

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

VLIV BALANČNÍHO CVIČENÍ NA STABILITU CHŮZE SENIORŮ

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Věra Janáčková, fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Olomouc 2018

Jméno a příjmení autora: Bc. Věra Janáčková

Název diplomové práce: Vliv balančního cvičení na stabilitu chůze u seniorů

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP Olomouc

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2018

Abstrakt: Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv balančního tréninku na stabilitu chůze u seniorů ve věku nad 60 let. Diplomová práce má charakter randomizované kontrolované studie. Výzkumu se zúčastnilo 34 probandů, kteří byli rozděleni na výzkumnou a kontrolní skupinu. Osmitýdenní intervenční program pro experimentální skupinu obsahoval balanční trénink pod dohledem fyzioterapeuta v kombinaci s dvacetiminutovým domácím cvičením podle brožury. Tréninková jednotka s fyzioterapeutem probíhala v malých skupinkách (3-5 osob) dvakrát týdně po dobu 60 minut a byla zaměřena na rozvoj balančních a silových schopností. Účastníci podstoupili trojí testování: vstupní, výstupní (po dokončení intervenčního programu – 8týdnů od vstupního testování) a tzv. follow-up (po 16 týdnech od vstupního testování). Stabilita chůze byla hodnocena pomocí záznamu signálu z 3D akcelerometrů Delsys, přičemž jako ukazatele stability byly použity Lyapunovy exponenty. Statistická analýza neprokázala pozitivní vliv balančního tréninku na stabilitu chůze.

Klíčová slova: akcelerometrie, balanční trénink, Lyapunovy exponenty, lokální dynamická stabilita

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Věra Janáčková

Title of the bachelor thesis: Influence of a balance training on gait stability in elderly subjects

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology, FTK UP Olomouc

Supervisor: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

The year of presentation: 2018

Abstract: The objective of this diploma thesis was to evaluate the influence of balance training on walking stability in seniors over 60 years of age. The diploma thesis has the character of a randomized controlled study. The research involved 34 subjects divided into an experimental and a control groups. An eight-week intervention program for the experimental group included balance training under the supervision of a physiotherapist in combination with a 20-minute home exercise according to the booklet. The training unit with a physiotherapist took place in small groups (3-5 persons) twice a week for 60 minutes and focused on developing balance and power abilities. Participants underwent triple testing: initial, final (after completion of the intervention program: 8 weeks after the initial testing) and a so-called follow-up (16 weeks after initial testing). Walking stability was assessed by recording a signal from Delsys 3D accelerometers, with Lyapunov exponents being used as stability indicators. The statistical analysis did not show any positive effect of balance training on walking stability.

The key words: accelerometry, balance training, Lyapunov exponent, local dynamic stability

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením
Mgr. Zdeňka Svobody, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a řídila
se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

.....

Diplomová práce vznikla za podpory projektu grantové agentury České republiky č. GA15-13980S s názvem „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“

Na tomto místě bych chtěla vyjádřit poděkování Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při psaní této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Lucii Bizovské za ochotu a za čas, který mi věnovala.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 SYNTÉZA POZNATKŮ.....	10
2.1 Chůze	10
2.1.1 Řízení lidské chůze.....	12
2.1.2 Vyšetření chůze	13
2.1.3 Hodnocení stability chůze pomocí akcelerometrů	14
2.2 Posturální stabilita, rovnováha a možnosti jejího hodnocení.....	16
2.2.1 Postura, posturální stabilita, posturální stabilizace	17
2.2.2 Hodnocení rovnováhy	17
2.2.2.1 Funkční testy	18
2.3 Stáří	20
2.3.1 Geriatrická křehkost	20
2.3.2 Stárnutí populace	21
2.4 Pády.....	22
2.4.1 Rizikové faktory a příčiny pádů	22
2.4.2. Důsledky pádů	24
2.4.3 Prevence pádů.....	25
2.5 Možnosti pohybové léčby u seniorů	28
2.5.1 Nácvik vstávání a korigovaného stoje, cvičení chůze	29
2.5.2 Senzomotorická stimulace.....	30
2.5.3 Tchaj-t'í čchüan – Tai-či	31
2.5.4 Jóga.....	32
2.5.5 Balanční trénink	33
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	36
3.1 Hlavní cíl.....	36
3.2 Dílčí cíle	36
3.3 Hypotézy	36
4 METODIKA VÝZKUMU.....	37

4.1 Charakteristika výzkumného souboru.....	37
4.1.1 Randomizace	38
4.2 Intervenční program	39
4.3 Měření a zpracování naměřených dat	41
4.4 Statistické zhodnocení dat.....	42
5 VÝSLEDKY	43
5.1 Posouzení hypotézy H_{01}	43
5.2 Posouzení hypotézy H_{02}	45
5.3 Posouzení hypotézy H_{03}	47
5.4 Posouzení hypotézy H_{04}	49
6 DISKUZE	53
7 ZÁVĚR	59
8 SOUHRN	60
9 SUMMARY	61
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	62
11 PŘÍLOHY.....	70

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

3D – troj-dimenzionální

ADL – aktivity daily living – běžné denní činnosti

BMI – body mass index

FES-I – Falls Efficacy Scale – International

FRT – Functional reach test

LDS – lokální dynamická stabilita

LE – Lyapunovy exponenty

SD – směrodatná odchylka

SMS – senzomotorická stimulace

TCC – Tchaj-t'i čchüan

TUG – Timed Up and Go Test

WHO – World Health Organization

1 ÚVOD

Stárnutí populace je v současné době významný problém nejen z hlediska sociálního zabezpečení, ale i z hlediska zdravotnického systému. S přibývajícím věkem se snižuje fyzická i psychická zdatnost seniorů, čímž se zvládání běžných denních činností stává obtížnější. Lidé v seniorském věku tak mají nejen zvýšenou potřebu pomoci od rodinných příslušníků, ale často jejich stav vyžaduje služby profesionálních zdravotnických a sociálních zařízení. Dle Fialy a Langhamrové (2010) vzroste do roku 2030 podíl osob v postproduktivním věku ze současných 20 % na více než 35 %. V současnosti stačí na pokrytí nákladů zdravotnictví zhruba 80 % vybraného pojistného. Dle předpovědí demografů tento podíl naroste na hodnotu 100 % a nadále se bude navyšovat.

Kvalitativní stránku stáří a prodlužování života se snaží zachytit pojem zdravá délka života. Kukla et al. (2016) uvádí, že v České republice se průměrný počet let prožitých ve zdraví pohybuje na hodnotě 62 let, což je srovnatelné s průměrem Evropské unie. Zvyšování tohoto parametru, tedy tzv. zdravého stárnutí, je cílem mnohých preventivních programů pro seniory, protože zdravá délka života je spojena s udržení soběstačnosti a zachováním odpovídajícího stupně fyzických i kognitivních funkcí. Předpokládá se, že úspěšné stárnutí je též prostředkem ke snižování nákladů na zdravotní péči.

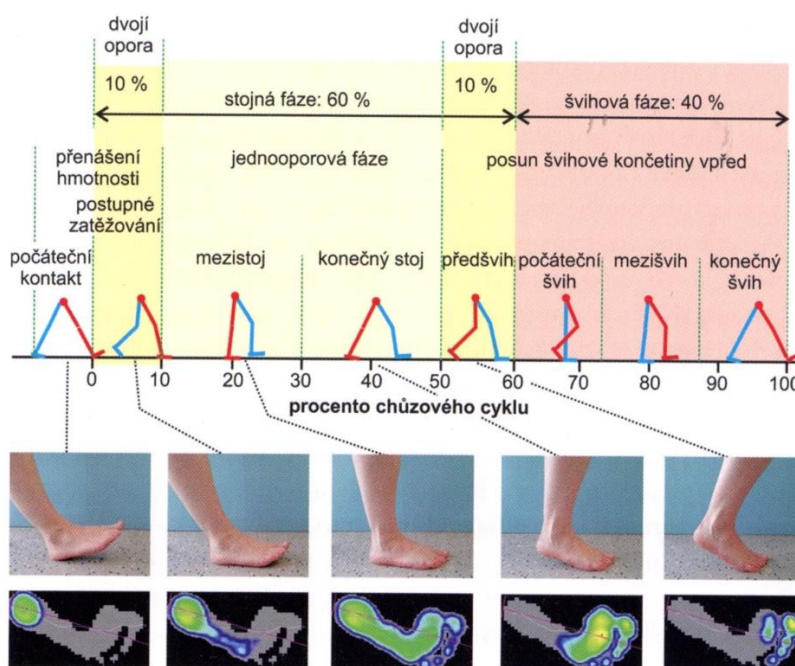
Poruchy rovnováhy a chůze jsou spojeny se zvýšeným rizikem pádů a strachem z pádů. To představuje pro seniory významný problém, který může ovlivňovat kvalitu života. Například Khanuja, Joki, Bachmann a Cuccurullo (2018) uvádějí, že přibližně u jedné třetiny seniorů, kteří jsou ve věku nad 65 let a žijí v komunitní péči, dojde alespoň jednou za rok k pádu. Na základě cíleného vyšetření můžeme doporučit vhodná preventivní opatření, čímž se snažíme snížit riziko pádu nebo zamezit jeho závažným negativním důsledkům.

V literatuře lze nalézt mnoho důkazů o pozitivním působení pohybového tréninku u osob v pokročilém věku. Tato diplomová práce je zaměřena na balanční cvičení, jako prostředek ke zvýšení stability chůze. K posouzení efektu intervence byly zvoleny akcelerometry měřící zrychlení při chůzi ve vertikálním, anterio-posteriorním a medio-laterálním směru, respektive výpočty Lyapunových exponentů pro zrychlení.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Chůze

Vzpřímená bipední chůze je základním způsobem lidské lokomoce, která je specifická a individuální. (Dungl, 2014). Kolář (2009) definuje chůzi jako základní lokomoční stereotyp, který si člověk vytvoří v průběhu ontogeneze na fylogeneticky podmíněných základech. Dle Véleho (2006) je chůze prostředkem k zajištění základních lidských potřeb v rámci sebeobsluhy. Dungl (2014) uvádí, že se jedná o dopředný pohyb, který se skládá z opakujících se kroků, a zároveň je tělo prostřednictvím nohou neustále v kontaktu s podložkou. Základní jednotkou chůze je chůzový cyklus neboli dvojkrok (Obrázek 1) a probíhá v intervalu mezi opakovaným dopadem paty stejné nohy na podložku. Chůzový cyklus je rozdělen na fázi statickou (stojnou – noha je alespoň částečně v kontaktu s podložkou a nese hmotnost těla) a dynamickou (švihovou – noha se podložky nedotýká). Na trvání švihové fáze připadá asi 38 % cyklu a na fázi stojnou asi 62 %. V průběhu dvojkroku nastává dvakrát fáze dvojí opory (double support), což je okamžik, kdy se obě dolní končetiny dotýkají podložky.



Obrázek 1. Chůzový cyklus. (Neumannová, Janura, Kováčiková, Svoboda, & Jakubec, 2015, 13).

Perry a Burnfield (2010) dělí chůzový cyklus následně:

Počáteční kontakt (Initial contact): Tato fáze zahrnuje okamžik, kdy noha dopadne na zem a začíná se přenášet hmotnost těla. Kyčelní kloub je mírně flektován a koleno téměř extendováno, hlezenní kloub je v neutrální pozici. Dochází k nutnému zpomalení dopadu paty.

Postupné zatěžování (Loading response): Následuje za počátečním kontaktem a končí při odrazu palce na kontralaterální končetině. Postupně se chodidlo klade na podložku a hlezenní kloub se pohybuje směrem do plantární flexe.

Mezistoj (Mid stance): V této fázi je chodidlo v plném kontaktu s podložkou, (druhá dolní končetina je ve švihové fázi a pohybuje se v dopředném směru). Zatímco hlezenní kloub se dostává do dorzální flexe, v kolenním a kyčelním kloubu přetrvává spíše extenční postavení. Mezistoj končí v okamžiku zvednutí paty.

