandů na skupinu mladších a starších osob. Některé změny ve svalové aktivitě, které se ukázaly být statisticky

významné při zkoumání všech osob dohromady, se neprokázaly v jednotlivých skupinách samostatně.

Dalším limitem je skutečnost, že dle Whittle (2007, p. 97) se změny v chůzi objevují až kolem 60–70 let, kdežto v mé studii nepřesáhl věk probandů 60 let. Z toho důvodu nelze s jistotou říci, že změny zjištěné u starší skupiny osob jsou dány přibývajícím věkem.

Co se týče výzkumné metody práce, krátká doba pro seznámení se s chůzí na pásu mohla ovlivnit výsledné strategie překročení. Schellenbach et al. uvádí, že pro adaptaci chůze na pohyblivém pásu je ideální doba dvacetiminutové chůze, aby se pohybové vzory co nejvíce přibližovaly skutečné chůzi v terénu, a aby bylo možné srovnávat skupinu starších a mladších osob (Schellenbach et al. 2010, pp. 298–299)

Strategii přechodu přes překážku mohla také ovlivnit skutečnost, že rozměry překážky nebyly přizpůsobené délce končetin všech probandů. Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch. uvádí, že by měly být překážky upraveny pro každého pacienta v závislosti na jejich délce dolních končetin. Pokud je překážka normována k délce končetin, i při zvýšení výšky překážky zůstává „clearance“ relativně nezměněná (Lu; Chen, H.-L.; Chen, S.-Ch., 2006, p. 472).

Dále se na výběru strategií může podílet fáze krokového cyklu, ve které se překážka objevila. Tato fáze nebyla ve všech případech překročení stejná, protože překážka byla zobrazována náhodně. To mohlo ovlivnit výběr končetiny překračující přes překážku a strategii překročení.

Co se týče využití povrchové elektromygrafie, elektrody byly na svaly umístovány podle subjektivního palpačního vjemu při volní izometrické kontrakci a u některých osob byla tato palpace obtížnější. Z toho důvodu se nedá s jistotou tvrdit, že nalepení elektrod přesně odpovídalo požadovanému místu nalepení na daném svalu, aby se co nejlépe projevila jeho aktivita v dané testované situaci. Také se nedá vyloučit přenos signálu z jiných svalů. Je také možné, že elektronická zařízení v okolí laboratoře mohla vytvářet nežádoucí artefakty na EMG záznamu.

V rámci této práce byla hodnocena aktivita první dolní končetiny ve švihové fázi kroku při přechodu přes překážku. Bylo by zajímavé hodnotit, jak se chová druhá dolní končetina během stojné fáze, a jak se mění její aktivita během následné fáze švihové, když tato končetina během překročení přes překážku není pod vizuální kontrolou. Nabízí se i hodnocení

druhé horní končetiny, protože dle Kloter, Wirz, Dietz (2011, pp. 721–731) je překročení přes překážku spojeno s aktivitou obou horních končetin.

ZÁVĚR

Krok přes překážku představuje kombinaci automatické a volní kontroly pohybu. Pro úspěšné překročení přes překážku je nezbytně nutná analýza pomocí senzorických vstupů, je potřeba dostatečně zpracovat informaci o překážce a adekvátně na ni zareagovat, aby nedošlo k pádu (van Hedel et al., 2004, p. 713). Překročení přes překážku vyžaduje udržování dynamické stability. Tomu odpovídá nejen precizní modifikaci pohybu dolní končetiny, ale také adekvátní intersegmentální koordinace pánve s horním trupem (Wang, Watanabe, 2003, p. 229). Cílem této práce bylo posouzení strategií, kterými je realizován přechod přes překážku a určení, zda existují rozdíly mezi skupinou mladších a starších osob.

Co se týče svalové aktivity, v našem experimentu se při překročení přes virtuální i reálnou překážku u všech osob, bez ohledu na věk, zvyšovala aktivita všech měřených svalů. Toto zvýšení bylo statisticky významné u m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. tibialis anterior, m. deltoideus, m. biceps brachii, m. triceps brachii, při přechodu přes reálnou překážku navíc ještě u m. gastrocnemius medialis.

Mladší skupina osob při chůzi přes překážky zvyšovala aktivitu m. rectus femoris a m. gastrocnemius medialis. Toto zvýšení se statisticky významně projevilo při chůzi přes virtuální překážky ve srovnání s chůzí bez překážek a při chůzi přes reálné překážky ve srovnání s chůzí přes virtuální překážky. Zvýšená aktivita m. deltoideus, m. biceps brachii a m. triceps brachii se ukázala jako signifikantní při chůzi přes reálné překážky oproti chůzi přes virtuální překážky.

Starší skupina osob při chůzi přes virtuální překážky statisticky významně snižovala aktivitu m. gastrocnemius medialis. Srovnáme-li však dva typy překážek mezi sebou, při přechodu přes reálnou překážku se aktivita m. gastrocnemius medialis signifikantně zvyšovala. Zvýšená aktivita svalů horních končetin se projevila signifikantně u m. biceps brachii při chůzi přes virtuální překážky ve srovnání s chůzí bez překážek, a při chůzi přes reálné překážky oproti chůzi přes virtuální překážky, u m. deltoideus při chůzi přes reálné překážky ve srovnání s chůzí bez překážek, a u m. triceps brachii při chůzi přes reálné překážky ve srovnání s chůzí bez překážek i s chůzí přes virtuální překážky.

Co se týče srovnání mladší a starší skupiny osob mezi sebou, při chůzi přes překážky se signifikantně zvyšovala aktivita m. rectus femoris u mladší skupiny osob.

Nelze jednoznačně určit, zda jsou změny ve svalové aktivitě způsobeny přibývajícím věkem, protože dle Whittle (2007, p. 97) nastupuje počátek změn v chůzi kolem 60–70 let. Zvýšená svalová aktivita při chůzi přes překážky poukazuje na větší nároky, které jsou kladeny na neuromuskulární systém.

Z výsledků tohoto výzkumu bylo zjištěno, že osoby překračovaly přes překážky oběma dolními končetinami, u mladší skupiny osob se preference jedné končetiny přibližovala 65 %, u starší skupiny osob 60 %. Překročení přes překážku realizovaly mladší osoby ve větší míře dominantní dolní končetinou, u starších osob byl podíl překročení prostřednictvím dominantní a nedominantní dolní končetiny vyrovnaný. U obou skupin osob převažovala strategie dlouhého kroku, u starší skupiny osob byla tato strategie využívána častěji. Při hodnocení Timed Up and Go testu a jeho modifikací ukazovaly starší osoby statisticky významně vyšší časy než mladší osoby. Nelze však říci, že by u starších osob bylo zvýšené riziko pádu. Starší osoby byly úspěšnější než mladší osoby při překročení přes překážku.

Studie je přínosná pro pochopení strategií, které jsou využívány při přechodu přes překážku. Poukazuje na možnosti využití pohyblivého pásu s projekcí virtuálních překážek, kdy je možno trénovat překročení přes překážky, aniž by hrozilo riziko pádu z důvodu zakopnutí o překážku. Využití náhle se objevujících virtuálních překážek může zlepšit schopnost zpracování informace o překážce a také zvýšit celkový postřeh a schopnost rychlé reakce na výskyt překážky. Skutečnost, že se při chůzi přes překážky zvyšuje i aktivita horních končetin podporuje tvrzení, že v lidské lokomoci převládá kvadrupeální koordinace (Kloter, Wirz, Dietz, 2011, pp. 721–731). Této skutečnosti může být využito působením indirektivních technik ve fyzioterapii, např. facilitací dolní končetiny při přechodu přes překážku s cílem ovlivnění aktivity horních končetin.

REFERENČNÍ SEZNAM

ALEXANDRE, T. S., MEIRA, D. M., RICO, N. C., MIZUTA, S. K. 2012. Accuracy of Timed Up and Go Test for screening risk of falls among community-dwelling elderly. *Revista Brasileira de Fisioterapia* [online]. 2012, vol. 16, no. 5, pp. 381-388. [cit. 29.04.2013]. ISSN 1413-3555. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552012005000041&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

ANONYMOUS, 2010. *Definition of an older or elderly person*. World Health Organization. Dostupné na: <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/>.

AUSTIN, G. P., GARRETT, G. E., BOHANNON, R. W. 1999. Kinematic analysis of obstacle clearance during locomotion. *Gait and Posture* [online]. 1999, vol. 10, iss. 2, pp. 109-120. [cit. 22.01.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636299000223/1-s2.0-S0966636299000223-main.pdf?_tid=d40054e6-bc0e-11e2-a107-00000aacb35f&acdnat=1368478445_98e8aee014d0d1f79b45bb17e4cb9fcf.

BESSOT, N., GUINCESTRE, J.-Y., SAMSON, F., HULET, CH., DENISE, P., CHAVOIX, CH. 2011. Postural Control in a Fall Risk Situation in the Elderly: Stepping Over an Obstacle Under Dual-Task Conditions. *Open Longevity Science* [online]. 2011, vol. 5, no. 1, pp. 3-8. [cit. 03.01.2013]. ISSN 1876-326X. Dostupné z: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/70712020/postural-control-fall-risk-situation-elderly-stepping-over-obstacle-under-dual-task-conditions>.

BICE, M. R., HANSON, N., ELDRIDGE, J., RENEAU, P., POWELL, D. W. 2011. Neuromuscular Adaptations in Elderly Adults are Task-Specific During Stepping and Obstacle Clearance Tasks. *International Journal of Exercise Science* [online]. 2011, vol. 4, iss. 1, pp. 278-286. [cit. 21.02.2013]. ISSN 1939-795X. Dostupné z: <http://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol4/iss1/9/>.

BROWN, L. A., DOAN, J. B., MCKENZIE, N. C., COOPER, S. A. 2006. Anxiety-mediated gait adaptations reduce errors of obstacle negotiation among younger and older adults: Implications for fall risk. *Gait and Posture* [online]. 2006, vol. 24, iss. 4, pp. 418-423. [cit. 03.01.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636205002559/1-s2.0-S0966636205002559-main.pdf?_tid=22922640-bca3-11e2-bc8b-00000aab0f6c&acdnat=1368542142_1cbaa64720ca22bbc010ffbb7eb937ae.