Konečný stoj (Terminal stance): Potom, co se odrazí pata, se zbytek chodidla zhoupne a postupně zvedá. Dochází k nárůstu aktivity plantárních flexorů a v závěru fáze se noha opírá o podložku hlavičkami metatarzů a palcem, zatímco kontralaterální končetina dochází do fáze iniciálního kontaktu. Tělo se nyní posouvá dopředu. Kolenní a kyčelní kloub je v extenzi.

Předšvih (Pre-swing): Noha se dále plantárně flektuje připravuje se k odrazu. Hmotnost těla se přenáší na kontralaterální dolní končetinu. Současně se v kolenním kloubu zvětšuje flexe. Předšvih končí ve chvíli, kdy se palec odrazí od země a navazuje počáteční švih.

Počáteční švih (Initial swing): První část švihové fáze chůzového cyklu trvá až jednu třetinu z doby švihu. Během ní kolenní kloub dosahuje maximální flexe v během chůze.

Mezišvih (Mid swing): Začíná v okamžiku, kdy švihová končetina mívá stojnou a ve chvíli, kdy je tibie ve vertikále, mezišvih končí. Hlezenní kloub je držen v neutrálním postavení, kolenní i kyčelní kloub je flektován, postupně však v kolenu dochází k pasivní extenzi.

Konečný švih (Terminal Swing): Zatímco kolenní kloub dosahuje plné extenze, dolní končetina se připravuje na další iniciální kontakt s podložkou.

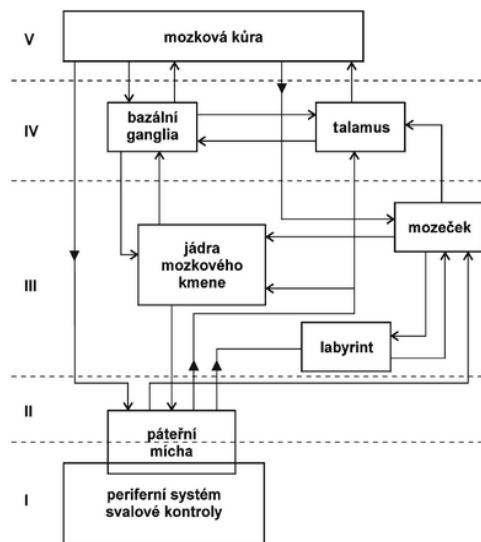
2.1.1 Řízení lidské chůze

Chůze je komplexní pohyb probíhající cyklicky podle určitého načasování (timingu). Probíhá jako rytmický translační pohyb a můžeme jej rovněž popisovat jako kyvadlový. Začíná v určité výchozí poloze a následně opisuje oblouk přes nulové postavení do jedné krajní polohy načež pokračuje do druhé. Na rozdíl od kyvadla jako takového se ovšem tělo nevrací do výchozí polohy, ale pokračuje do druhé krajní polohy, která se stává novým výchozím stavem, čímž se celý systém rytmicky pohybuje vpřed. Během tohoto složitého úkonu se zapojuje celý pohybový systém, proto je vyžadováno precizní řízení prostřednictvím nervové soustavy. Řízení motoriky je učeno jednak genetickou informací (fylogeneticky daný globální motorický vzor-stejný u všech generací) a též schopností učení se a získáváním zkušeností během života (Véle 2006). Kolář (2001) uvádí, že motorické vzory jsou prostřednictvím jednoduchých reflexů řízeny míchou a mozkovým kmenem a též vyššími centry nervového řízení, které ovládají složitější senzomotorické vztahy.

Dle Trojana, Drugy, Pfeiffera a Votavy (2005) se na řízení chůze podílí různou měrou celá centrální nervová soustava (CNS), jak lze vidět na následujícím schématu (Obrázek 2).

Činnosti CNS je podřízeno konání periferního nervového systému, který prostřednictvím periferních nervů přímo ovládá kosterní svaly. Nejnižší úroveň řízení motoriky je spinální, která především zajišťuje udržování svalového tonu na základě informací přicházejících z proprioreceptorů a exteroceptorů. Díky míše je rovněž možná reciproční inhibice, což je základ pro střídání flexe a extenze. Při řízení svalového tonu je páteřní míše nadřazena retikulární formace a též se zapojují informace z mozečku a statoakustického ústrojí (ve schématu úroveň III). Mozeček se významně účastní při řízení retikulární formace a tím i svalového tonu, čímž tlumí pohybové oscilace. Jeho činnost je nezbytná pro přesné určení směru pohybu, jeho trvání a délky i intenzity s jsou je vykonáván. Subkortikální úroveň (IV) zajišťuje automatizaci opakovaných pohybů a jejich kontrolu, díky čemuž chůze nemusí být vědomě kontrolována nejvyššími centry

v mozkové kůře mozkové. Tato kortikální úroveň je zodpovědná za ideokinetickou motoriku, tzn. realizaci představy, která vznikla v mysli (Trojan et al., 2005).



Obrázek 2. Blokové schéma řízení motoriky (římské číslice označují etáže řízení motoriky) (Trojan et al., 2005, 32).

2.1.2 Vyšetření chůze

Pro hodnocení chůze se používá širokého spektra způsobů, od aspekce po vysoce sofistikované systémy. V klinické praxi je nečastějším způsobem aspekce, kterou lze získat informace zejména o rytmu chůze, délce a šířce kroku, koordinaci souhybu paží a o pohybech dolních končetin včetně pánve. Nevýhodou tohoto jednoduchého a levného vyšetření je nemožnost kvantifikace měřených parametrů a závislost na zkušenostech a znalostech vyšetřující osoby (Neumannová et al., 2015).

Dle Opavského (2003) vyšetření chůze může posloužit jako zdroj informací o rovnováze jedince. U vyšetření chůze popisujeme způsob chůze a též vyšetření provádíme podle určitého schématu s postupným zvyšováním náročnosti. Začínáme s volnou chůzí po rovném úseku, nejméně 5-6 metrů dlouhém (kvůli ustálení rytmu chůze, frekvence a délky kroků, souhybů horních končetin a aby bylo možné posoudit jistotu v udržování rovnováhy při lokomoci). Tento první způsob chůze někdy

označujeme jako chůze I. Na stejném úseku, ale se zavřenýma očima vyšetřujeme chůzi II. Zpravidla tyto dva způsoby doplňujeme o vyšetření chůze po špičkách a po patách, o zúžené bázi (např. po nakreslené čáře) či chůzi po čtyřech (s flexí v loktech a kolenních kloubech). Poslední z uvedených se též někdy nazývá „mikroskopem“, neboť odhalí i jemné poruchy taxy a souhry končetin. Diskrétní poruchy propriocepce a rovnováhy lze odhalit i chůzí po měkké podložce (např. molitanu) nebo chůzí po vyvýšeném podkladě (např. můstek, lavice)

Pro podrobnější analýzu chůze jsou využívány biomechanické metody v závislosti na typu požadovaných výstupních veličin Nejčastěji se jedná o kinematickou (popisuje změny např. velikosti úhlů v kloubech, rychlosti pohybu) nebo kinetickou analýzu, která se zabývá měřením sil (např. svalová síla, reakční síla podložky) a jejich účinků (např. moment síly, distribuce tlaku). V neposlední řadě se dá pro hodnocení chůze použít časoprostorových parametrů – rytmus, šířka, délka kroku atd., případně jiných metod (Neumanová et al., 2015). Vzhledem k tomu, že tato diplomová práce se zabývá právě hodnocením stability chůze pomocí akcelerometrů, bude v následující kapitole probrán detailně jen tento způsob biomechanické analýzy chůze.

2.1.3 Hodnocení stability chůze pomocí akcelerometrů

Akcelerometry jsou přístroje měřící zrychlení, které je převáděno na měřitelný elektrický signál. Jejich základní mechanismus je popisován pomocí modelu hmoty-pružina, který pracuje na podkladě Hookova zákona ($F = k \cdot x$) a Newtonova druhého zákona ($F = m \cdot a$). Jakmile dojde ke kompresi nebo tahu, vyvíjí pružina sílu, která je úměrná velikosti deformace původního stavu. Podle způsobu, kterým je mechanická síla přenášena na elektrický signál rozlišujeme celou řadu akcelerometrů, avšak většinou se při hodnocení lidského pohybu používají piezorezistivní, kapacitní a piezoelektrické (Kavanagh & Menz, 2008). Hlavně díky nižší pořizovací ceně (v porovnání s jinými metodami stoupá jejich využití při analýze pohybu na oblibě. Další nezanedbatelnou výhodou je poměrně krátká doba mezi měřením a vlastním vyhodnocením signálu (Neumanová et al., 2015).

Akcelerometrii je možné úspěšně použít při hodnocení chůze jako ukazatel stability chůze a tím i ukázat možné riziko pádu (Reynard & Terrier, 2014). Dle Dingwell a Cusumano (2000) je stabilita chůze obvykle měřena pomocí variability chůze

(vyjádřeno směrodatnou odchylkou u parametrů jednotlivých kroků). Z těchto parametrů však nelze vyčíst, jak pohybový systém reaguje na malé změny při chůzi v období jednotlivých chůzových cyklů. Navíc Toebeš, Hoozemans, Furrer, Dekker a van Dieën (2012) poukazují na existenci protichůdných studií v otázce spojitosti variability chůze a rizikem pádu. Obvykle zvýšená variabilita chůze koreluje s vyšším rizikem pádu, avšak existují studie, které zjistily, že zvýšená variabilita chůze je spojena s nižším rizikem pádu, nebo že snížená variabilita chůze je spojena se zvýšeným rizikem pádu.

Malá velikost akcelerometrů (Obrázek 3) umožňuje připevnění na tělo probanda, aniž by došlo k ovlivnění jeho pohybů. Toho se využívá zejména k hodnocení chůze během běžných denních aktivit (mimo laboratorní prostředí), což má větší výpovědní hodnotu z hlediska rizika pádu než např. chůze na chůzovém trenažeru (Rispen et al., 2015).



Obrázek 3. 3D akcelerometry typu Trigno wireless system-použité pro tuto studii (Anonymous, 2018).

Při hodnocení stability chůze pomocí akcelerometrů se vychází z faktu, že chůze není úplně periodickým dějem a v jejím průběhu dochází k velmi malým pertubacím. Ke zkoumání stability chůze byla z teorie o dynamických systémech odvozena lokální dynamická stabilita (LDS). Ta je kvantifikována maximálními Lyapunovými exponenty (LE) a vyjadřuje schopnost daného jedince vyrovnat se s velmi malými (tj. místními) změnami v reálném čase (Dingwell, Cusumano, Cavanagh, & Sternad, 2001; van Schooten, Rispen, Pijnappels, Daffertshofer, & van Dieen, 2013).

Maximální Lyapunovův exponent, který se používá při analýze chůze, je vyjádřen maximálním krátkodobým a dlouhodobým Lyapunovovým exponentem. Jestliže je maximální Lyapunovův exponent roven nule, poukazuje to na maximální stabilitu systému. Čím vyšší jsou pozitivní hodnoty exponent, tím vyšší je úroveň lokální dynamické nestability u daného jedince (Reynard, Vuadens, Deriaz, & Terrier, 2014). Krátkodobý Lyapunovův exponent je vypočítán pro krátké období (krok či jeden chůzový cyklus) od perturbace, dlouhodobý exponent je hodnocen za období 4-10 krokových cyklů od perturbace (Toebe et al., 2012). Dle Bruijn et al. (2013) je hodnocení Lyapunových exponentů je považováno za jednu z nejvalidnějších metod k hodnocení stability chůze. Výhodou těchto exponent je, že jsou využitelná i pro různé jiné typy kinematických dat.

Dle Reynard et al. (2014) se ukazuje, že nejlepší výpovědní hodnotu o stabilitě chůze má krátkodobý Lyapunovův exponent pro medio-laterální směr zrychlení v období jednoho kroku. Díky těmto exponentům dokážeme rozlišit zdravé jedince od jedinců, kteří jsou postiženi pohybovým deficitem. Van Schooten et al. (2011) uvádějí, že díky hodnocení lokální dynamické stability v kombinaci s variabilitou chůze je možné až u 83 % všech případů rozlišit, zda se jedná o normální chůzi nebo o chůzi změněnou v důsledku postižení rovnováhy.

2.2 Posturální stabilita, rovnováha a možnosti jejího hodnocení

Posturální stabilitu někteří autoři specifikují jak o vysoce specializovaný proces udržování rovnováhy nebo jako vyváženou koordinovanou pozici těla vzhledem k měnícímu se prostředí. Posturální stabilita předchází a provází samotný pohyb (Pastucha, 2013). Dle Vařeky (2002a,b) jsou rovnováha a balance strategie (statické a dynamické) k zajištění posturální stability. Udržování rovnováhy těla je dle Véleho (1997) složitý děj, na kterém se podílí celá řada systémů. Senzorický a vestibulární aparát a proprioreceptory zajišťují aferentní informace, které jsou zpracovány a vyhodnocovány centrálním nervovým systémem. Výkonnou složku udržování rovnováhy tvoří samotný pohybový aparát (svaly, kosti a klouby) se svým periferním nervovým zásobením. Jestliže jsou všechny síly působící na organismus vyrovnány, tělo je v rovnovážném stavu. Při neschopnosti organismu udržet tyto síly v rovnováze nastává pád. Bizovská, Janura, Míková a Svoboda (2017) uvádějí, že terminologie ohledně posturální stability,

stabilizace, posturální kontroly atp. je nejednoznačná, což souvisí s odlišným pojetím jednotlivých autorů.

2.2.1 Postura, posturální stabilita, posturální stabilizace

Vařeka a Vařeková (2009) píší, že postura je aktivní držení těla a jednotlivých segmentů vůči působení zevních sil, zejména vůči síle tíhové, která v běžném životě má pro člověka největší význam. Postura je zajišťována především aktivitou svalů, které jsou řízeny prostřednictvím CNS. Je nedílnou součástí stoje, chůze a dalších pohybů a nelze ji vnímat jen jako synonymum pro stoj na dvou nohách. Dle autorů je často citován výrok „postura provází pohyb jako stín“, kdy je zřejmé, že postura je nutná na začátku v průběhu i na konci jakéhokoliv cíleného pohybu, je jeho součástí i základní podmínkou. Posturální stabilita je pak schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny vnitřních i zevních sil, jako prostředek ochrany před pádem. Dle Bizovské et al. (2017) je posturální stabilita termín pro okamžitý stav systému, zatímco posturální stabilizace je proces neustálého přizpůsobování se svalové aktivity a polohy kloubů pro udržování těžiště nad opornou bází, aby nedošlo k pádu. Pojem balance je pak ekvivalentem pro český termín posturální stabilizace.

2.2.2 Hodnocení rovnováhy

Diagnostika rovnovážných schopností je důležitým prostředkem v rukou lékařů a fyzioterapeutů. Poruchy rovnováhy často vyúsťují v poruchy chůze (a pády) a jejich včasné odhalení dává příležitost nastavit optimální intervenční program za cílem snížit riziko pádů a úrazů, které jsou pády způsobeny. Pro zhodnocení rovnováhy se nejčastěji využívají: přístrojová diagnostika (posturografie, kinematická analýza, akcelerometrie – podrobněji viz kapitola 2.1.3) a funkční testy (Neumanová et al., 2015). Dle Bizovská et al. (2017) lze ještě použít ještě testové baterie a škály.

Dle Opavského (2003) je možné rovnováhu posoudit aspekčním hodnocením stoje. Toto vyšetření se označuje jako Rombergova zkouška a provádí se s postupným navyšováním náročnosti stoje. Začíná se ve stoji s chodidly od sebe na šířku ramen, což označujeme jako stoj I. Stoj spojný se nazývá stoj II. Stoj spojný se zavřenýma očima je stoj III nebo též Rombergův stoj. Dále je vhodné provést vyšetření stoje i na měkké (např. molitanové) podložce, abychom prokázali nebo vyvrátili přítomnost i lehkých

poruch propriocepce. Nejtěžší zkouškou v rámci vyšetření rovnováhy ve stoji je stoj na jedné dolní končetině se zavřenýma očima, přičemž by vyšetřovaná osoba měla nejdříve zvednout dolní končetinu a až poté zavřít oči. Při vyšetření rovnováhy ve stoji sledujeme „hru šlach“, což je zapojení šlach na přechodu bérce a chodidla, a též míru oscilací trupu (titubací).

2.2.2.1 Funkční testy

K vyšetření rovnováhy, které má komplexně posoudit stav jedince vzhledem k běžným denním činnostem, se většinou využívají funkční motorické testy. Jejich základem jsou různé pohybové úkoly, které se následně hodnotí. Podle zvládnutí nebo neschopnosti provedení určité zkoušky, počtu opakování, dosaženého času nebo vzdálenosti se vypočítává závěrečné skóre, díky kterému lze odhalit poruchu rovnováhy nebo zvýšené riziko pádů (Neumannová et al., 2015).

Timed Up and Go Test

Timed Up and Go Test (TUGT) se používá zejména pro posouzení mobility pacienta a k určení predispozice k pádům. Je určen zejména geriatrickým pacientům ve věku od 65 let, ale využití nalézá i u hodnocení pacientů s Parkinsonovou chorobou nebo vestibulární dysfunkcí a dalších neurologických onemocnění.

Výchozí polohou před vlastním testem je sed na židli s opřenými zády a horními končetinami. Pacient by měl mít pohodlnou a pevnou obuv. Měříme čas na stopkách od chvíle, kdy vydáme pokyn, aby testovaná osoba vstala. Úkolem probanda je postavit se ze židle a bezpečně a pohodlně dojít k vyznačené čáře, která je ve vzdálenosti 3 metry a na které je postaven kužel. Tam se kolem kuželu otočit o 180°, vrátit se k židli a opět se na ni posadit. Tímto okamžikem je měření času ukončeno. TUGT vypovídá zejména o funkční mobilitě a posturálních schopnostech během chůze a též o vestibulárním aparátu (Giladi, Bloem, & Hausdorff, 2007; Neumannová et al., 2015).

Functional reach test

Functional reach test (FRT) byl vyvinout ke zhodnocení rovnováhy a rizika pádů u seniorů, přičemž se testuje, jak je daný jedinec schopen přenést těžiště mimo svoji opěrnou bázi. FRT hodnotí maximální dosaženou vzdálenost horní končetinou ve stoji s fixovanými chodidly. Testování se provádí zpravidla dominantní horní končetinou

Výchozí polohou je stoj u stěny s předpaženou horní končetinou v 90° flexe. Výslednou hodnotu získáme odečtením vzdálenosti (v centimetrech z měřidla umístěného na stěně), kterou dosáhne testovaná osoba v anteriorním směru, aniž by došlo ke ztrátě rovnováhy, vykročení nebo dotknutí se stěny. FRT je vhodné opakovat třikrát, průměr posledních dvou hodnot se považuje za konečnou hodnotu testu (Bennie, Bruner, Dizon, Fritz, Goodman, & Peterson, 2003; Merchán-Baeza, González-Sánchez, & Cuesta-Vargas, 2014).

Five times sit to stand

Test se používá k zhodnocení schopnosti opakovaně se postavit do stoje ze sedu s oporou zad, a to celkem v počtu pěti opakování. Primárně byl určen pro hodnocení svalové síly dolních končetin, avšak v praxi se používá i pro posouzení rovnováhy, eventuálně rizika pádů. Na začátku testu je proband usazen na židli s oporou zad, poté je vyzván, aby co nejrychleji pětikrát vstal a zase se posadil, zatímco se měří čas. Změřený čas se poté porovnává s normou (Buatois et al., 2008).

Single leg stance

K tomuto jednoduchému testu rovnováhy je zapotřebí mít pouze stopky a zabere maximálně minutu. Hodnotí stoj na jedné dolní končetině se zrakovou kontrolou i s jejím vyloučením. Provádí se s překříženými horními končetinami na hrudníku za současného zvednutí jedné dolní končetiny tak, aby se nedotýkala podložky. Měří se čas, který je jedinec schopen stát v této poloze, přičemž čím vyšší hodnoty, tím má daná osoba nižší riziko pádu. Důležité je však test posuzovat vzhledem k věku (Springer, Marin, Cyhan, Roberts, & Gill, 2007).

Berg Balance Scale

Berg Balance Scale je nástroj pro hodnocení rovnováhy u seniorů s poruchami rovnováhy pomocí posouzení úkolů zaměřených na balanční funkce. Využívá se pro posouzení efektu intervence v praxi i ve výzkumu. Do úkoly této škály je zahrnut sed a přirozený stoj, tandemový stoj, stoj se zavřenýma očima a stoj na jedné dolní končetině a dále otočení se o 360° a zvednutí předmětu ze země. Každá zkouška je hodnocena 0-4 body a maximální možné skóre je 56 bodů. Na nízké riziko pádů nasvědčuje dosažené

skóre 41-56 bodů, rozmezí 21-41 bodů odpovídá střednímu riziku pádu a vysoké riziko pádu je u osob, které dosáhnou 0-21 bodů (Bizovská et al., 2017).

2.3 Stáří

Stáří je definováno jako pozdní fáze ontogeneze. Dochází k řadě involučních změn, jak morfologických, tak funkčních (Kalvach & Mikeš, 2004). Topinková (2005) stáří označuje za biologický proces, který je nevratný, univerzální, i když druhově specifický. Organismus stárnoucího člověka se kvůli změnám prakticky všech orgánů stává méně přizpůsobivým k vnějším i vnitřním podmínkám. Ztráta adaptační schopnosti může vést k dekompenzaci.

Stáří obvykle dělíme na biologické, sociální a kalendářní. Pojem biologické stáří je označení pro míru involučních změn u konkrétního jedince. Zatím však o jeho přesné definici nepanuje shoda.

Počátek sociálního stáří se pojí se vznikem nároku na starobní důchod nebo na penzionování. Sociální stáří je tedy určeno proměnou sociálních potřeb, životních rolí a životního stylu.

Kalendářní stáří je vymezeno jednoznačně věkem, nedovoluje nám však posoudit interindividuální odchylky. Za hranici začátku stáří dnes považujeme věk 65 let. Orientačně můžeme seniory rozdělit do tří skupin, přičemž každá z kategorií je spojena se specifickou problematikou:

- 65–74 let: mladí senioři – otázka penzionování, volného času, aktivit a seberealizace
- 75–84 let: staří senioři – adaptace a tolerance zátěže, stonání a osamělosti
- 85 a více let: velmi staří senioři – zejména problematika soběstačnosti a zabezpečení (Kalvach & Mikeš, 2004)

2.3.1 Geriatrická křehkost

Stařecká křehkost (z angl. frailty) se v posledních letech stává stále více diskutovaným tématem. Křehkost, respektive rizikovost je spojena s fyziologickým poklesem výkonnosti orgánů ve stáří, úbytkem svalové hmoty (sarkopenií), úbytkem kostní hmoty, zhoršením mobility, vytrvalosti, koordinace a svalové síly. Lze zde započítat i poruchy imunity, kognitivních funkcí a kondice kardiovaskulárního systému.

Z výše uvedeného vyplývá, že starší osoby více hrozí disabilita v provádění běžných denních činností, nesoběstačnost, pády a zranění (Topinková, 2005). Kritérium pro stanovení křehkosti je považována přítomnost tří znaků z následujícího výčtu:

- neúmyslná ztráta hmotnosti v posledním roce více než 4,5 kg
- pocit slabosti a vyčerpanosti
- nízká úroveň fyzické aktivity
- snížená rychlost chůze
- svalová slabost (hodnoceno podle stisku dominantní ruky-handgrip test).