CALLISAYA, M. L., BLIZZARD, L., SCHMIDT, M. D., MCGINLEY, J. L., SRIKANTH, V. K. 2010. Ageing and gait variability – a population-based study of older people. *Age and Ageing* [online]. 2010, vol. 39, iss. 2, pp. 191-197. [cit. 08.02.2012]. ISSN 1468-2834. Dostupné z: <http://ageing.oxfordjournals.org/content/39/2/191.full.pdf+html>.

DA SILVA, J. J., BARBIERI, F. B., GOBBI, L. T. B. 2011. Adaptive Locomotion for Crossing a Moving Obstacle. *Motor control* [online]. 2011, vol. 15, no. 3, pp. 419-433. [cit. 23.11.2012]. ISSN 1543-2696. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21878693>.

DEMURA, S., UCHIYAMA, M. 2007a. Influence of various obstacle heights on the timed “Up & Go” test in young adults. *Sport Sciences for Health* [online]. 2007, vol. 2, iss. 1, pp. 23-28. [cit. 05.05.2013]. ISSN 1825-1234. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11332-007-0034-2>.

DEMURA, S., UCHIYAMA, M. 2007b. Proper Assessment of the Falling Risk in the Elderly by a Physical Mobility Test with an Obstacle. *Tohoku Journal of Experimental Medicine* [online]. 2007, vol. 212, no. 1, pp. 13-20. [cit. 08.02.2012]. ISSN 0040-8727. Dostupné z: <http://dspace.lib.kanazawa-u.ac.jp/dspace/bitstream/2297/16869/1/ED-PR-DEMURA-S-13.pdf>.

DREW, T., ANDUJAR, J.-E., LAJOIE, K., YAKOVENKO, S. 2008. Cortical mechanisms involved in visuomotor coordination during precision walking. *Brain Research Reviews* [online]. 2008, vol. 57, no. 1, pp. 199-211. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0165-0173. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0165017307001397/1-s2.0-S0165017307001397-main.pdf?_tid=f2655bbe-bc01-11e2-be1a-00000aab0f6c&acdnat=1368472912_7dec350dcd40ee56e2da8039d0e791d8.

ERNI, T., DIETZ, V. 2001. Obstacle avoidance during human walking: learning rate and cross-modal transfer. *Journal of Physiology* [online]. 2001, vol. 534, no. 1, pp. 303-312. [cit. 28.11.2012]. ISSN 1522-1490. Dostupné z: <http://jp.physoc.org/content/534/1/303.full.pdf+html>.

ESPY, D. D., YANG, F., BHATT, T., PAI, Y.-C. 2010. Independent Influence of Gait Speed and Step Length on Stability and Fall Risk. *Gait and Posture* [online]. 2010, vol. 32, iss. 3, pp. 378-382. [cit. 5.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636210001712/1-s2.0-S0966636210001712-main.pdf?_tid=42481c90-bc05-11e2-93d6-00000aacb35d&acdnat=1368474335_580e28b4f7a943e5e2d9f611d2f65cbd.

FALLGAIROLLE, M., DE SEZE, M., JUVIN, L., MORIN, D., CAZALETS, J.-R. 2006. Coordinated network functioning in the spinal cord: An evolutionary perspective. *Journal of Physiology* [online]. 2006, vol. 100, iss. 5-6, pp. 304-316. [cit. 14.04.2013]. ISSN 0928-4257. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0928425707000216/1-s2.0-S0928425707000216-main.pdf?_tid=15848a90-bcaa-11e2-bc03-00000aacb35e&acdnat=1368545126_04e94d049df724fe882bafecb5b3804.

FERRIS, D. P., HUANG, H. J., KAO, P. CH. 2006. Moving the Arms to Activate the Leg. *American College of Sports Medicine* [online]. 2006, vol. 34, no. 3, pp. 113-120. [cit. 28.11.2012]. ISSN 0091-6331. Dostupné z: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.8.1a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=IAOCFPGLICDDOGMGNCOKEHOBPNPDMAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.18.19%257c0%257c00003677-200607000-00005%26S%3dIAOCFPGLICDDOGMGNCOKEHOBPNPDMAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCOBEHMGIC00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv025%2f00003677%2f00003677-200607000-00005.pdf&filename=Moving+the+Arms+to+Activate+the+Legs.&pdf_key=FPDDNCOBEHMGIC00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv025/00003677/00003677-200607000-00005.

FISCHER, M. S., WITTE, H. 2007. Legs evolved only at the end! *Philosophical Transaction of the the Royal Society* [online]. 2007, vol. 365, no. 1850, pp. 185-198. [cit. 08.02.2012]. ISSN 1471-2970. Dostupné z: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/365/1850/185.full.pdf+html>.

GOBBI, L. T. B., DA SILVA, J. J., BARBIERI, F. A. 2011. Do Men and Women Use Similar Adaptive Locomotion to Clear Static and Dynamic Obstacles? *Human Movement* [online]. 2011, vol. 12, no. 1, pp. 75-80. [cit. 02.10.2012]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/view/j/humo.2011.12.issue-1/v10038-010-0029-8/v10038-010-0029-8.xml>

HAEFELI, J., VÖGELI, S., MICHEL, J., DIETZ, V. 2011. Preparation and performance of obstacle steps: interaction between brain and spinal neuronal activity. *European Journal of Neuroscience* [online]. 2011, vol. 33, no. 2, pp. 338-348. [cit. 28.11.2012]. ISSN 1460-9568. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1460-9568.2010.07494.x/pdf>.

HAHN, M. E., CHOU, L.-S., 2004. Age-related reduction in sagittal plane center of mass motion during obstacle crossing. *Journal of Biomechanics* [online]. 2004, vol. 37, no. 6, pp. 837-844. [cit. 3.11.2012]. ISSN 0021-9290. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0021929003004214/1-s2.0-S0021929003004214-main.pdf?_tid=9138ada8-bc03-11e2-9962-00000aab0f01&acdnat=1368473608_601685e987c34af5ffc174778e370745.

HAHN, M. E., LEE, H.-J., CHOU L.-S. 2005. Increased muscular challenge in older adults during obstructed gait. *Gait and Posture* [online]. 2005, vol. 22, iss. 4, pp. 356-361. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362 . Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636204002619/1-s2.0-S0966636204002619-main.pdf?_tid=37991144-bbfd-11e2-8d7c-00000aacb361&acdnat=1368470881_53972534c5b0fce50446611ae0576a14.

HEGEMAN, J., WEERDESTEYN, V., VAN DEN BEMT, B., NIENHUIS, B., VANLIMBEEK, J., DUYSSENS, J. 2012. Dual-tasking interferes with obstacle avoidance reactions in healthy seniors. *Gait and Posture* [online]. 2012, vol. 36, iss. 2, pp. 236-240. [cit. 26.04.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636212000756/1-s2.0-S0966636212000756-main.pdf?_tid=755e3b44-bcb1-11e2-9daf-00000aacb35f&acdnat=1368548294_384df5a49eb9e4cc185e0ff15fe153e0.

HERMAN, T., GILADI, N., HAUSDORFF, J. M. 2011. Properties of the ‘Timed Up and Go’ Test: More than Meets the Eye. *Gerontology* [online]. 2011, vol. 57, no. 3., pp. 203-210. [cit. 29.04.2013]. ISSN 1423-0003. Dostupné z: <http://www.karger.com/Article/Pdf/314963>.

HUANG, S.-CH., LU, T.-W., CHEN, H.-L., WANG, T.-M., CHOU, L.-S. 2008. Age and height effects on the center of mass and center of pressure inclination angles during obstacle-crossing. *Medical Engineering & Physics* [online]. 2008, vol. 30, no. 8, pp. 968-975. [cit. 23.11.2012]. ISSN 1350-4533. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1350453307001956/1-s2.0-S1350453307001956-main.pdf?_tid=335f2ba8-bc03-11e2-b4c1-00000aab0f26&acdnat=1368473451_841556fca021c53dbb5e6065b8a23942.

CHANDRA, S. K., BOCKISCH, CH. J., DIETZ, V., HEGEMANN, S. C. A., STRAUMANN, D., VAN HEDEL, H. J. A. 2011. Gaze strategies for avoiding obstacles: Differences between young and elderly subjects. *Gait and Posture* [online]. 2011, vol. 34, iss. 3, pp. 340-346. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362 . Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636211001779/1-s2.0-S0966636211001779-main.pdf?_tid=57f46132-bc02-11e2-93ee-00000aab0f01&acdnat=1368473082_f59e3ced4e378ddbe9f957f1eb134a1b.

CHAPMAN, G. J., HOLLANDS, M. A. 2007. Evidence that older adult fallers prioritise the planning of future stepping actions over the accurate execution of ongoing steps during complex locomotor tasks. *Gait and Posture* [online]. 2007, vol. 26, iss.1, pp. 59-67. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636206001536/1-s2.0-S0966636206001536-main.pdf?_tid=019bba58-bc0a-11e2-bf17-00000aab0f26&acdnat=1368476374_b0e43fc036808a4adf20bb90d1a21163.

CHEN, H.-CH., ASHTON-MILLER, J. A., ALEXANDER, N. B., SCHULTZ, A. B. 1994a. Age effect on strategies used to avoid obstacles. *Gait and Posture* [online]. 1994a, vol. 2, iss. 3, pp. 139-146. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/31348/0000258.pdf?sequence=1>.

CHEN, H.-CH., ASHTON-MILLER, J. A., ALEXANDER, N. B., SCHULTZ, A. B. 1994b. Effects of Age and Available Response Time on Ability To Step Over an Obstacle. *Journal of Gerontology* [online]. 1994, vol. 49, no. 5, pp. M227-M233. [cit. 24.11.2012]. ISSN 1079-5006. Dostupné z: <http://geronj.oxfordjournals.org/content/49/5/M227.full.pdf+html>.

CHOU, L.-S., KAUFMAN, K. R., BREY, R. H., DRAGANICH, L. F. 2001. Motion of the whole body's center of mass when stepping over obstacles of different heights. *Gait & Posture* [online]. 2011, vol. 13, iss. 1, pp. 17-26. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636200000874/1-s2.0-S0966636200000874-main.pdf?_tid=629e31de-bc03-11e2-845f-00000aab0f02&acdnat=1368473530_1abdb81bc7d0be2f62eae547e3e0743e.

CHOU, L. S., KAUFMAN, K. R., HAHN, M. E., BREY, R. H. 2003. Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait & Posture* [online]. 2003, vol. 18, iss. 3, pp. 125-133. [cit. 13.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S096663620200067X/1-s2.0-S096663620200067X-main.pdf?_tid=20890354-bc04-11e2-a955-00000aacb360&acdnat=1368473849_ead525788f083c71d049168b9925447e.

JAFFE, D. L., BROWN, D. A., PIERSON-CAREY, CH. D., BUCKLEY, E. L., LEW, H. L. 2004. Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia. *Journal of Rehabilitation Research and Development* [online]. 2004, vol. 41, no. 3A, pp. 283-292. [cit. 29.04.2013]. ISSN 0748-7711. Dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/04/41/3A/Jaffe.html>.

KLOTER, E., WIRZ, M., DIETZ, V. 2011. Locomotion in stroke subjects: interactions between unaffected and affected sides. *Brain* [online]. 2011, vol. 134, no. 3, pp. 721-731. [cit. 05.11.2012]. ISSN 1460-2156. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/134/3/721.full.pdf+html>.

KUHTZ-BUSCHBECK, J. P., JING, B. 2012. Activity of upper limb muscles during human walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2012, vol. 22, iss. 2, pp. 199-206. [cit. 02.10.2012]. ISSN 1050-6411. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1050641111001404/1-s2.0-S1050641111001404-main.pdf?_tid=7ecea718-bc02-11e2-a546-00000aab0f26&acdnat=1368473148_f5cbcb395a4b994a9622d60edb6dd5ca.

LAMOUREUX, E., SPARROW, W. A., MURPHY, A., NEWTON, R. U. 2002. The Relationship Between Lower Body Strength and Obstructed Gait in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 2002, vol. 50, no. 3, pp. 468-473. [cit. 30.10.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1532-5415.2002.50112.x/pdf>.

LAMOUREUX, E., SPARROW, W. A., MURPHY, A., NEWTON, R. U. 2003. The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. *Gait and Posture* [online]. 2003, vol. 17, iss. 3, pp. 273-283. [cit. 30.10.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636202001017/1-s2.0-S0966636202001017-main.pdf?_tid=cc3ae03c-bc04-11e2-90e7-00000aab0f6c&acdnat=1368474137_e3cb1f8ead61c6c1170349381778445b.

LEE, H.-J., CHOU, L. S. 2006. Detection of Gait Instability Using the Center of Mass and Center of Pressure Inclination Angles. *Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2006, vol. 87, iss. 4, pp. 569-575. [cit. 24.04.2013]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999305014747>.

LOWREY, C. R., WATSON, A., VALLIS, L. A. 2007a. Age-related changes in avoidance strategies when negotiating single and multiple obstacles. *Experimental Brain Research* [online]. 2007a, vol. 182, no. 3, pp. 289-299. [cit. 23.11.2012]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-007-0986-0>.

LOWREY, C. R., REED, R. J., VALLIS, L. A. 2007b. Control strategies used by older adults during multiple obstacle avoidance. *Gait and Posture* [online]. 2007b, vol. 25, iss. 4, pp. 502-508. [cit. 08.10.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636206001032/1-s2.0-S0966636206001032-main.pdf?_tid=4133ff80-bbfc-11e2-88d7-00000aab0f02&acdnat=1368470467_0e18327fa5b1e2ca71c7e12e129c559b.

LU, T.-W., CHEN, H.-L., CHEN, S.-CH. 2006. Comparisons of the lower limb kinematics between young and older adults when crossing obstacles of different heights. *Gait and Posture* [online]. 2006, vol. 23, iss. 4, pp. 471-479. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <http://ntur.lib.ntu.edu.tw/bitstream/246246/128151/1/13.pdf>.

LU, T.-W., YEN, H.-CH., CHEN, H.-L. 2008. Comparisons of the inter-joint coordination between leading and trailing limbs when crossing obstacles of different heights. *Gait and Posture* [online]. 2008, vol. 27, iss. 2, pp. 309-315. [cit. 22.01.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636207001129/1-s2.0-S0966636207001129-main.pdf?_tid=1b8c6560-bca6-11e2-b5c8-00000aacb362&acdnat=1368543419_b8095bcf6db39a2d85d7baf7f4190a90.

MICHEL, J., VAN HEDEL, H. J. A., DIETZ, V. 2007. Facilitation of spinal reflexes assists performing but not learning an obstacle-avoidance locomotor task. *European Journal of Neuroscience* [online]. 2007, vol. 26, no. 5, pp. 1299-1306. [cit. 06.11.2012]. ISSN 1460-9568. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1460-9568.2007.05759.x/pdf>.

MICHEL, J., VAN HEDEL, H. J. A., DIETZ, V. 2008. Obstacle stepping involves spinal anticipatory activity associated with quadrupedal limb coordination. *European Journal of Neuroscience* [online]. 2008, vol. 27, no. 7, pp. 1867-1875. [cit. 30.11.2012]. ISSN 1460-9568. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1460-9568.2008.06145.x/abstract>.

MONACO, V., GHIONZOLI, A., MICERA, S. 2010. Age-Related Modifications of Muscle Synergies and Spinal Cord Activity During Locomotion. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2010, vol. 104, no. 4, pp. 2092-2102. [cit. 08.02.2012]. ISSN 1522-1598. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/104/4/2092.full.pdf+html>.

MORAES, R., PATLA, A. E. 2006. Determinants guiding alternate foot placement selection and the behavioral responses are similar when avoiding a real or a virtual obstacle. *Experimental Brain Research* [online]. 2006, vol. 171, no. 4, pp. 497-510. [cit. 05.11.2012]. ISSN 1432-1106 . Dostupné z: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00221-005-0297-2.pdf>.

NAGANO, H., BEGG, R. K., SPARROW, W. A., TAYLOR, S. 2011. Ageing and limb dominance effects on foot-ground clearance during treadmill and overground walking. *Clinical Biomechanics* [online]. 2011, vol. 26, iss. 9, pp. 962-968. [cit. 27.04.2013]. ISSN 0268-0033. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0268003311001525/1-s2.0-S0268003311001525-main.pdf?_tid=7d958722-bcac-11e2-973a-00000aab0f27&acdnat=1368546160_5ffd3d9b971d6481079d66509facb4a3.

PATLA, A. E. 2003. Strategies for Dynamic Stability During Adaptive Human Locomotion. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* [online]. 2003, vol. 22, no. 2, pp. 48-52. [cit. 5.11.2012]. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1195695&userType=inst>.

PATLA, A. E., RIETDYK, S. 1993. Visual control of limb trajectory over obstacles during locomotion: effect of obstacle height and width. *Gait and Posture* [online]. 1993, vol. 1, iss. 1, pp. 45-60. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/096663629390042Y/1-s2.0-096663629390042Y-main.pdf?_tid=6bf9a752-bc05-11e2-a6f0-00000aab0f6b&acdnat=1368474404_cad5a88a801b1a2a0f03d94f45c9b8d0.

PERRY, J. 1992. *Gait analysis: normal and pathological function*. 1st ed. Thorofare, N.J.: SLACK Incorporated, 1992. 524 pp. ISBN 1556421923.

PIAZZA, S. J., DELP, S. L. 1996. The influence of muscles on knee flexion during the swing phase of gait. *Journal of biomechanics* [online]. 1996, vol. 29, no. 6., pp. 723-733. [cit. 06.05.2013]. ISSN 0021-9290. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/0021929095001441/1-s2.0-0021929095001441-main.pdf?_tid=b1bde9bc-bcad-11e2-b9b1-00000aacb362&acdnat=1368546677_c934d2d2280e5eeb6564d3eb11936180.

REED-JONES, R. J., DORGO, S., HITCHINGS, M. K., BADER, J. O. 2012. Vision and agility training in community dwelling older adults: Incorporating visual training into programs for fall prevention. *Gait and Posture* [online]. 2012, vol. 35, iss. 4, pp. 585-589. [cit. 22.01.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636211007971/1-s2.0-S0966636211007971-main.pdf?_tid=1ba6ccda-bca0-11e2-973a-00000aabb0f27&acdnat=1368540842_cb90a9be70e3ef53eb63dd116027bf96.

RHEA, CH. K., RIETDYK, S. 2011. Influence of an unexpected perturbation on adaptive gait behavior. *Gait & Posture* [online]. 2011, vol. 34, iss. 3, pp. 439-441. [cit. 02.10.2012]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636211002050/1-s2.0-S0966636211002050-main.pdf?_tid=42c75ace-bc04-11e2-8984-00000aabb362&acdnat=1368473906_98f6615c1d849356f936d3b34fab932b.

ROSE, J. 2006. *Human walking*. 3rd ed. Philadelphia, Pa. : Lippincott Williams & Wilkins, 2006. 234 pp. ISBN 9780781759540.

SALZMAN, B. 2010. Gait and Balance Disorders in Older Adults. *American Family Physician* [online]. 2010, vol. 82, no. 1., pp. 61-68. [cit. 08.02.2012]. ISSN 0002-838X. Dostupné z: <http://www.aafp.org/afp/2010/0701/p61.pdf>.

SHUMWAY-COOK, A., BRAUER, S., WOOLLACOTT, M. 2000. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy* [online]. 2000, vol. 80, no. 9, pp. 896-903. [cit. 04.05.2013]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/80/9/896.full.pdf+html>.