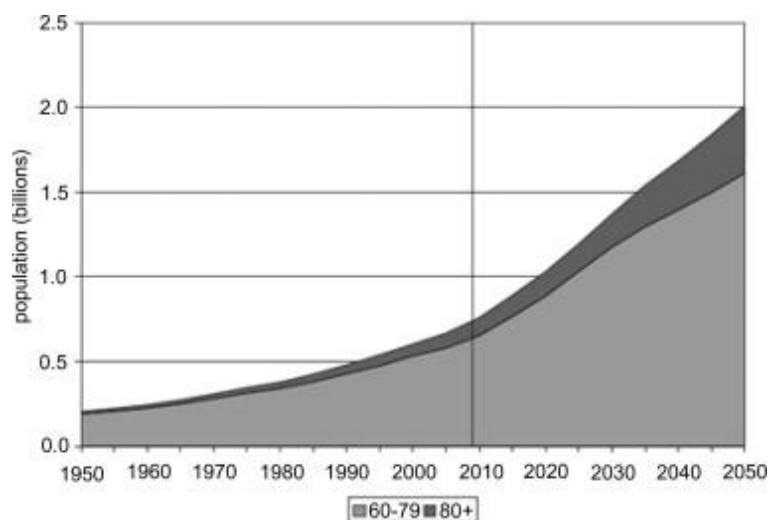
Výskyt maximálně dvou znaků označujeme za prefrailty čili riziko křehkosti (Berková, Berka, & Topinková, 2013).

2.3.2 Stárnutí populace

Světová populace se od roku 1950 téměř ztrojnásobila, zároveň však došlo ke změně demografické struktury. Zejména díky výraznému snížení porodnosti a zvýšení průměrné délky života dochází ke stárnutí lidstva (Fuster, 2017). Topinková (2005) uvádí, že trend stárnutí obyvatelstva bude i nadále pokračovat. Zatímco v roce 2000 bylo v České republice zastoupení osob starších 65 let v populaci 13,9 %, v roce 2025 se předpokládá nárůst podílu seniorů na 23,1 % a v roce 2050 až 32,7 %.

Situaci v celosvětovém měřítku popisují Rueangsirarak, Atkins, Sharp, Chakpitak a Meksamoot (2012). V roce 2008 byl podíl osob starších 65 let v populaci okolo 7 %, avšak během dalších padesáti let pravděpodobně dosáhne tato věková kategorie dvou miliard osob, což může činit až 22 % světové populace (Obrázek 4).

Dle Fustera (2017) bude mít stárnutí obyvatelstva významný dopad na zdravotní péči, obzvláště ve vyspělých zemích. Dle Berkové, Berky a Topinkové (2013) se současně se stárnutím snižuje fyzická zdatnost, což se projevuje obtížemi při zvládání běžných denních činností. Následkem toho se navyšuje potřeba péče o tyto seniory, a to jak na úrovni rodinných příslušníků, tak i sociálních a zdravotních služeb. Velmi důležitou roli by měla hrát prevence a včasná diagnostika.



Obrázek 4. Předpokládané stárnutí lidstva (Rueangsirarak et al., 2012; 8860)

2.4 Pády

Pád je dle Světové zdravotnické organizace (WHO) definován jako neúmyslné klesnutí k zemi nebo na nižší úroveň. Dle této formulace se do statistik WHO nezapočítávají pády z budov, dopravních prostředků, ze zvířat ani úmyslné pády při sebepoškozování (Klak, Raciborski, Rzodkiewicz, Targowski, Bousquet, & Samoliński, 2017). Pády jsou druhou hlavní příčinou neúmyslných smrtelných zranění na celém světě a představují velký problém pro veřejné zdraví, zejména pak pro starší osoby. Přibližně u jedné třetiny seniorů, kteří jsou ve věku nad 65 let a žijí v komunitní péči, je zaznamenán pád alespoň jednou za rok (Khanuja et al., 2018). Incidence pádů narůstá s věkem a polymorbiditou, takže dle Klána a Topinkové (2003) k pádu dojde až u 50 % osob starších 85 let. Celkově je vyšší prevalence u žen, u akutně i chronicky nemocných, hospitalizovaných nebo u osob v dlouhodobé ústavní péči. Přibližně u jedné čtvrtiny padajících zaznamenáváme opakované epizody. Bergen, Stevens a Burns (2016) uvádí, že pády jsou významným zdrojem morbidity a mortality. Například ve Spojených státech amerických v roce 2014 bylo zaznamenáno přibližně 27 tisíc úmrtí seniorů z důvodu pádu, dále asi 2,8 milionu ošetřených pacientů na urgentním příjmu a z toho cca 800 tisíc zraněných bylo hospitalizováno. Náklady na tuto zdravotní péči dosahují desítek miliard dolarů, což je poměrně vysoká finanční zátěž.

2.4.1 Rizikové faktory a příčiny pádů

Rizikové faktory pádu lze rozdělit na vnitřní a vnější. Za vnitřní považujeme nejčastěji zdravotní, zejména fyzické obtíže. Například se jedná o snížení svalové síly, poruchy rovnováhy a chůze, kognitivní poruchy včetně demence, dále kardiovaskulární, neurologické a senzorické deficity. Neméně významnou skupinu rizikových faktorů utváří vnější vlivy prostředí (např. obuv a oděv, změny počasí, osvětlení prostor, vybavení domácností či nerovný terén). S přibývajícím věkem se rizika kumulují a v případě pádu je obtížné označit jen jeden faktor, přesto je z hlediska následných preventivních opatření vhodné zjistit určující okolnosti (Kenny, Romero-Ortuno, & Kumar (2017).

Za klíčový faktor pro vzniku pádu bývá označována sarkopenie, což je úbytek svalové hmoty a síly. Sarkopenie postihuje až 25 % populace ve věku 50-70 let a až 40 % seniorů ve věku nad 80 let. V rámci sarkopenie dochází k remodelaci svalstva ve smyslu snížení příčného průřezu svalu i délky svalových fasciкул, což vede ke snížení síly a rychlosti stahu. Navíc involuce muskuloskeletálního systému včetně šlachových tělísek a svalových vřetének negativně ovlivňuje propiocepci. Komplex těchto změn má za následek zhoršení svalového výkonu a možnosti rychle reagovat na překážky (Klak et al., 2017; Berková et al., 2013).

Významný vliv na rozvoj pádů mají změny stoje a chůze v seniorském věku. Zejména díky sarkopenii, osteoartróze, poruchám propiocepce a snížení rychlosti vedení nervů dochází ke zpomalení chůze a zkrácení kroku. Za součást tzv. stařecké změny chůze lze označit rovněž dyskoordinaci pohybu paží při chůzi (zmenšení amplitudy a porucha souhybu paží s dolními končetinami). Zaznamenáváme též změnu stoje, která se projevuje jako kolísání těla (body-sway) při klidném stoji (Kalvach & Rychlý, 2004).

Dle Kalvacha (2011) lze pády dělit podle fenomenologického obrazu:

- Pády zhroucením – Postižený z příčiny mozkové (např. epilepsie) nebo oběhové (pokles krevního tlaku, synkopy, poruchy srdečního rytmu) náhle ztrácí tonus svalstva a klesá k zemi.
- Pády skácením – Pro tento pád se používá přirovnání „spadl jako podřátý, jako kláda“. Obvykle se nezapojují reflexní obranné pohyby, takže dochází často ke zranění. Příčinou je porucha rovnováhy na úrovni mozkové nebo vestibulární, případně i blokáda krční páteře.

- Pády zakopnutím – Příčinou je zakopnutí o překážku nebo o povrch podlahy a postižený padá obvykle dopředu na předpažené horní končetiny. Výrazným rizikovým faktorem pro tento typ pádu je šouravá chůze, porucha zraku či svalová slabost.
- Pády zamrznutím – Stejně, jako u zakopnutí, směřuje pád dopředu. Důvodem je zastavení dolní končetiny při chůzi, kdy noha zůstává „přilepena“ k podlaze. Hlavní příčinou jsou neurologická onemocnění, typicky Parkinsonova nemoc.
- Nediferencované pády při chůzi – Pád nastává důsledkem prosté nepozornosti, uklouznutí a nepřizpůsobení chůze podmínkám terénu.
- Jiné pády – Řadí se sem pády, které nesouvisí s chůzí a stoje. Příkladem jsou pády z lůžka a upadnutí při postavování či usedání.

2.4.2. Důsledky pádů

Dle Klána a Topinkové (2003) jsou pády nejčastější příčinou smrtelných úrazů u osob starších 65 let a v důsledku pádu je až 5 % osob postižených pádem nutné hospitalizovat. Nejčastějšími důsledky pádu jsou různá poranění, strach z pádu a deprese nebo až ztráta soběstačnosti a nezávislosti. Kalvach (2011) rozděluje a popisuje důsledky pádů následovně:

Poranění – Nejzávažnější a ekonomicky nejvíc náročné jsou zlomeniny (typicky fraktura krčku stehenní kosti, Collesova zlomenina předloktí, fraktury obratlů). Častým poraněním jsou i kontuze měkkých tkání, které nemusí být tak závažné, ale u křehkých osob může být ohrožena soběstačnost. Dále důsledkem pádu na tepelný zdroj, nebo politím vroucí vodou dochází k popáleninám nebo opařeninám. Neméně časté jsou i krvácivá poranění – od odřenin přes žilní a tepenná krvácení až po krvácení nitrolební.

Nemožnost postavení – Jestliže postižený leží bez možnosti pohybu delší dobu, hrozí u něj podchlazení. Zvláště u lidí s těžkou osteoartrózou, obezitou nebo neurologickým deficitem je vstávání velmi náročné.

Strach z pádů – Je to závažný jev, který se rozvíjí i bez předchozí zkušenosti s pádem. S přibývajícím věkem se zpravidla zvyrazňuje, a to již od 50 let, zejména však pokud u dotyčného jedince pád v minulosti nastal.

Úzkost a deprese – Při opakovaných incidentech nemocní omezují své aktivity, což je v důsledku může činit ještě křehčími. U osaměle žijících seniorů se mnohdy setkáváme se strachem z dlouhého ležení na zemi bez možnosti pomoci.

Ztráta soběstačnosti a autonomie – U seniorů jsou opakované pády častým důvodem k umístění do trvalé ústavní péče.

Dle Stel, Smit, Pluijm a Lips (2004) jsou nejčastějšími důsledky pádu: fyzické důsledky (zlomeniny, otevřené rány, poranění hlavy a mozku, natažení svalů, podvrtnutí kloubů atd.), zhoršení funkčního stavu (např. chůze po schodech, oblékání se, vstávání ze židle, úprava nehtů, vycházky venku a použití vlastní nebo veřejné dopravy), nutnost využití zdravotní péče a omezení pohybových aktivit a společenských aktivit (návštěvy u rodiny nebo přátel, výlety, návštěvy kulturních nebo náboženských akcí).