SCHELLENBACH, M., LÖVDÉN, M., VERREL, J., KRÜGER, A., LINDENBERGER, U. 2010. Adult age differences in familiarization to treadmill walking within virtual environments. *Gait and Posture* [online]. 2010, vol. 31, iss. 3, pp. 295-299. [cit. 06.05.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636209006602/1-s2.0-S0966636209006602-main.pdf?_tid=def49b96-bcae-11e2-9653-00000aabb0f6c&acdnat=1368547182_e7b6d37bd63e0560544a17df30d69ded.

SCHOENE, D., WU, S. M.-S., MIKOLAIZAK, A. S., MENANT, J. C., SMITH, S. T., DELBAERE, K., LORD, S. R. 2013. Discriminative Ability and Predictive Validity of the Timed Up and Go Test in Identifying Older People Who Fall: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 2013, vol. 61, iss. 2, pp. 202-208. [cit. 29.04.2013]. ISSN 1532-5415. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jgs.12106/pdf>.

SPARROW, W. A., SHINKFIELD, A. J., CHOU, S., BEGG, R. K. 1996. Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Human Movement Science* [online]. 1996, vol. 15, iss. 4, pp. 605-622. [cit. 23.11.2012]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/016794579600022X/1-s2.0-016794579600022X-main.pdf?_tid=414bac26-bbfb-11e2-897e-00000aacb361&acdnat=1368470038_479a3d1f40eb4ccb845a7630c8219b42.

UEMURA, K., YAMADA, M., NAGAI, K., ICHIHASHI, N. 2011. Older Adults At High Risk of Falling Need More Time for Anticipatory Postural Adjustment in the Precrossing Phase of Obstacle Negotiation. *Journal of Gerontology* [online]. 2011, vol. 66A, iss. 8, pp. 904-909. [cit. 23.11.2012]. ISSN 1079-5006. Dostupné z: <http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/66A/8/904.full.pdf+html>.

VAN HEDEL, H. J. A., BIEDERMANN, M., ERNI, T., DIETZ, V. 2002. Obstacle avoidance during human walking: transfer of motor skill from one leg to the other. *Journal of Physiology* [online]. 2002, vol. 543, no. 2, pp. 709-717. [cit. 05.02.2013]. ISSN 1522-1490. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2002.018473/pdf>.

VAN HEDEL, H. J. A., DIETZ, V. 2004. The influence of age on learning a locomotor task. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2004, vol. 115, iss. 9, pp. 2134-2143. [cit. 11.04.2013]. ISSN 1388-2457. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1388245704001397/1-s2.0-S1388245704001397-main.pdf?_tid=2649847a-bcc3-11e2-8589-00000aacb35e&acdnat=1368555892_6f3db6e74e1192d7ccceab9e44859b98.

WANG, Y., WATANABE, K. 2003. Angular Movements of the Trunk and Pelvis When Stepping Over Obstacles of Different Heights. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation* [online]. 2003, vol. 11, no. 4, pp. 219-234. [cit. 23.11.2012]. ISSN 1543-8635. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/714041038?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed#.UZEzn0qZet8.

WEERDESTeyN, V., NIENHUIS, B., HAMPSINK, B., DUySENS, J. 2004. Gait adjustments in response to and obstacle are faster than voluntary reaction. *Human Movement Science* [online]. 2004, vol. 23, iss. 3-4, pp. 351-363. [cit. 03.10.2012]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0167945704000545/1-s2.0-S0167945704000545-main.pdf?_tid=b7343dea-bbfb-11e2-a4cf-00000aacb35d&acdnat=1368470236_b395be1986171aaf4e4ad0cfedc719b9.

WEERDESTeyN, V., NIENHUIS, B., DUySENS, J. 2005. Advancing age progressively affects obstacle avoidance skills in the elderly. *Human Movement Science* [online]. 2005, vol. 24, iss. 5-6, pp. 865-880. [cit. 03.10.2012]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0167945705000898/1-s2.0-S0167945705000898-main.pdf?_tid=82d7382c-bbfb-11e2-a546-00000aab0f26&acdnat=1368470148_06ea444bd78dc38559c1f4282fe1055c.

WERNER, C., BARDELEBEN, A., MAURITZ, K.-H., KIRKER, S., HESSE, S. 2002. Treadmill training with partial body weight support and physiotherapy in stroke patients: a preliminary comparison. *European Journal of Neurology* [online]. 2002, vol. 9, ISS. 6, pp. 639-644. [cit. 04.05.2013]. ISSN 1468-1331. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1468-1331.2002.00492.x/pdf>.

WHITTLE, M. W. 2007. *Gait analysis: an introduction*. 4th ed. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. 255 pp. ISBN 978-0-7506-8883-3.

WINTER, D. A. 1995. Human balance and posture kontrol during standing and walking. *Gait and Posture* [online]. 1995, vol. 3, no. 4, pp. 193-214. [cit. 24.04.2013]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <http://www.cs.cmu.edu/~hgeyer/Teaching/R16-899B/Papers/Winter95Gait%26Posture.pdf>.

SEZNAM ZKRATEK

ART	available response time
BB	m. biceps brachii
BF	m. biceps femoris
C	krční segment
cm	centimetr
COM	center of mass
COP	center of pressure
DEL	m. deltoideus
EMG	elektromyografie
GM	m. gastrocnemius medialis
CH	chůze
K	kognitivní úkol
kg	kilogram
M	manuální úkol
min	minimální hodnota
max	maximální hodnota
ML	mladší skupina osob
ms	milisekunda
n	nervus
p	pravděpodobnost
RF	m. rectus femoris
RP	reálná překážka
R _{SA}	relativní svalová aktivita
RMS	root mean square
s	sekunda
SA _{PŘ}	svalová aktivita při přechodu přes překážku
SA _{CH}	svalová aktivita při chůzi
ST	starší skupina osob
STR	strategie
TA	m. tibialis anterior
TB	m. triceps brachii

Th	hrudní segment
TUG	Timed Up and Go test
VP	virtuální překážka
WHO	World Health Organization
%	procento
σ	směrodatná odchylka
Σ	suma
μV	mikrovolt

SLOVNÍK ANGLICKÝCH POJMŮ

available response time	čas dostupný pro reakci na překážku
COM	těžiště těla vycházející z váženého průměru polohy těžišť všech dílčích segmentů
COP	vážený průměr všech tlaků působících na opěrnou plochu
dual-task	dvojitý úkol
foot clearance	vertikální vzdálenost chodidla od překážky
heel distance	vzdálenost paty od zadní hrany překážky po dopadu chodidla za překážku
heel-strike	fáze krokového cyklu – dopad paty
leading limb	dolní končetina překračující přes překážku první v pořadí
leading limb preference	preference dolní končetiny překračující přes překážku první v pořadí
toe distance	vzdálenost špičky prstů dolní končetiny od přední hrany překážky
toe-off	fáze krokového cyklu – odlepení prstů chodidla
trailing limb	druhá dolní končetina překračující přes překážku

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Strategie přechodu přes překážku	14
Obr. 2 Pozice končetiny vzhledem k překážce – popis prostorových parametrů	15
Obr. 3 Inklinací úhel mezi COM a COP	20
Obr. 4 Počátek hodnocené fáze krokového cyklu – „toe-off“	34
Obr. 5 Konec hodnocené fáze krokového cyklu – „heel-strike“	35

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u všech osob, bez ohledu na věk	36
Tab. 2 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb“ a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u mladší skupiny osob	37
Tab. 3 Základní veličiny popisné statistiky relativní svalové aktivity svalů „leading limb a kontralaterální horní končetiny při chůzi přes překážky u starší skupiny osob	37
Tab. 4 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze bez překážek s chůzí přes virtuální překážky	39
Tab. 5 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze bez překážek s chůzí přes reálné překážky	44
Tab. 6 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes virtuální překážky s chůzí přes reálné překážky	49
Tab. 7 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob	55
Tab. 8 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání chůze přes reálné překážky mezi mladší a starší skupinou osob	57
Tab. 9 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací u mladší a starší skupinou osob	59
Tab. 10 Hodnoty hladiny statistické významnosti při srovnání TUG testu a jeho modifikací mezi mladší a starší skupinou osob	60

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	39
Graf 2 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	40
Graf 3 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	40
Graf 4 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	41
Graf 5 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	42
Graf 6 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	42
Graf 7 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes virtuální překážky u všech skupin osob	43
Graf 8 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	44
Graf 9 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	45
Graf 10 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	45
Graf 11 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	46
Graf 12 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	47
Graf 13 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	47
Graf 14 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi bez překážek a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	48

Graf 15 Porovnání průměrné aktivity m. biceps femoris při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	50
Graf 16 Porovnání průměrné aktivity m. rectus femoris při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	51
Graf 17 Porovnání průměrné aktivity m. gastrocnemius medialis při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	51
Graf 18 Porovnání průměrné aktivity m. tibialis anterior při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	52
Graf 19 Porovnání průměrné aktivity m. deltoideus při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	53
Graf 20 Porovnání průměrné aktivity m. biceps brachii při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	53
Graf 21 Porovnání průměrné aktivity m. triceps brachii při chůzi přes virtuální překážky a při chůzi přes reálné překážky u všech skupin osob	54
Graf 22 Porovnání průměrné aktivity svalů dolní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob	56
Graf 23 Porovnání průměrné aktivity svalů horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob	56
Graf 24 Porovnání průměrné aktivity svalů dolní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob	58
Graf 25 Porovnání průměrné aktivity svalů horní končetiny při chůzi přes virtuální překážky mezi mladší a starší skupinou osob	58
Graf 26 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací u mladší a starší skupiny osob	61
Graf 27 Výběr preferenční dolní končetiny u mladší skupiny osob	62
Graf 28 Výběr preferenční dolní končetiny u starší skupiny osob	62
Graf 29 Překročení dominantní a nedominantní dolní končetinou u mladší skupiny osob	63
Graf 30 Překročení dominantní a nedominantní dolní končetinou u starší skupiny osob	64
Graf 31 Strategie dlouhého a krátkého kroku u mladší skupiny osob	65
Graf 32 Strategie dlouhého a krátkého kroku u starší skupiny osob	65
Graf 33 Míra úspěšnosti u mladší skupiny osob	66
Graf 34 Míra úspěšnosti u starší skupiny osob	67

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Informovaný souhlas	110
Příloha 2 Dotazník s anamnestickými údaji	111
Příloha 3 Základní anamnestické údaje	112
Příloha 4 Testované situace na pohyblivém pásu	114
Příloha 5 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací	116
Příloha 6 Dominance a preference dolní končetiny	118
Příloha 7 Strategie překročení	119
Příloha 8 Úspěšnost	120
Příloha 9 Absolutní hodnoty svalové aktivity	121
Příloha 10 Relativní hodnoty svalové aktivity	128

PŘÍLOHY

Příloha 1 Informovaný souhlas



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Název diplomové práce: Krok jako senzorický vstup

Autor práce: Bc. Romana Baďurová

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

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výzkumné části diplomové práce.

Byl/a jsem podrobně informován/a o podstatě výzkumu a seznámen/a s cíli, metodami a postupy, které budou při výzkumu použity.

Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu, a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost zeptat se na vše, co jsem považoval/a za potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď.

Jsem informován/a o možnosti kdykoliv od účasti odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Jméno, příjmení a podpis autora:

Jméno, příjmení a podpis účastníka:

V Olomouci dne:

Příloha 2 Dotazník s anamnestickými údaji

Název diplomové práce: Krok jako senzorický vstup

Autor práce: Bc. Romana Baďurová

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

Jméno a příjmení:

Datum narození:

Rodné číslo:

Adresa:

Tel. číslo:

Pojišťovna:

Výška:

Váha:

Vrozená či získaná onemocnění, prodělané operace, alergie:

Pád v předchozích 6 měsících:

TUG:

TUG + kognitivní úkol:

TUG+ manuální úkol:

Dominance DK:

Poznámky:

Datum měření:

Příloha 3 Základní anamnestické údaje

Tab. 1 Mladší skupina osob

Proband	Skupina	Pohlaví	Věk (let)	Výška (cm)	Váha (kg)
1.	ml.	muž	26	183	80
2.	ml.	žena	25	157	54
3.	ml.	muž	24	175	70
4.	ml.	žena	23	169	61
5.	ml.	žena	23	170	65
6.	ml.	muž	24	177	70
7.	ml.	žena	24	172	65
8.	ml.	žena	26	171	57
9.	ml.	žena	23	171	66
10.	ml.	žena	24	160	48
11.	ml.	žena	24	170	75
12.	ml.	žena	23	172	62
13.	ml.	žena	23	174	60
14.	ml.	žena	29	150	50
15.	ml.	muž	22	192	84
16.	ml.	žena	23	167	56
$\bar{x}$	/	/	24,13	170,63	63,94
σ	/	/	1,71	9,75	10,16
min	/	/	22	150	50
max	/	/	29	192	84

Legenda: **ml.** – mladší, **x** – průměr, **σ** – směrodatná odchylka, **min** – minimální hodnota, **max** – maximální hodnota, **cm** – centimetr, **kg** – kilogram

Tab. 2 Starší skupina osob

Proband	Skupina	Pohlaví	Věk (let)	Výška (cm)	Váha (kg)
1.	st.	muž	47	184	107
2.	st.	žena	47	171	82
3.	st.	žena	48	170	82
4.	st.	muž	57	176	84
5.	st.	žena	58	172	66
6.	st.	muž	49	172	76
7.	st.	žena	48	170	68
8.	st.	žena	51	172	98
9.	st.	muž	52	188	85
10.	st.	muž	47	176	88
11.	st.	muž	56	178	88
12.	st.	muž	47	176	100
13.	st.	žena	46	162	68
14.	st.	žena	46	164	75
15.	st.	muž	47	175	63
16.	st.	žena	48	158	51
$\bar{x}$	/	/	49,63	172,75	80,06
σ	/	/	4,01	7,54	14,80
min	/	/	46	158	51
max	/	/	58	188	107

Legenda: **st.** – starší, **x** – průměr, **σ** – směrodatná odchylka, **min** – minimální hodnota, **max** – maximální hodnota, **cm** – centimetr, **kg** – kilogram

Příloha 4 Testované situace na pohyblivém pásu

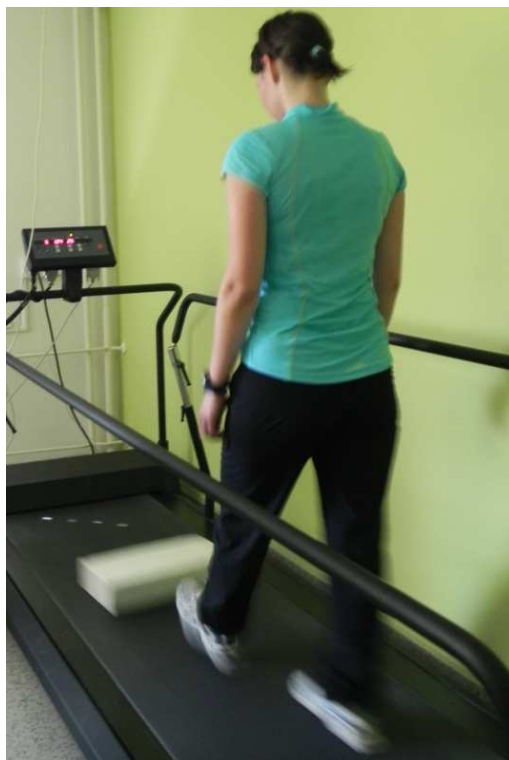
Obr. 1 Chůze bez překážek (foto vlastní)



Obr. 2 Chůze přes virtuální překážky (foto vlastní)



Obr. 3 Chůze přes reálné překážky (foto vlastní)



Příloha 5 Hodnoty TUG testu a jeho modifikací

Tab. 1 Mladší skupina osob

Proband	Skupina	TUG (s)	TUG+K (s)	TUG+M (s)
1.	ml.	6,35	5,51	5,82
2.	ml.	8,04	9,18	7,76
3.	ml.	9,11	8,80	8,40
4.	ml.	6,23	7,03	6,73
5.	ml.	6,86	8,71	7,08
6.	ml.	7,21	8,65	7,84
7.	ml.	8,86	9,45	7,48
8.	ml.	8,57	8,65	8,40
9.	ml.	8,47	11,15	8,66
10.	ml.	7,15	6,56	6,39
11.	ml.	6,68	6,74	7,15
12.	ml.	7,85	8,72	7,65
13.	ml.	7,35	11,70	9,17
14.	ml.	6,86	7,31	6,70
15.	ml.	8,43	9,12	7,72
16.	ml.	7,00	7,94	6,82
$\bar{x}$	/	7,56	8,45	7,49
σ	/	0,92	1,61	0,90
min	/	6,23	5,51	5,82
max	/	9,11	11,70	9,17

Legenda: : **ml.** – mladší, **x** – průměr, **σ** – směrodatná odchylka, **min** – minimální hodnota, **max** – maximální hodnota, **TUG** – Timed Up and Go test, **K** – kognitivní úkol, **M** – manuální úkol, **s** – sekunda

Tab. 2 Starší skupina osob

Proband	Skupina	TUG (s)	TUG+K (s)	TUG+M (s)
1.	st.	9,72	10,08	9,47
2.	st.	9,40	8,78	8,28
3.	st.	9,85	11,54	9,94
4.	st.	7,99	8,30	7,31
5.	st.	7,74	10,13	7,48
6.	st.	8,64	10,02	8,50
7.	st.	7,85	17,18	8,04
8.	st.	8,28	10,01	7,75
9.	st.	11,81	14,23	11,82
10.	st.	8,04	7,05	7,17
11.	st.	10,07	12,01	9,62
12.	st.	9,84	10,41	9,71
13.	st.	8,80	9,82	7,91
14.	st.	7,92	9,56	7,85
15.	st.	10,59	11,69	10,79
16.	st.	9,33	14,74	8,94
$\bar{x}$	/	9,12	10,97	8,79
σ	/	1,16	2,58	1,33
min	/	7,74	7,05	7,17
max	/	11,81	17,18	11,82

Legenda: : **st.** – starší, **x** – průměr, **σ** – směrodatná odchylka, **min** – minimální hodnota, **max** – maximální hodnota, **TUG** – Timed Up and Go test, **K** – kognitivní úkol, **M** – manuální úkol, **s** – sekunda

Příloha 6 Dominance a preference dolní končetiny

Tab. 1 Mladší skupina osob

Proband	Skupina	DK dominance	PREF. leading limb	shoda=1, rozdílné=0	PREF. DK jako leading limb	PREF. DK jako trailing limb
1.	ml.	pravá	pravá	1	22	13
2.	ml.	pravá	pravá	1	21	14
3.	ml.	levá	pravá	0	28	7
4.	ml.	pravá	pravá	1	21	14
5.	ml.	pravá	pravá	1	35	0
6.	ml.	pravá	pravá	1	22	13
7.	ml.	pravá	pravá	1	22	13
8.	ml.	pravá	levá	0	21	14
9.	ml.	pravá	pravá	1	20	15
10.	ml.	pravá	pravá	1	24	11
11.	ml.	pravá	levá	0	21	14
12.	ml.	pravá	pravá	1	23	12
13.	ml.	pravá	pravá	1	21	14
14.	ml.	pravá	levá	0	20	15
15.	ml.	pravá	levá	0	23	12
16.	ml.	pravá	pravá	1	23	12
Σ	/	/	/	11	367	193
%	/	/	/	68,75	65,54	34,46

Legenda: ml. – mladší, DK – dolní končetina, PREF. – preferenční, Σ – suma, % – procento