2.4.3 Prevence pádů

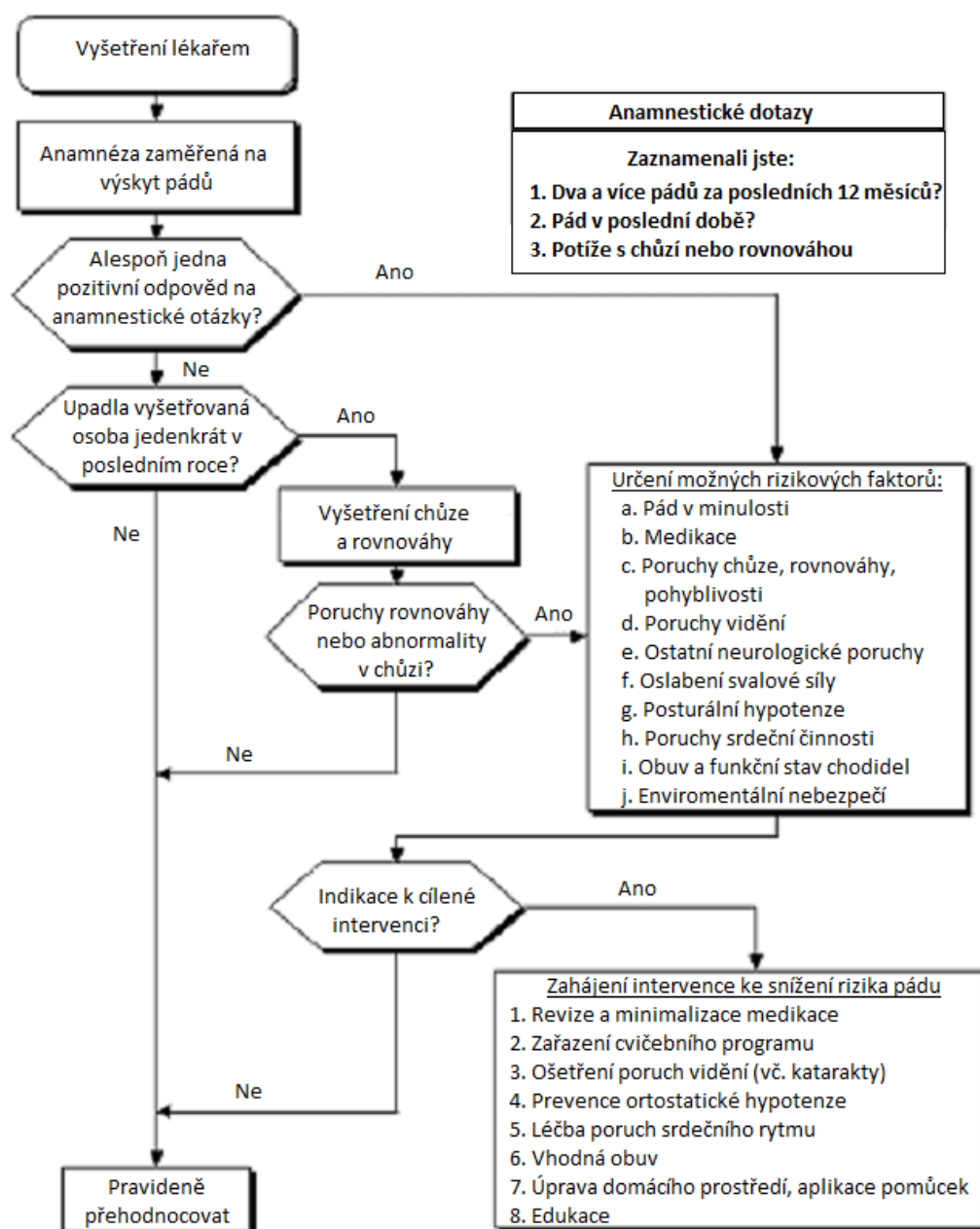
Prevence lze obecně rozdělit na primární, sekundární a terciární. Dle Klána a Topinkové (2003) je primární prevencí takový zásah, který snižuje riziko vzniku choroby. Do této oblasti spadá zejména pravidelné pohybové cvičení, které je zaměřeno na udržování maximální možné fyzické zdatnosti, svalové síly a rozsahu kloubní pohyblivosti u daného jedince. Vhodná je i poradenská činnost lékařů, kteří by měli své pacienty poučit o vhodné pohybové aktivitě a též o možných rizikových aktivitách nebo zajištění bezpečnosti bytu.

Sekundární a terciární prevence jsou definovány jako intervence, které zlepšují prognózu u preklinických stádií choroby nebo zabráňují progresi a vzniku komplikací u již vzniklé choroby. V případě prevence pádů u osob, které mají v anamnéze pád, je nutné ovlivnit jak vnitřní, tak vnější rizikové faktory. U takových pacientů se tedy zaměřujeme na léčbu chorob a patologických stavů, které by mohly mít s pádem souvislost a z hlediska fyzioterapie se snažíme ovlivnit pohyblivost a soběstačnost. Příkladem mohou být cvičení zaměřená na udržení rozsahu pohybu, na zvýšení svalové síly a zlepšení koordinace a stability.

Z hlediska prevence pádů (bez ohledu na typ pádu) je vhodné se zaměřit i na zevní rizikové faktory, kam řadíme zejména bezpečnost bytu. Nejrizikovějšími místy jsou: schodiště, koupelna a toaleta, postel a židle, podlahy a nízká kvalita osvětlení. Schodiště

by mělo mít zábradlí, dobré osvětlení s vypínači nahoře i dole a barevné označení prvního a posledního schodu. Koupelna a toaleta jsou bezpečnější, pokud jsou vybaveny madly, vanovým sedátkem a WC se zvýšeným sedátkem. Podlahy by měly být nekluzké, zbavené volně položených koberců a bez zbytečných předmětů. Z hlediska osvětlení je dobré zajistit takové, které neoslňuje, ale je zároveň dostatečně silné. Doporučuje se, aby malé světlo svítilo přes noc (Klán & Topinková, 2003). Dle Britské geriatrické společnosti a Americké Geriatrické společnosti je vhodné postupovat podle následujícího algoritmu (Obrázek 5) (American Geriatrics Society and British Geriatrics Society, 2010).

Podle směrnice Britské geriatrické společnosti a Americké geriatrické společnosti je v rámci pohybového programu doporučováno mimo jiné zařazení cvičení Tai-Chi, cvičební programy, které jsou zaměřeny na zvyšování úrovně balance, svalové síly a fyzické zdatnosti (NICE, 2013).



Obrázek 5. Algoritmus cílené prevence proti pádům pro zdravotnický personál. (upraveno podle American Geriatrics Society and British Geriatrics Society, 2010; 150).

Přehledová studie Zeleníkové, Kozákové a Jarošové (2015) přináší shrnutí možností intervence v prevenci pádů zejména ve zdravotnických a pečovatelských zařízeních a v domovech pro seniory. Dle této studie se prevence pádů nejčastěji aplikuje jako intervence jednotlivá (jeden typ zásahu) nebo multifaktoriální (zahrnuje vícečetná opatření). Mezi nejzásadnější a nejčastější opatření z oblasti pohybových aktivit jsou

fyzická cvičení, pravidelné procházky s doprovodem, nácvik chůze na běžeckém trenažeru, balanční cvičení ve stoji. Další možností, jak zmírnit následky případného pádu, je použití chrániče kyčlí či suplementace vitamínu D, což má chránit především před frakturami. Dále se ukazuje vhodnost edukačních programů pro personál i klienty. Multifaktoriální intervence většinou zahrnuje kombinace výše zmíněných opatření a jeví se jako efektivnější.

2.5 Možnosti pohybové léčby u seniorů

Pohybové aktivity u seniorů vedou ke zlepšení pocitu zdraví a kvality života. Výběr konkrétní činnosti by měl být podřízen zdravotnímu stavu, věku a pohybovým zkušenostem včetně úrovně zdatnosti jedince. Z hlediska zdravotního stavu je nutné vzít v potaz chronická onemocnění, která často stárí provázejí. Vhodné cvičení určíme na základě anamnézy a subjektivního a objektivního zhodnocení obtíží. Věk je při vybírání vhodné aktivity relativní a důležité je porovnat jej s tělesnou zdatností konkrétního seniora (Matouš & Kolář, 2009).

Dle Uhlíře (2008) při cvičení seniorů vycházíme se zachovalých funkcí organismu, které se snažíme rozvíjet. Hlavním cílem je hlavně fyzická a psychická zdatnost. Zaměřujeme se na pohyby nutné pro zvládání ADL (aktivity daily living – běžné denní činnosti), čímž udržujeme vysokou míru soběstačnosti a kvality života.

Dle Matouška a Koláře (2009) lze cvičební jednotku rozdělit na několik částí dle svého účelu. Úvodní část se věnuje činnostem, u kterých dochází k prokrvení končetin a rozehrání organismu a mírně se zvedá srdeční frekvence. Většinou tato část trvá 5-10 minut. Následně zařazujeme vyrovnávací část. Intenzita zatížení je nízká a většinu tvoří pomalé cílené pohyby. Cviky jsou náročnější na provedení a vyžadují soustředění a podobné činnosti mohou pokračovat dále v rozvíjející části. Ta hlavní část cvičební jednotky může mít široké spektrum zaměření dle potřeby jedince. Intenzita zatížení by neměla přesahovat submaximální hodnotu (tzn. 60 % maxima – lze určit na základě odhadu z vzorce 170 tepů minus věk, přesnější a vhodnější je však stanovení na základě zátěžového testu). Závěrečná část má za cíl uklidnit a zrelaxovat organismus do klidového stavu.

Dále je při cvičení vhodné dodržovat jisté zásady:

- Začínat v pozicích nižších a postupně přecházet do vyšších.

- Zaměřit se na zvládání správnosti výchozí polohy.
- Preferovat jednodušší cviky.
- Vyhnout se zádrži dechu a cvičení koordinovat s dechem.
- Aktivovat hluboký stabilizační systém.
- Na závěr zařadit relaxační cvičení.

V rámci cvičební jednotky (skupinové i individuální), která je určena seniorům, lze zařadit např. nácvik vstávání, korigovaného stoje a cvičení chůze, aktivity zaměřené na zlepšení držení těla a na svalové dysbalance, rovnovážný trénink, cvičení na udržení fyziologického rozsahu v kloubech, cvičení jemné motoriky, koordinace a obratnosti, dechová a relaxační cvičení a v neposlední řadě vytrvalostní (aerobní) cvičení (Uhlíř, 2008).

2.5.1 Nácvik vstávání a korigovaného stoje, cvičení chůze

Vstávání je náročný a složitý děj, který vyžaduje dostatek svalové síly a pohybové koordinace. Při nácviku se doporučuje opakovaně nacvičovat jednotlivé fáze. Příkladem může být nácvik přetáčení z lehu na zádech do lehu na břicho (možno přidat úkol přitahování se, uchopování blízkého předmětu). Dále z lehu na břicho do vzporu klečmo a přesun po kolenou k nejbližší opoře. Následně s úchopem nebo oporou např. o nábytek, madlo, zábradlí postupně do stoje (Uhlíř, 2008).

Korigovaný stoj je výchozí polohou pro mnohá balanční cvičení. Při jeho nácviku pacient stojí s chodidly rozkročenými na šířku pánve, špičky směřují vpřed. Kolenní klouby jsou lehce pokrčeny a mírně vytočeny nad zevní hranu chodidel, které se aktivně odtlačují od podložky. Břicho je oploštěno a hlava v prodloužení osy páteře, zatímco ramena jsou uvolněná (Uhlíř, 2008).

Při cvičení chůze je důležité pracovat nejdříve na koordinaci jednotlivých kroků. Cílem tréninku je především ergonomie chůze a jistota pacienta při chůzi. Příkladem cviků jsou úkroky do stran a vpřed, postrky v korigovaném stoji, odvíjení chodidla v předním a zadním půlkroku. Přitom termín půlkrok znamená fázi od odrazu palce k dotyku paty jedné končetiny, zatímco se přenáší hmotnost těla a těžiště. Přední půlkrok je součástí chůze vpřed a přenáší se těžiště rovněž vpřed. Při zadním půlkroku dochází

k přesunu těžiště vzad, což je součástí např. chůze ze schodů nebo posazování (Uhlíř, 2008).

Dle Kisvetrové a Valáškové (2014) čeští a slovenští senioři za svou nejčastěji vykonávanou pohybovou aktivitu označují chůzi a procházky, avšak dále autorky uvádí, že zdravotní stav považuje za svůj limit v otázce pohybové aktivity 28 % dotázaných seniorů. Vzniká tím ale začarovaný kruh, neboť pravidelný pohyb pozitivně ovlivňuje mentální a fyzické zdraví a zabraňuje progresi chronických nemocí. Dle studie Shimada, Obuchi, Furuna a Suzuki (2004) je v rámci prevence pádu vhodné použít intervenční program zahrnující chůzi na běžeckém pásu. Ačkoliv snížení četnosti pádů u výzkumné skupiny nedosáhlo hranice statistické významnosti, cvičení vedlo k signifikantnímu zlepšení rovnováhy a funkční mobility probandů.

2.5.2 Senzomotorická stimulace

Senzomotorická stimulace (SMS) vychází z konceptu o dvou stupních motorického učení. Snaha naučit se nový pohyb charakterizuje první stupeň motorického učení, přičemž je tento proces řízen zejména ze senzorické a motorické oblasti mozkové kůry, a to je únavné. Druhý stupeň řízení motoriky je zajišťován podkorovými centry mozku. Jakmile se nový pohyb zafixuje, a jeho ovládání se přesune převážně do podkorové oblasti, přestává být tak únavný.

Pojmenování senzomotorická stimulace záměrně zdůrazňuje jednotu senzorických (aférentních) a motorických (eferentních) struktur. Stimulací proprioceptorů a exteroceptorů se snažíme o zlepšení koordinace svalů a jejich zapojení do optimálních pohybových stereotypů (Janda & Vávrová, 1992).

Cílem SMS je dosažení koordinované a automatické svalové aktivace, která nepotřebuje plnou korovou kontrolu. Svaly se tedy zapojují rychle a efektivně (Janda & Vávrová, 1992). Pavlů (2003) uvádí, že touto metodou lze ovlivňovat základní pohybové vzory člověka (stoj a chůzi) i svalovou nerovnováhu.

Důležitá je stimulace proprioceptorů a exteroceptorů z oblasti nohou. V senzomotorické stimulaci pracujeme s aktivací m. quadratus plantae, díky provádění tzv. malé nohy. Cílem je zkrátit nohu jak v podélném, tak v příčném směru bez zapojení prstů. Tento prvek by měl jedinec zvládnout před samotným cvičením ve vertikále (Janda

& Vávrová, 1992). Stejně tak je vhodné, aby před cvičení terapeut provedl měkké a mobilizační techniky, protažení zkrácených svalů, stimulace plosek nohou, nebo jejich jemná masáž (Pavlů, 2003). Metodika SMS využívá řadu pomůcek. Základ tvoří: válcové a kulové úseče, točna, minitrampolína, balanční sandály, balanční míče.

Samotné cvičení se řídí podle určitých zásad. Při korekci stoje postupuje se od distálních segmentů k proximálním, takže nejdříve pracujeme s chodidlem, pak kolenními klouby, pánví, a až poté s rameny a hlavou. Dbáme na to, aby cvičenec byl bosý, čímž snižujeme riziko pádu a zároveň dochází ke zvýšení aferentního toku informací z plosky. Bolest či únava jsou důvody k ukončení tréninku. Při provádění SMS začínáme od cvičení na stabilní podložce. Až po zvládnutí jednodušších úkonů přecházíme se stejnými cviky na balanční pomůcky. Dále můžeme obtížnost navyšovat např. stojem jen na jedné dolní končetině, zapojením aktivity horních končetin (např. házení míčků), podřepy, případně terapeut může pacienta jemně postrkovat v oblasti pánve a ramen. Cviky mohou být statické (přenášení hmotnosti ve stoji) a dynamické (přední a zadní půlkrok, výpady, výskoky, chůze po úsečích) (Janda & Vávrová, 1992; Pavlů, 2003).

2.5.3 Tchaj-t'í čchüan – Tai-či

Tchaj-t'í čchüan (TCC; počestěno a zjednodušeno Tai-či) je cvičení pocházející z Číny, které je praktikováno po mnoho staletí a je nedílnou součástí tradiční čínské medicíny. Skládá se z řady pohybů (tzv. pozic), které se provádějí velmi pomalu a plynulým způsobem. Tai-či funguje na třech základních principech. V první řadě je to napřímení a uvolnění těla. Za druhé by mělo docházet k uklidnění mysli a třetím základním principem je kvalitní koordinace jednotlivých segmentů těla. Dále je kladen důraz na relaxaci a kontrolu hmotnosti těla, respektive kontrolu těžiště těla (Zeeuwe et al., 2006). Dle Okuyan a Bılgılı (2017) je TCC vhodné pro seniory díky nízké rychlosti cvičení a absenci nárazů a též pozitivnímu působení na psychiku, díky propojení tělesného cvičení s mentální činností a soustředěním.



Obrázek 6. Ukázka cviků Tai-či (Okuyan a Bílgíli, 2017; 235).

V literatuře lze nalézt mnoho studií, které hovoří o pozitivním efektu TCC. Například dle Li, Hoang a Chan (2001), kteří provedli přehled kontrolovaných randomizovaných studií, je TCC cvičení mírné intenzity, které je přínosné pro kardiorespirační funkce, imunit, flexibilitu a kontrolu rovnováhy. Dále zvyšuje svalovou sílu a snižuje riziko pádu u starších osob. Nedílnou součástí pozitivního účinku na jedince cvičící TCC je zlepšení duševní kontroly a zdraví.

Výsledky systematického přehledu, který se zabýval vlivem Tai-či na snížení rizika pádů a strach z pádů naznačují, že toto cvičení je účinná intervencí v prevenci pádů u seniorské populace (Hu et al., 2016). Podobné výsledky přináší i meta-analýza, kterou zpracovali Logghe et al. (2010). Studie potvrzuje, že Tai-či (bez ohledu na styl a trvání cvičení) je účinné při snižování výskytu pádů u seniorů, ačkoliv se mezi zkoumanými studii objevují i takové, které signifikantní zlepšení nezaznamenaly.

2.5.4 Jóga

Jóga (ze sanskrtu yuga: protahování, napínání) je indické filozofické učení, které se zakládá na specifických tělesných i duševních cvičení. Nejdůležitějším účinkem jógy je relaxace, kdy dochází k zpomalení dýchání a srdeční činnosti a tepové frekvence, krevního tlaku. Existuje mnoho různých forem. Meditativní se zaměřují na duševní koncentraci, zatímco jiné (ve fyzioterapii nejčastěji využívané) se soustředí na fyzické cviky a pozice (Irnich, 2013). Hamrick, Mross, Christopher a Smith (2017) ve své studii uvádějí, že jóga je vhodné cvičení pro seniory jako prevence pádů a ke zlepšení

rovnováhy. Pro výzkumnou skupinu seniorů bylo vybráno cvičení poloh (ásán) v sedě a ve stoje za cílem zlepšit stabilitu a posílit svalstvo dolních končetin a hlubokého stabilizačního systému. Dle systematického přehledu bylo v 11 z 15 studií nalezen pozitivní efekt na rovnováhu díky cvičení jógy (Jeter, Nkodo, Moonaz, & Dagnelie, 2015). Meta-analýzou, kterou uvedli Youkhana, Dean, Wolff, Sherrington a Tiedemann (2016) bylo zjištěno, že šest studií s relativně vysokou metodologickou kvalitou a celkovým počtem 307 testovaných jedinců, celkem 307 účastníků, potvrzuje pozitivní vliv na balanční schopnosti a fyzickou mobilitu u osob ve věku 60 let a více. Pro zlepšení rovnováhy by intervenční program, který zahrnuje jógu, měl trvat alespoň 4 týdny, zejména v případě obézních jedinců.

2.5.5 Balanční trénink

Dle Uhlíře (2008) je balanční cvičení důležité pro prevenci pádů a udržení soběstačnosti. Dle Bizovské et al. (2017) se v terapii balančních poruch využívají postupy, které cílí na posturální stabilitu (změny velikosti a charakteru opěrné báze, změny senzomotorické aferentace nebo změny postavení hlavy) a na reaktivní stabilitu (neočekávané postrky provedené terapeutem, změny rychlosti při chůzi na chodeckém trenážeru apod.)

V české literatuře se často setkáváme se senzomotorickou stimulací jako s ekvivalentem balančního tréninku, neboť tato metodika využívá cvičení s balančními pomůckami (Uhlíř, 2008). Dle Haladové (1997) obsahuje SMS soustavu balančních cviků, které se provádějí v různých posturálních polohách. Cvičení spočívá ve vychylování z rovnovážného postavení pomocí nestabilních plošin nebo uvedením do balančně náročné pozice, zatímco se zvýrazňuje aferentní tok informací, aktivují se proprioreceptory a příslušná nervová centra. Podobně Veverková a Vávrová (2009) uvádějí, že SMS lze využít jako prevenci pádů u seniorů a k ovlivnění poruch rovnováhy, přičemž hlavní náplní této metodiky jsou balanční cvičení.

Hagovská a Olekszyová (2016) uvádějí několik možností ucelených balančních programů, ve kterých lze mimo jiné balanční cvičení kombinovat s kognitivními úkoly. **Specifický progresivní balanční trénink** se sestává z pěti úrovní obtížnosti cvičení, přičemž jedna jednotka trvá 45 minut. Trénink je zahájen krátkým zahřívacím cvičením, po kterém následují první dvě úrovně náročnosti, a to nácvik statické posturální kontroly

bez pomůcek a poté s balančními pomůckami. Další fází je nácvik dynamické posturální kontroly. Nejvyšší úroveň zahrnuje kombinaci motorických a kognitivních cvičení (např. chůze za současného čtení novin, počítání, přenášení šálku s vodou). Program je ukončen krátkým protahovacím a dechovým cvičením. Doporučuje se cvičit třikrát týdně v malých skupinkách do počtu 6 osob pod vedením fyzioterapeuta.

Otago balanční trénink je dle autorů určen především jako prevence pádů pro seniory bez kognitivního deficitu. Jeho základ tvoří balanční trénink ve stoji a při chůzi, posilování. Doporučovaná frekvence cvičení je dvakrát týdně po dobu alespoň 30 minut. V rámci posilování se provádí odporová cvičení pro flexory a extenzory kolenního kloubu a pro abduktory kyčelního kloubu se závažím o hmotnosti 1 kg. Bez závaží se cvičí dorzální a plantární flexory hlezenního kloubu. Balanční trénink obsahuje celkem 12 prvků. Například je to chůze po špičkách, po patách, do stran, dozadu, s otáčením, tandemová chůze a chůze po schodech. Ve stoje se cvičí pohyb směrem do flexe kolenních kloubů, tandemový stoj a stoj na jedné noze.

Balanční trénink s jednoduchými a dvojitými úlohami (dual task) obsahuje jak balanční cvičení ve stoji a chůzi, tak během provádění kognitivního úkolu. Cvičení ve stoji zahrnuje tandemový postoj s otevřenýma a zavřenýma očima, stoj na jedné noze, stoj v předklonu a v záklonu. Balanční cvičení při chůzi obsahuje změny směru a zužování oporné báze, obcházení překážek, chůzi se současným házením míče a rotací trupu. Nejvyšší možnou úrovní tohoto programu je trénink s dvojitými úlohami, kdy je jedinec zaměstnáván vykonáváním kognitivních úloh, zatímco je v posturálně ztížené pozici. Využívá se zde např. hláskování slov, vyjmenovávání a zapamatovávání slov, odčítání čísel nebo úlohy s vizuální představivostí – popis cesty či místa (Hagovská & Olekszyová, 2016).

Moderní formou balančního cvičení je slackline. Jedná se o outdoorovou aktivitu, která se vyvinula v 80. letech 20. století v Kalifornii, kde se začala používat jako trénink balančních schopností pro horolezce. Využívají se elastické pásy (nazývaných „lajny“), které jsou ukotveny mezi dva pevné body (velmi často stromy) a po kterých se cvičenec snaží přejít, případně na nich udržet stabilní stoj. Pásy mají různou šířku i délku, což umožňuje nastavení náročnosti tréninku. Pohyb po velmi malé a v prostoru nefixované ploše nutí jedince reagovat na výchylky celým tělem, což klade vysoké

nároky na řízení pohybu a svalovou souhru. Tím se stává slackline vhodnou doplňkovou metodou posturálního tréninku (Teplá, Janura, Svoboda, & Zemková, 2016). Dle Donath, Roth, Zahner a Faude (2015) lze slackline zařadit do balančního tréninku pro seniory.

Hirase, Inokuchi, Matsusaka a Okita (2015) uvádí, že cvičební programy, které jsou zaměřené na zlepšení rovnováhy a síly u starších osob v lze provádět pomocí pěnových nebo gumových podložek. Balanční program využívající těchto pomůcek zlepšil rovnováhu u seniorů žijících v komunitní péči, přičemž k posouzení efektu cvičení bylo použito porovnání funkčních testů před a po intervenci u výzkumné a kontrolní skupiny.