Tab. 2 Starší skupina osob

Proband	Skupina	DK dominance	PREF. leading limb	shoda=1, rozdílné=0	PREF. DK jako leading limb	PREF. DK jako trailing limb
1.	st.	levá	pravá	0	23	12
2.	st.	pravá	pravá	1	18	17
3.	st.	pravá	pravá	1	26	9
4.	st.	pravá	levá	0	18	17
5.	st.	levá	levá	1	24	11
6.	st.	pravá	pravá	1	18	17
7.	st.	pravá	pravá	1	22	13
8.	st.	pravá	pravá	1	27	8
9.	st.	pravá	levá	0	21	14
10.	st.	pravá	levá	0	18	17
11.	st.	pravá	levá	0	18	17
12.	st.	pravá	levá	0	18	17
13.	st.	pravá	levá	0	20	15
14.	st.	pravá	pravá	1	20	15
15.	st.	pravá	levá	0	18	17
16.	st.	pravá	pravá	1	19	16
Σ	/	/	/	8	328	232
%	/	/	/	50,00	58,57	41,43

Legenda: st. – starší, DK – dolní končetina, PREF. – preferenční, Σ – suma, % - procento

Příloha 7 Strategie překročení

Tab. 1 Mladší skupina osob

Proband	Skupina	str. dlouhého kroku	str. krátkého kroku
1.	ml.	23	12
2.	ml.	25	10
3.	ml.	27	8
4.	ml.	26	9
5.	ml.	25	10
6.	ml.	28	7
7.	ml.	28	7
8.	ml.	33	2
9.	ml.	29	6
10.	ml.	29	6
11.	ml.	28	7
12.	ml.	29	6
13.	ml.	23	12
14.	ml.	26	9
15.	ml.	27	8
16.	ml.	24	11
Σ	/	430	130
%	/	76,79	23,21

Legenda: ml. – mladší, str. – strategie, Σ – suma, % – procento

Tab. 2 Starší skupina osob

Proband	Skupina	str. dlouhého kroku	str. krátkého kroku
1.	st.	30	5
2.	st.	30	5
3.	st.	28	7
4.	st.	31	4
5.	st.	25	10
6.	st.	27	8
7.	st.	27	8
8.	st.	29	6
9.	st.	25	10
10.	st.	33	2
11.	st.	30	5
12.	st.	29	6
13.	st.	22	13
14.	st.	28	7
15.	st.	30	5
16.	st.	29	6
Σ	/	453	107
%	/	80,89	19,11

Legenda: st. – starší, str. – strategie, Σ – suma, % – procento

Příloha 8 Úspěšnost

Tab. 1 Mladší skupina osob

Proband	Skupina	Ú – překročeno	NÚ – kontakt
1.	ml.	33	2
2.	ml.	34	1
3.	ml.	27	8
4.	ml.	33	2
5.	ml.	29	6
6.	ml.	35	0
7.	ml.	32	3
8.	ml.	33	2
9.	ml.	27	8
10.	ml.	34	1
11.	ml.	25	10
12.	ml.	30	5
13.	ml.	31	4
14.	ml.	19	16
15.	ml.	33	2
16.	ml.	35	0
Σ	/	490	70
%	/	87,50	12,50

Legenda: ml. – mladší, Ú – úspěšně, NÚ – neúspěšně

Tab. 2 Starší skupina osob

Proband	Skupina	Ú – překročeno	NÚ – kontakt
1.	st.	33	2
2.	st.	24	11
3.	st.	34	1
4.	st.	28	7
5.	st.	34	1
6.	st.	29	6
7.	st.	35	0
8.	st.	31	4
9.	st.	35	0
10.	st.	35	0
11.	st.	34	1
12.	st.	32	3
13.	st.	31	4
14.	st.	34	1
15.	st.	33	2
16.	st.	26	9
Σ	/	508	52
%	/	90,71	9,29

Legenda: st. – starší, Ú – úspěšně, NÚ – neúspěšně

Příloha 9 Absolutní hodnoty svalové aktivity

Tab. 1 M. biceps femoris u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	14,7385	20,58174	22,87452
2.	ml.	17,74678	37,01724	40,85156
3.	ml.	18,07494	24,31828	19,2213
4.	ml.	18,3422	15,02878	15,65992
5.	ml.	13,23676	26,87152	23,54976
6.	ml.	18,8684	19,64077	21,4193
7.	ml.	20,60294	18,83726	17,55676
8.	ml.	18,71388	23,94504	21,06794
9.	ml.	25,24658	26,51874	17,00908
10.	ml.	24,56464	35,94724	43,80476
11.	ml.	10,15574	13,02685	19,55488
12.	ml.	17,4869	15,59132	16,84658
13.	ml.	25,11336	41,36256	28,35086
14.	ml.	16,3928	23,85078	27,2373
15.	ml.	114,54	57,0576	24,92744
16.	ml.	39,96764	19,89462	21,0503
$\bar{x}$	/	25,86201	26,21815	23,81139
σ	/	24,58416	11,513	8,103676

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 2 M. biceps femoris u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	32,72154	31,70868	38,55622
2.	st.	10,80499	20,80335	20,91382
3.	st.	22,61324	13,70635	21,6138
4.	st.	17,8262	19,92322	28,54118
5.	st.	26,2215	61,98146	61,73204
6.	st.	94,3989	50,04584	40,89248
7.	st.	28,65098	27,48752	32,93866
8.	st.	24,88444	20,72222	23,79208
9.	st.	286,1608	266,1614	253,497
10.	st.	14,0335	26,98864	18,27858
11.	st.	17,76876	48,68554	17,3177
12.	st.	11,72092	8,897856	16,36732
13.	st.	22,00496	20,6102	27,2725
14.	st.	12,35458	16,784	27,33486
15.	st.	25,44412	21,56418	20,84956
16.	st.	24,99526	20,51844	26,03602
$\bar{x}$	/	42,03779	42,28681	42,24586
σ	/	67,9351	61,40344	57,47496

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 3 M. rectus femoris u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	2,198266	6,690504	5,138602
2.	ml.	4,999244	22,74196	33,95226
3.	ml.	4,870656	7,653578	15,79964
4.	ml.	5,71364	41,34422	32,77954
5.	ml.	6,522472	27,22222	31,90842
6.	ml.	7,127754	16,94	15,32168
7.	ml.	4,050632	25,57052	22,00362
8.	ml.	4,202892	14,94222	18,23252
9.	ml.	7,994334	12,78097	22,82145
10.	ml.	5,654084	44,04432	98,68788
11.	ml.	2,713808	11,13336	18,82348
12.	ml.	4,251658	15,72944	15,80133
13.	ml.	4,706524	22,34382	38,88598
14.	ml.	7,178014	22,25888	32,89566
15.	ml.	6,960736	12,84491	14,74968
16.	ml.	6,042288	33,62876	36,8758
$\bar{x}$	/	5,324188	21,11686	28,41735
σ	/	1,633348	11,15193	21,11522

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka,
 μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 4 M. rectus femoris u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	10,88661	8,557746	9,097188
2.	st.	4,952086	17,16827	38,30212
3.	st.	9,50138	10,29741	21,40336
4.	st.	6,678284	21,89606	29,96204
5.	st.	12,56327	17,7558	28,77296
6.	st.	13,39109	18,26292	20,0071
7.	st.	10,59296	20,8015	23,26428
8.	st.	26,15862	21,3498	32,62202
9.	st.	17,77582	113,3532	57,29384
10.	st.	5,384456	18,98486	14,02598
11.	st.	7,16905	15,82478	41,08156
12.	st.	8,986172	7,908636	10,78646
13.	st.	7,908952	57,48856	74,1134
14.	st.	3,678962	12,58205	11,95894
15.	st.	4,291026	7,053802	13,00476
16.	st.	9,30507	24,62678	17,13806
$\bar{x}$	/	9,951488	24,61951	27,67713
σ	/	5,687687	26,37508	18,00899

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka,
 μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 5 M. gastrocnemius medialis u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	42,58144	31,78386	31,95056
2.	ml.	19,3451	24,90768	91,64304
3.	ml.	95,00482	56,89384	56,28434
4.	ml.	4,883926	12,9008	23,9807
5.	ml.	30,79496	70,26196	99,9713
6.	ml.	15,20167	56,4441	51,08932
7.	ml.	39,90794	38,94446	41,76022
8.	ml.	30,06282	11,48471	15,69207
9.	ml.	96,83204	100,2187	114,1606
10.	ml.	66,00398	56,28096	81,12878
11.	ml.	19,84338	6,403772	72,9654
12.	ml.	25,02016	16,49778	37,07564
13.	ml.	12,48876	65,09582	19,11182
14.	ml.	11,18944	29,65262	45,86782
15.	ml.	22,35874	14,84933	28,6312
16.	ml.	52,98152	29,54022	66,06322
$\bar{x}$	/	36,53129	38,88504	54,836
σ	/	28,16773	26,26385	30,12343

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 6 M. gastrocnemius medialis u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	37,61326	27,9323	29,22868
2.	st.	122,1662	101,4011	36,19942
3.	st.	13,84495	10,69317	64,3074
4.	st.	49,652	36,02477	127,1934
5.	st.	39,99018	51,29834	56,59548
6.	st.	29,81816	32,2379	29,4149
7.	st.	46,33798	45,8538	113,6301
8.	st.	44,61756	37,71572	47,29402
9.	st.	13,3644	12,85149	66,3849
10.	st.	69,051	44,20802	84,07566
11.	st.	54,3334	41,59306	30,90796
12.	st.	100,193	75,89488	84,22594
13.	st.	100,4481	99,11934	120,906
14.	st.	43,11682	25,35768	94,78858
15.	st.	94,99796	59,4088	81,09548
16.	st.	95,73502	44,30678	67,54518
$\bar{x}$	/	59,70501	46,61857	70,86207
σ	/	33,33039	26,4164	32,26882

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 7 M. tibialis anterior u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	75,38654	74,62846	64,6413
2.	ml.	40,49728	56,29382	41,75076
3.	ml.	48,3131	44,98006	60,82176
4.	ml.	55,3632	78,58458	78,08834
5.	ml.	44,62394	63,97082	42,58346
6.	ml.	60,80842	76,81976	73,75202
7.	ml.	52,40222	64,83962	55,89482
8.	ml.	21,57716	33,64062	37,12382
9.	ml.	44,44984	65,26564	69,83832
10.	ml.	92,97942	112,0345	146,494
11.	ml.	40,20994	48,07654	74,27752
12.	ml.	34,3584	38,08608	60,05082
13.	ml.	48,35082	55,99614	65,32572
14.	ml.	47,11316	64,51	89,73888
15.	ml.	38,02812	53,23408	62,54242
16.	ml.	34,91306	57,97998	62,5593
$\bar{x}$	/	48,71091	61,80879	67,8427
σ	/	16,93062	18,63189	25,08462

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 8 M. tibialis anterior u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	38,42608	44,45534	41,23152
2.	st.	43,2181	57,47318	61,42852
3.	st.	38,84716	43,26492	42,79174
4.	st.	57,72628	88,75778	71,99734
5.	st.	50,5452	60,96488	75,22744
6.	st.	38,86948	82,84612	57,6183
7.	st.	51,69518	74,88152	57,53844
8.	st.	53,08326	62,79872	84,42622
9.	st.	63,67072	75,39402	66,5772
10.	st.	63,76252	82,32232	83,4612
11.	st.	68,67694	83,03958	63,95526
12.	st.	47,58384	54,29192	76,09792
13.	st.	34,82878	54,07216	62,51326
14.	st.	49,7325	48,54578	63,83944
15.	st.	45,39286	76,99186	98,67104
16.	st.	49,93704	68,93012	67,76138
$\bar{x}$	/	49,74975	66,18939	67,19601
σ	/	9,939898	14,89474	14,72255

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 9 M. deltoideus u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	5,354332	5,015856	5,72739
2.	ml.	44,72932	20,42266	28,7266
3.	ml.	6,524884	13,07404	11,46483
4.	ml.	11,40789	17,33416	16,13192
5.	ml.	6,154546	7,166314	21,07899
6.	ml.	7,42027	7,468386	8,317172
7.	ml.	5,462074	8,897318	7,742218
8.	ml.	14,14136	10,45315	10,68734
9.	ml.	7,568884	10,27431	15,146
10.	ml.	10,31347	10,32913	17,66569
11.	ml.	1,694008	2,697012	7,2185
12.	ml.	5,653116	5,219052	7,124486
13.	ml.	9,802252	10,61626	12,38227
14.	ml.	2,558532	8,18501	17,22563
15.	ml.	4,177738	8,987516	8,740868
16.	ml.	5,816504	7,26955	6,673412
$\bar{x}$	/	9,298698	9,588107	12,62833
σ	/	9,662401	4,318477	6,129278

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 10. M. deltoideus u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	8,915844	6,800112	7,968392
2.	st.	5,513814	5,326286	11,20041
3.	st.	7,451092	6,777766	8,781754
4.	st.	2,212552	3,459666	22,3435
5.	st.	7,348312	9,599568	8,59327
6.	st.	3,580616	3,885774	3,393642
7.	st.	2,960252	12,60519	26,91946
8.	st.	8,70869	9,178454	10,60809
9.	st.	2,473876	3,600774	6,272414
10.	st.	16,15014	5,473162	5,665554
11.	st.	3,003002	4,478136	4,27884
12.	st.	2,233162	2,990768	3,24831
13.	st.	9,23308	16,26722	13,38805
14.	st.	9,339736	4,892144	5,777692
15.	st.	3,719616	9,310832	4,964262
16.	st.	3,60857	6,073072	5,461922
$\bar{x}$	/	6,028272	6,919933	9,304098
σ	/	3,834756	3,658646	6,684238

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 11 M. biceps brachii u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	3,234256	3,272434	7,470296
2.	ml.	12,25008	18,29582	22,74618
3.	ml.	3,681092	8,15373	10,4788
4.	ml.	5,023912	8,097848	9,408516
5.	ml.	1,663082	3,46808	9,739226
6.	ml.	3,49465	6,406068	8,739362
7.	ml.	4,944152	13,98491	14,63952
8.	ml.	5,11286	20,97424	19,71346
9.	ml.	3,702426	7,074092	17,10548
10.	ml.	6,852728	17,96958	24,69656
11.	ml.	2,187362	4,251338	6,398656
12.	ml.	5,571852	9,35899	10,01335
13.	ml.	11,6161	16,06408	23,8416
14.	ml.	1,576428	9,774948	18,98641
15.	ml.	2,169368	10,67523	4,082786
16.	ml.	1,924856	14,55993	10,08804
$\bar{x}$	/	4,687825	10,77383	13,63426
σ	/	3,220726	5,579893	6,645622

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 12 M. biceps brachii u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	5,634442	5,565282	5,572354
2.	st.	7,258382	8,917156	24,28874
3.	st.	4,631708	8,38965	15,72785
4.	st.	6,004826	10,06977	26,09153
5.	st.	3,982808	9,79353	11,77455
6.	st.	3,094868	4,976002	4,500598
7.	st.	3,419778	11,08846	19,1087
8.	st.	4,061054	4,374734	5,978288
9.	st.	1,95158	4,997908	15,30369
10.	st.	13,67034	24,32052	31,26726
11.	st.	5,549384	9,329096	15,34686
12.	st.	6,579408	10,4394	8,215836
13.	st.	3,560952	9,76152	9,31727
14.	st.	14,87145	11,79689	21,60916
15.	st.	6,419238	25,12792	15,44962
16.	st.	3,16764	11,36116	9,417582
$\bar{x}$	/	5,866116	10,64431	14,93562
σ	/	3,604079	5,998002	7,89836

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 13 M. triceps brachii u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	ml.	5,172576	4,926864	4,778098
2.	ml.	16,01792	14,51348	17,8803
3.	ml.	6,903452	10,31512	11,35896
4.	ml.	3,530884	4,340154	4,517794
5.	ml.	3,926668	5,96208	10,98909
6.	ml.	6,239068	7,04019	8,82541
7.	ml.	4,179088	8,393608	9,499974
8.	ml.	6,345184	12,70257	12,57118
9.	ml.	3,309862	4,17834	12,39578
10.	ml.	6,115268	11,42491	13,19734
11.	ml.	2,446366	6,314528	13,55311
12.	ml.	4,823026	4,691204	7,51798
13.	ml.	6,255262	8,714888	11,66002
14.	ml.	4,89832	5,586796	23,41704
15.	ml.	6,265206	5,052846	9,301418
16.	ml.	48,84018	28,69406	39,70696
$\bar{x}$	/	8,454271	8,928227	13,19815
σ	/	10,83186	5,955932	8,167575

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 14 M. triceps brachii u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH [μV]	VP [μV]	RP [μV]
1.	st.	4,953506	5,087022	4,946062
2.	st.	5,388728	7,099654	14,38461
3.	st.	8,24433	7,118372	13,85074
4.	st.	3,995602	8,841884	15,92826
5.	st.	15,9035	18,34178	12,11802
6.	st.	2,652204	3,606386	3,05979
7.	st.	7,098856	7,151282	8,843102
8.	st.	4,758756	6,005152	8,244676
9.	st.	5,32194	5,847678	6,889414
10.	st.	3,20028	5,419512	4,031442
11.	st.	5,823122	8,342532	9,219452
12.	st.	4,49074	4,770302	8,118374
13.	st.	8,58475	12,92366	13,92911
14.	st.	4,616422	5,66214	8,319508
15.	st.	7,641348	5,638288	7,096734
16.	st.	5,132694	10,29431	10,68258
$\bar{x}$	/	6,112924	7,634373	9,353867
σ	/	3,109163	3,669591	3,844805

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, μV – mikrovolt, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Příloha 10 Relativní hodnoty svalové aktivity

Uvedené hodnoty nejsou procentuálně vyjádřeny.

Tab. 1 M. biceps femoris u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	1,396461	1,552025
2.	ml.	1	2,085857	2,301914
3.	ml.	1	1,345414	1,063423
4.	ml.	1	0,819355	0,853765
5.	ml.	1	2,030068	1,779118
6.	ml.	1	1,040934	1,135194
7.	ml.	1	0,9143	0,852148
8.	ml.	1	1,279534	1,125792
9.	ml.	1	1,050389	0,673718
10.	ml.	1	1,463373	1,783245
11.	ml.	1	1,282709	1,925501
12.	ml.	1	0,8916	0,963383
13.	ml.	1	1,647034	1,128915
14.	ml.	1	1,454955	1,66154
15.	ml.	1	0,498145	0,217631
16.	ml.	1	0,497768	0,526684
$\bar{x}$	/	1	1,231119	1,2215
σ	/	0	0,463351	0,563993

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka,

$\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 2 M. biceps femoris u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	0,969046	1,178313
2.	st.	1	1,925347	1,93557
3.	st.	1	0,60612	0,955803
4.	st.	1	1,117637	1,60108
5.	st.	1	2,363765	2,354253
6.	st.	1	0,530153	0,433188
7.	st.	1	0,959392	1,149652
8.	st.	1	0,832738	0,956103
9.	st.	1	0,930111	0,885855
10.	st.	1	1,923158	1,302496
11.	st.	1	2,739951	0,974615
12.	st.	1	0,759143	1,396419
13.	st.	1	0,936616	1,23938
14.	st.	1	1,358525	2,212528
15.	st.	1	0,847511	0,819425
16.	st.	1	0,820893	1,041638
$\bar{x}$	/	1	1,226257	1,27727
σ	/	0	0,655632	0,519235

Legenda: **st.** – starší, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka,

$\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 3 M. rectus femoris u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	3,043537	2,337571
2.	ml.	1	4,54908	6,791479
3.	ml.	1	1,571365	3,243842
4.	ml.	1	7,236056	5,737068
5.	ml.	1	4,173605	4,892075
6.	ml.	1	2,376625	2,14958
7.	ml.	1	6,312724	5,432145
8.	ml.	1	3,555223	4,338089
9.	ml.	1	1,598754	2,854703
10.	ml.	1	7,789824	17,45426
11.	ml.	1	4,102487	6,936187
12.	ml.	1	3,699602	3,71651
13.	ml.	1	4,747415	8,262144
14.	ml.	1	3,10098	4,582836
15.	ml.	1	1,845338	2,118983
16.	ml.	1	5,565567	6,102953
$\bar{x}$	/	1	4,079261	5,434402
σ	/	0	1,904172	3,69781