Jako prostředek balančního tréninku lze využít různých variací chůze. Wnuk, Walusiak, Durmata, Kadyjewska a Žak (2010) uvedli výzkum, kde experimentální skupina čítající 15 osob starších 60 let podstoupila intervenční program, jehož významnou část tvořila chůze vzad na chůzovém trenažeru. Dle autorů chůze vzad významně zlepšuje balanční schopnosti a fyzickou zdatnost a mohla by tak přispívat ve snížení rizika pádů u seniorů. Toto zlepšení u výzkumné skupiny bylo statisticky významné v porovnávání s kontrolní skupinou, která podstoupila trénink obsahující klasickou chůzi vpřed na pohyblivém chodníku.

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv balančního tréninku na stabilitu chůze u seniorů.

3.2 Dílčí cíle

Dílčími cíli pro tuto diplomovou práci jsou:

- Zhodnotit vliv balančního tréninku bezprostředně po ukončení osmitýdenního intervenčního programu.
- Zhodnotit vliv balančního tréninku po uplynutí osmi týdnů od ukončení intervenčního programu.

3.3 Hypotézy

Stanovené hypotézy se týkají vlivu balančního tréninku na hodnoty krátkodobých Lyapunových exponentů pro medio-laterální, vertikální a antero-posteriorní směr zrychlení.

H₀₁: Hodnoty LE v oblasti obratle L5 u experimentální skupiny se před a po absolvování balančního tréninku statisticky významně neliší od hodnot LE v oblasti obratle L5 u kontrolní skupiny.

H₀₂: Hodnoty LE v oblasti sternu se u experimentální skupiny před a po absolvování balančního tréninku statisticky významně neliší od hodnot LE v oblasti sternu u kontrolní skupiny.

H₀₃: Hodnoty LE v oblasti obratle L5 se u experimentální skupiny před začátkem balančního tréninku a po ukončení balančního tréninku statisticky významně neliší.

H₀₄: Hodnoty LE v oblasti sternu se u experimentální skupiny před začátkem balančního tréninku a po ukončení balančního tréninku statisticky významně neliší.

4 METODIKA VÝZKUMU

Diplomová práce má design randomizované kontrolované studie. Zabývá se zhodnocením vlivu balančního cvičení na stabilitu stoje u osob starších 60 let, u který je známa historie pádů v období jednoho roku před začátkem studie. Mezi probandy jsou jak ti, kteří během sledovaného roku zaznamenali pád, tak i ti, kteří neupadli. Participanti byli rozděleni na výzkumnou a kontrolní skupinu v poměru 1:1. Experimentální skupina podstoupila cvičební program v délce trvání 8 týdnů, který se zaměřoval na zlepšení balance. Účastníci podstoupili trojí testování: vstupní, výstupní (po dokončení intervenčního programu– 8 týdnů od vstupního testování) a tzv. follow-up (po 16 týdnech od vstupního testování). Výzkum probíhal od září 2016 do ledna 2017.

Před začátkem studie účastníci podepsali písemný informovaný souhlas (Příloha 1). Etická komise Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého tuto studii schválila (Příloha 2). Intervenční program i sběr dat probíhal na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Výzkum byl součástí studie „Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů“, který by registrován do databáze klinických studií ClinicalTrials.gov. Protokol o registraci je uveden v příloze 3.

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Do studie bylo zařazeno 56 seniorů ve věku 60 let a starší. Probandi byli rekrutováni z klubů pro seniory v Olomouci a Univerzity třetího věku při Univerzitě Palackého v Olomouci. Zároveň se jednalo o účastníky předchozího institucionálního programu „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“, kteří úspěšně dokončili jednoroční pozorování pádů. U participantů této studie byl po dobu jednoho roku sledován výskyt pádů. Jestliže k některé z uvedených situací došlo, účastníci si dle instruktáže do připraveného záznamového archu zapisovali údaje a podrobnosti ohledně incidentu (např. popis činnosti předcházející pádu, příčiny a důsledky pádu). Dále se pravidelně v intervalu 14 dní se prováděla telefonická kontrola, během které měli probandi hlásit pády a projednat případné podrobnosti.

Kritéria pro zařazení do studie:

- Věk 60 let a více
- Schopnost samostatného stoje a chůze bez pomůcek
- Předchozí účast na institucionálního programu „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“ s úspěšným dokončením celoročního pozorování pádů

Kritéria pro vyřazení z účasti na studii

- Neuromuskulární nebo ortopedická porucha, která výrazně omezuje mobilitu nebo rovnováhu
- Jakýkoliv chirurgický zákrok, nebo poškození muskuloskeletálního systému méně než 2 roky před zahájením studie
- Jakékoliv akutní onemocnění
- Obezita III. stupně (podle definice WHO) – index tělesné hmotnosti BMI $\geq 40 \text{ kg.m}^{-2}$

4.1.1 Randomizace

Probandi byli rozděleni na dvě skupiny – experimentální a kontrolní. Zařazování do skupin probíhalo pomocí rozdělení do podskupin, ze kterých byla randomizace provedena v poměru 1:1, dle následujících parametrů:

- Věk – první podskupina probandů ve věku do 70 let včetně; druhá ve věku nad 70 let.
- BMI – první podskupina – normální BMI ($18,5\text{-}24,9 \text{ kg.m}^{-2}$) a nadváha ($25,0\text{-}29,9 \text{ kg.m}^{-2}$); druhá podskupina – obezita ($30\text{-}40 \text{ kg.m}^{-2}$).
- Počet zaznamenaných pádů za posledních 12 měsíců (dle výsledků ročního sledování) První podskupina – bez pádu; druhá s jedním nebo více pády.

Dále byla v úvahu brána sociální interakce mezi probandy. Byl zohledněn i psychologický dopad tréninku a plnění úkolů. Do kritérií určujících rozdělení do skupin tedy zasáhly rodinné a jiné sociální vazby. Maximálně však byly společně vybrány bloky 2-3 osob.

4.2 Intervenční program

Výzkumná skupina podstoupila osmitýdenní cvičební program, který se zaměřoval na rozvoj balančních schopností a síly. Lekce byly koncipovány pro menší skupinky (v počtu 3-5 probandů), probíhaly dvakrát týdně (celkově 16 sezení) a byly vedeny fyzioterapeutem. Samotný program byl sestaven z několika částí – zahřívací úvodní část (10 minut), protahování (5 minut), vlastní balanční tréninku (30 minut) a závěrečné protažení a relaxace (15 minut) (Tabulka 1). Stupeň obtížnosti se v závislosti na schopnostech seniorů postupně zvyšoval tak, aby byli všichni jedinci schopni dokončit danou lekci. Progrese cvičení obsahovala např. cvičení na balančních podložkách, nebo se zavřenýma očima, případně přidání kognitivního úkolu. Balanční trénink ve skupinkách s fyzioterapeutem byl kombinován s dvacetiminutovým domácím cvičením podle brožury s detailním popisem veškerých cviků.

Balanční trénink byl zaměřen na pět základních oblastí – dechová, protahovací, posilovací a rovnovážná cvičení a vytrvalostní trénink. Každá z částí byla nejprve natrénována pod dohledem fyzioterapeuta a dále probandí cvičili doma ve dny, kdy cvičení ve skupinkách neprobíhalo. Do připraveného záznamového archu senioři zapisovali, zda daný den cvičili, či nikoliv.

Tabulka 1. Tréninkový program vedený fyzioterapeutem

Fáze rozehrátí	Chůze na místě s náslapem na špičky, zvedání kolen, kroužení v bocích a rameny, švihové pohyby horními a dolními končetinami, úklony trupu, protahování oblasti krku, dechová cvičení.
Trénink ve stoji	Korigovaný stoj (chodidla rovnoběžně a špičky směrem vpřed, rozkročení na šířku kyčlí, pánev, trup a ramena rovněž směřují dopředu, kolena lehce v semiflexi a kyčelní klouby mírně zevně rotovány (obojí cca 15-20°). Korigovaný stoj na jedné dolní končetině. Tandemový stoj. Každý typ stoje se vykonává postupně v různých úrovních obtížnosti: - se zrakovou kontrolou (30 s) - s vyloučením zrakové kontroly (30 s) - s natahováním trupu vpřed a do stran - na pěnové podložce (30 s)

	- na labilní podložce (30 s) - se zaměřením zraku na jeden cíl v místnosti - s dalším úkolem (počítání, házení a chytání míče, držení předmětu, vyjmenovávání zvířat nebo měst začínající na určité písmeno).
Trénink chůze a přesunů	Normální chůze, tandemová chůze, chůze po špičkách a patách – bez dalšího přidaného úkolu. Normální chůze, chůze po špičkách a patách, tandemová chůze – s přidáním dalšího úkolu (počítání, házení a chytání míče, držení předmětu, vyjmenovávání zvířat nebo měst začínající na určité písmeno). Rychlá chůze, chůze přes překážky, chůze se změnami rychlosti a směru Vstávání ze židle, posazování na zem a zpětné postavení, zvedání předmětů ze země.
Silová cvičení	Horní končetiny (HKK): flexe v loketním kloubu, extenze v loketním kloubu, posilování prsního svalstva – přitahování k hrudníku (všechny cviky 2 x 8 opakování). Dolní končetiny (DKK): zvedání špiček a pat ve stoje, dřep s oporou a bez opory o ruce, výstupy na bedničku, boční výstupy na bedničku, pochodování na pěnové podložce (všechny cviky 2 x 8 opakování). Trénink hlubokého stabilizačního systému: sed na overballu s oporou o obě DKK nebo jen jednu dolní končetinu (1 minuta), stoj na jedné noze na podlaze, druhá noha opřená na overballu (30 s).
Relaxace a závěrečná protahovací cvičení	Relaxace s dechovým cvičením (dýchání přes sešpulené rty, brániční dýchání, kontrolní dýchání), protahování šíjového a zádového svalstva, svalů na paži a svalů na DKK – ischiokrurálních, adduktorů, lýtkových.

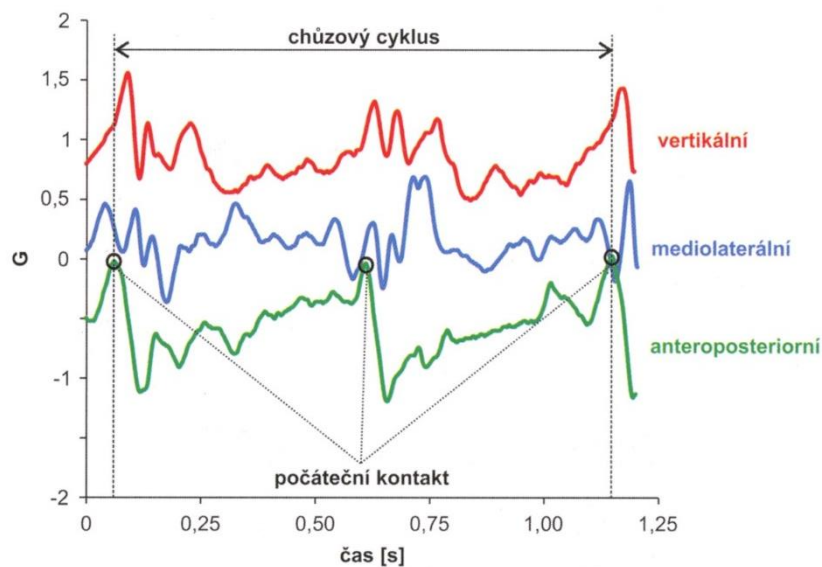
4.3 Měření a zpracování naměřených dat

Celkově proběhlo trojí testování: vstupní, výstupní (po dokončení intervenčního programu – 8 týdnů od vstupního testování) a tzv. follow-up (po 16 týdnech od vstupního testování). Všechna měření se uskutečnila na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

V rámci vstupního vyšetření probandi vyplnili dotazník Falls Efficacy Scale – International (FES-I), jehož 16 otázek je zaměřeno na obavy z pádu při běžných denních činnostech. Dále účastníci podstoupili hodnocení rovnováhy pomocí Berg Balance Scale. Tato vyšetření byla součástí nadřazené studie „Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů“ a přímo hodnoceny v této diplomové práci nejsou. Jsou pouze zmíněna v diskusi.