Legenda: **ml.** – mladší, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka,

$\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 4 M. rectus femoris u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	0,78608	0,835631
2.	st.	1	3,466876	7,734543
3.	st.	1	1,083781	2,252658
4.	st.	1	3,278696	4,486488
5.	st.	1	1,41331	2,290244
6.	st.	1	1,363812	1,494061
7.	st.	1	1,963709	2,196201
8.	st.	1	0,816167	1,247085
9.	st.	1	6,376821	3,223133
10.	st.	1	3,525864	2,604902
11.	st.	1	2,207375	5,730405
12.	st.	1	0,88009	1,20034
13.	st.	1	7,268796	9,370824
14.	st.	1	3,419999	3,250629
15.	st.	1	1,64385	3,030688
16.	st.	1	2,646598	1,841798
$\bar{x}$	/	1	2,633864	3,299352
σ	/	0	1,913576	2,419608

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 5 M. gastrocnemius medialis u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	0,746425	0,75034
2.	ml.	1	1,287545	4,737275
3.	ml.	1	0,598852	0,592437
4.	ml.	1	2,641481	4,910128
5.	ml.	1	2,281606	3,246353
6.	ml.	1	3,713021	3,360771
7.	ml.	1	0,975857	1,046414
8.	ml.	1	0,382024	0,521976
9.	ml.	1	1,034975	1,178955
10.	ml.	1	0,85269	1,22915
11.	ml.	1	0,322716	3,677065
12.	ml.	1	0,659379	1,481831
13.	ml.	1	5,212354	1,530322
14.	ml.	1	2,650054	4,099207
15.	ml.	1	0,66414	1,280537
16.	ml.	1	0,557557	1,246911
$\bar{x}$	/	1	1,536292	2,180604
σ	/	0	1,394248	1,539327

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 6 M. gastrocnemius medialis u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	0,742618	0,777084
2.	st.	1	0,830026	0,296313
3.	st.	1	0,772352	4,644827
4.	st.	1	0,725545	2,561697
5.	st.	1	1,282773	1,415234
6.	st.	1	1,08115	0,986476
7.	st.	1	0,989551	2,452203
8.	st.	1	0,845311	1,059987
9.	st.	1	0,961621	4,967294
10.	st.	1	0,640223	1,217588
11.	st.	1	0,765516	0,568857
12.	st.	1	0,757487	0,840637
13.	st.	1	0,986771	1,203666
14.	st.	1	0,588116	2,198413
15.	st.	1	0,625369	0,853655
16.	st.	1	0,462806	0,705543
$\bar{x}$	/	1	0,816077	1,671842
σ	/	0	0,205764	1,388417

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 7 M. tibialis anterior u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	0,989944	0,857465
2.	ml.	1	1,390064	1,030952
3.	ml.	1	0,931012	1,258908
4.	ml.	1	1,419437	1,410474
5.	ml.	1	1,433554	0,954274
6.	ml.	1	1,263308	1,212859
7.	ml.	1	1,237345	1,06665
8.	ml.	1	1,559085	1,720515
9.	ml.	1	1,468299	1,571171
10.	ml.	1	1,204938	1,575553
11.	ml.	1	1,195638	1,847243
12.	ml.	1	1,108494	1,747777
13.	ml.	1	1,158122	1,351078
14.	ml.	1	1,369256	1,904752
15.	ml.	1	1,399861	1,644636
16.	ml.	1	1,660696	1,79186
$\bar{x}$	/	1	1,299316	1,434135
σ	/	0	0,199134	0,339718

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 8 M. tibialis anterior u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	1,156905	1,073009
2.	st.	1	1,329841	1,421361
3.	st.	1	1,113722	1,101541
4.	st.	1	1,537563	1,247219
5.	st.	1	1,206146	1,48832
6.	st.	1	2,131393	1,482353
7.	st.	1	1,44852	1,113033
8.	st.	1	1,183023	1,590449
9.	st.	1	1,184124	1,045649
10.	st.	1	1,291077	1,308938
11.	st.	1	1,209133	0,931248
12.	st.	1	1,140974	1,599239
13.	st.	1	1,552514	1,794874
14.	st.	1	0,976138	1,283656
15.	st.	1	1,696123	2,173713
16.	st.	1	1,380341	1,356936
$\bar{x}$	/	1	1,346096	1,375721
σ	/	0	0,282057	0,316944

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 9 M. deltoideus u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	0,936785	1,069674
2.	ml.	1	0,456583	0,642232
3.	ml.	1	2,003719	1,757094
4.	ml.	1	1,519489	1,414102
5.	ml.	1	1,164394	3,424947
6.	ml.	1	1,006484	1,120872
7.	ml.	1	1,628927	1,41745
8.	ml.	1	0,73919	0,755751
9.	ml.	1	1,35744	2,001087
10.	ml.	1	1,001519	1,712876
11.	ml.	1	1,592089	4,261196
12.	ml.	1	0,923217	1,260276
13.	ml.	1	1,083043	1,263206
14.	ml.	1	3,199104	6,732624
15.	ml.	1	2,151288	2,092249
16.	ml.	1	1,249814	1,147324
$\bar{x}$	/	1	1,375818	2,00456
σ	/	0	0,638479	1,525218

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 10. M. deltoideus u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	0,7627	0,893734
2.	st.	1	0,965989	2,031336
3.	st.	1	0,909634	1,178586
4.	st.	1	1,563654	10,09852
5.	st.	1	1,306364	1,169421
6.	st.	1	1,085225	0,947782
7.	st.	1	4,258149	9,093638
8.	st.	1	1,053942	1,218104
9.	st.	1	1,455519	2,53546
10.	st.	1	0,338893	0,350805
11.	st.	1	1,49122	1,424854
12.	st.	1	1,339253	1,454579
13.	st.	1	1,761841	1,45001
14.	st.	1	0,523799	0,618614
15.	st.	1	2,50317	1,334617
16.	st.	1	1,682958	1,513597
$\bar{x}$	/	1	1,437644	2,332103
σ	/	0	0,915513	2,886449

Legenda: st. – starší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 11 M. biceps brachii u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	1,011804	2,309742
2.	ml.	1	1,493527	1,856819
3.	ml.	1	2,21503	2,846655
4.	ml.	1	1,611861	1,872747
5.	ml.	1	2,085333	5,856131
6.	ml.	1	1,833107	2,500783
7.	ml.	1	2,828575	2,960976
8.	ml.	1	4,102252	3,855662
9.	ml.	1	1,910664	4,620073
10.	ml.	1	2,622252	3,603902
11.	ml.	1	1,943591	2,925284
12.	ml.	1	1,679691	1,797131
13.	ml.	1	1,382915	2,052462
14.	ml.	1	6,200694	12,04394
15.	ml.	1	4,920894	1,882016
16.	ml.	1	7,564167	5,240932
$\bar{x}$	/	1	2,837897	3,639079
σ	/	0	1,886038	2,57018

Legenda: ml. – mladší, CH – chůze, VP – virtuální překážka, RP – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 12 M. biceps brachii u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	0,987725	0,988981
2.	st.	1	1,228532	3,346302
3.	st.	1	1,811351	3,395691
4.	st.	1	1,676946	4,345093
5.	st.	1	2,458951	2,956344
6.	st.	1	1,607824	1,454213
7.	st.	1	3,24245	5,587702
8.	st.	1	1,077241	1,472103
9.	st.	1	2,560955	7,84169
10.	st.	1	1,779072	2,287233
11.	st.	1	1,681105	2,765507
12.	st.	1	1,586678	1,24872
13.	st.	1	2,741267	2,616511
14.	st.	1	0,793257	1,453063
15.	st.	1	3,914471	2,406769
16.	st.	1	3,586633	2,973059
$\bar{x}$	/	1	2,045904	2,946186
σ	/	0	0,941984	1,778958

Legenda: **st.** – starší, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka,
 $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 13 M. triceps brachii u mladší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	ml.	1	0,952497	0,923737
2.	ml.	1	0,906078	1,116269
3.	ml.	1	1,494197	1,645403
4.	ml.	1	1,229198	1,279508
5.	ml.	1	1,518356	2,798579
6.	ml.	1	1,128404	1,41454
7.	ml.	1	2,008478	2,273217
8.	ml.	1	2,001923	1,981216
9.	ml.	1	1,262391	3,745106
10.	ml.	1	1,86826	2,158096
11.	ml.	1	2,581187	5,540098
12.	ml.	1	0,972668	1,558768
13.	ml.	1	1,393209	1,864034
14.	ml.	1	1,140553	4,780627
15.	ml.	1	0,806493	1,484615
16.	ml.	1	0,587509	0,812998
$\bar{x}$	/	1	1,365713	2,211051
σ	/	0	0,511099	1,326398

Legenda: **ml.** – mladší, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka,
 $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka

Tab. 14 M. triceps brachii u starší skupiny osob

Proband	Skupina	CH	VP	RP
1.	st.	1	1,026954	0,998497
2.	st.	1	1,317501	2,669388
3.	st.	1	0,863426	1,680033
4.	st.	1	2,212904	3,986448
5.	st.	1	1,153317	0,761972
6.	st.	1	1,359769	1,153678
7.	st.	1	1,007385	1,245708
8.	st.	1	1,261916	1,732528
9.	st.	1	1,098787	1,294531
10.	st.	1	1,693449	1,259715
11.	st.	1	1,432656	1,583249
12.	st.	1	1,062253	1,807803
13.	st.	1	1,505421	1,622541
14.	st.	1	1,226521	1,802155
15.	st.	1	0,737866	0,928728
16.	st.	1	2,005635	2,081281
$\bar{x}$	/	1	1,31036	1,663016
σ	/	0	0,394987	0,781629

Legenda: **st.** – starší, **CH** – chůze, **VP** – virtuální překážka, **RP** – reálná překážka, $\bar{x}$ – průměr, σ – směrodatná odchylka