Chůze byla testována na rovném ohraničeném úseku v budově Fakulty tělesné kultury. Probandi měli za úkol stanovenou vzdálenost kolem 20 metrů projít celkově čtrnáctkrát. U prvních sedmi pokusů byli probandi požádáni, aby úsek prošli jím vlastní, preferovanou rychlostí. Účastníci byli též poučeni, aby měli pohodlné obutí, jejich chůze byla přirozená včetně uvolněného souhybu paží. U dalších sedmi pokusů byli vyzváni, aby jejich chůze byla rychlá (v obojím případě šlo o rychlost, jakou zvolili jednotliví probandi sami – bez zevního udávání tempa).

Stabilita chůze byla posuzována pomocí záznamu z troj-dimenzionálního (3D) akcelerometru (Trigno wireless system, Delsys Inc., Natick, MA, USA, snímkovací frekvence 296 Hz), který je zobrazen na obrázku 6. Jeden z akcelerometrů byl umístěn do oblasti dolní části zad na úroveň obratle L5 a druhý se nacházel na sternu. Oba zaznamenávaly zrychlení v medio-laterální, antero-posteriorním a vertikálním směru. Záznam zrychlení bylo nutné ořezat, aby bylo možné analyzovat středních 10 krokových cyklů. Dále ze signálu akcelerometrů bylo nutné identifikovat úder paty, což bylo provedeno dle postupu Zijlstra a Hof (2003) ze záznamu z antero-posteriorního zrychlení ze spodní části trupu na úrovni obratle L5 a sternu. Jako ukazatel stability chůze byly vypočteny krátkodobé Lyapunovy exponenty.



Obrázek 7. Měření zrychlení v průběhu chůzového cyklu a určení počátečního kontaktu (Neumannová et al., 2015; 37).

4.4 Statistické zhodnocení dat

Statistická analýza byla provedena v programu Statistica (verze 12.0, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Normalita rozložení dat byla ověřena testem Kolmogorov Smirnov. Pro porovnání skupin a testování byla použita analýza rozptylu opakovaných měření s dvěma faktory, a to skupina (experimentální/kontrolní) a rychlost chůze (preferovaná/rychlá). Následně pro posouzení efektu intervence byl použit Bonferroniho post-hoc test. Všechny testy byly počítány na hladině statistické významnosti 0,05.

5 VÝSLEDKY

Z hlediska výzkumné skupiny byli do statistického zhodnocení zařazeni jen probandi, kteří úspěšně absolvovali balanční trénink (docházka alespoň 80 %) a zároveň splnili minimálně 80 % domácího cvičebního programu. Dále bylo zařazení do statistického zhodnocení podmíněno účastí jednotlivých probandů na všech třech měření.

Uvedené podmínky splnilo celkem 34 osob. V experimentální skupině je jednalo o 16 osob. Průměr údajů pro tuto skupinu byly: věk $72,1 \pm 5,5$ let, průměrná výška $163,8 \pm 6,3$ cm, hmotnost $77,2 \pm 13,7$ kg a BMI $28,6 \pm 3,9$ kg/m².

Kontrolní skupina čítala 18 osob. Průměr údajů pro kontrolní skupinu byl: věk $68,7 \pm 6,2$ let, výška $164,0 \pm 9,7$ cm, hmotnost $70,1 \pm 12,7$ kg a BMI $25,8 \pm 3,2$ kg/m².

5.1 Posouzení hypotézy H₀₁

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při posuzování hypotézy H₀₁, která se týká porovnání Lyapunových exponentů u experimentální a kontrolní skupiny a porovnání hodnot při vstupním, výstupním a následným (follow up) měření. Jedná se o LE z oblasti obratle L5 pro vertikální, medio-laterální a antero-posteriorní směr, přičemž posuzujeme jak normální rychlost chůze, tak rychlou chůzi

Hypotéza H₀₁: Hodnoty LE v oblasti obratle L5 u experimentální skupiny se před a po absolvování balančního tréninku statisticky významně neliší od hodnot LE v oblasti obratle L5 u kontrolní skupiny.

V následujících tabulkách (tabulka 2-4) jsou zobrazeny hodnoty Lyapunových exponentů pro oblast obratle L5 při prvním (vstupním), druhém (výstupním) a třetím (follow-up) měření u experimentální a kontrolní skupiny. Dále je uvedena hodnota statistické významnosti (p).

Tabulka 2. Oblast obratle L5 – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro vertikální směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,563	0,096	0,566	0,093	1
výstupní	normální	0,591	0,132	0,623	0,163	1
follow-up	normální	0,650	0,579	0,579	0,088	1
vstupní	rychlá	0,672	0,148	0,758	0,145	1
výstupní	rychlá	0,701	0,115	0,732	0,144	1
follow-up	rychlá	0,728	0,134	0,682	0,144	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

Porovnáváním Lyapunových exponentů před a po absolvování balančního tréninku u kontrolní a experimentální skupiny (pro vertikální směr zrychlení) nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Tabulka 3. Oblast obratle L5 – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro medio-laterální směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,667	0,148	0,737	0,145	1
výstupní	normální	0,601	0,146	0,626	0,105	1
follow-up	normální	0,666	0,140	0,670	0,161	1
vstupní	rychlá	0,806	0,198	0,901	0,245	1
výstupní	rychlá	0,730	0,138	0,740	0,171	1
follow-up	rychlá	0,773	0,137	0,772	0,200	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

Výsledky uvedené v tabulce 2 nám ukazují, že statistický rozdíl při porovnávání experimentální a kontrolní skupiny jsme nezaznamenali ani u medio-laterálního směru zrychlení.

Tabulka 4. Oblast obratle L5 – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro antero-posteriorní směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,669	0,130	0,751	0,160	1
výstupní	normální	0,667	0,168	0,735	0,161	1
follow-up	normální	0,707	0,161	0,649	0,127	1
vstupní	rychlá	0,854	0,256	0,994	0,197	1
výstupní	rychlá	0,810	0,209	0,853	0,209	1
follow-up	rychlá	0,845	0,216	0,764	0,164	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

Rovněž u naměřených dat pro antero-posteriorní směr zrychlení (tabulka 4) jsme nezaznamenaly žádný statisticky významný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou.

Na základě výše uvedené analýzy dat **hypotézu H₀₁ potvrzujeme**, protože nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ani pro jeden z uvedených parametrů.

5.2 Posouzení hypotézy H₀₂

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při posuzování hypotézy H₀₂, která se týká porovnání Lyapunových exponentů u experimentální a kontrolní skupiny a porovnání hodnot při vstupním, výstupním a následným (follow up) měření. Zde se jedná o LE z oblasti sterna pro vertikální, medio-laterální a antero-posteriorní směr zrychlení. Posuzujeme jak normální rychlost chůze, tak rychlou chůzi.

Hypotéza H₀₂: Hodnoty LE v oblasti sterna u experimentální skupiny se před a po absolvování balančního tréninku statisticky významně neliší od hodnot LE v oblasti sterna u kontrolní skupiny.

Tabulka 5. Oblast sterna – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro vertikální směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,453	0,078	0,485	0,074	1
výstupní	normální	0,458	0,080	0,471	0,118	1
follow-up	normální	0,463	0,079	0,482	0,102	1
vstupní	rychlá	0,543	0,087	0,651	0,131	1
výstupní	rychlá	0,550	0,098	0,601	0,142	1
follow-up	rychlá	0,557	0,082	0,563	0,099	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty průměru Lyapunových exponentů a jejich směrodatné odchylky pro experimentální a kontrolní skupinu. Avšak u uvedených dat nebyl prokázán žádný statistický rozdíl.

Tabulka 6. Oblast sterna – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro medio-laterální směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,467	0,126	0,487	0,100	1
výstupní	normální	0,444	0,111	0,429	0,094	1
follow-up	normální	0,483	0,116	0,453	0,149	1
vstupní	rychlá	0,481	0,128	0,472	0,106	1
výstupní	rychlá	0,457	0,108	0,444	0,117	1
follow-up	rychlá	0,513	0,131	0,477	0,108	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

Výsledky uvedené v tabulce 6 ukazují, že při porovnávání experimentální a kontrolní skupiny jsme nezaznamenali statistický rozdíl ani u medio-laterálního směru zrychlení měřeného v oblasti sterna.

Tabulka 7. Oblast sterna – výsledky srovnání experimentální a kontrolní skupiny pro antero-posteriorní směr zrychlení

Testování	Rychlost	Experimentální (n = 18)		Kontrolní (n = 16)		Hodnota p
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	
vstupní	normální	0,625	0,109	0,649	0,082	1
výstupní	normální	0,672	0,132	0,653	0,122	1
follow-up	normální	0,662	0,134	0,642	0,100	1
vstupní	rychlá	0,709	0,143	0,779	0,122	1
výstupní	rychlá	0,713	0,168	0,733	0,177	1
follow-up	rychlá	0,705	0,144	0,690	0,126	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů

Jak je vidět v tabulce 7, statisticky významný rozdíl nebyl prokázán, stejně jako u předchozích, ani antero-posteriorního směru zrychlení měřeného v oblasti sterna.

Na základě uvedených zjištění, že ani u jedno ze sledovaných parametrů pro hypotézu H_02 nebyl nalezen statisticky významný rozdíl, **potvrzujeme hypotézu H_02 .**

5.3 Posouzení hypotézy H_03

Hypotéza H_03 : Hodnoty LE v oblasti obratle L5 se u experimentální skupiny před začátkem balančního tréninku a po ukončení balančního tréninku statisticky významně neliší.

V následující kapitole jsou zobrazeny výsledky nutné pro posouzení hypotézy H_03 . Jedná se zejména o průměr Lyapunových exponent, jejich směrodatnou odchylku a hodnotu statistické významnosti p pro experimentální skupinu. Pro úplnost jsou uvedena i data kontrolní skupiny, abychom mohli posoudit efekt balančního tréninku, respektive jaký vliv měla jeho nepřítomnost v případě kontrolní skupiny.

Tabulka 8. Výsledky analýzy LE z oblasti L5 pro vertikální směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentální skupina (n = 18)	normální	0,563	0,096	0,591	0,132	0,650	0,142	1	0,820	1
	rychlá	0,672	0,148	0,701	0,115	0,728	0,134	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,566	0,093	0,623	0,163	0,579	0,088	1	1	1
	rychlá	0,758	0,145	0,732	0,144	0,682	0,144	1	1	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

V tabulce 8 jsou zobrazena data vertikální směr zrychlení měřené v oblasti obratle L5. U experimentální skupiny tedy nedošlo ke zlepšení lokální dynamické stability po ukončení intervenčního programu a ani po uplynutí dalších osmi týdnů. Spíše by tato data naopak podle vyšších hodnot LE naznačovala na zhoršení stability chůze. Avšak tato změna je minimální a nedosahuje statistické významnosti. U kontrolní skupiny v průběhu výzkumu nedošlo prakticky k žádné změně u hodnot LE pro vertikální směr zrychlení.

Tabulka 9. Výsledky analýzy LE pro medio-laterální směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentální skupina (n = 18)	normální	0,667	0,148	0,601	0,146	0,666	0,140	1	1	1
	rychlá	0,806	0,198	0,730	0,138	0,773	0,137	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,737	0,145	0,626	0,105	0,670	0,161	1	1	1
	rychlá	0,901	0,245	0,740	0,171	0,772	0,200	0,328	1	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

Posouzení efektu balančního tréninku se věnuje i tabulka 9, která ukazuje, že u experimentální skupiny nedošlo k žádné statisticky významné změně v hodnotách LE pro medio-laterální směr zrychlení. Naopak u kontrolní skupiny, která balanční trénink neabsolvovala, lze pozorovat jisté mírné snížení průměrných hodnot LE při výstupním měření, které ovšem nedosahují statistické významnosti.

Tabulka 10. Výsledky analýzy LE antero-posteriorní směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentální skupina (n = 18)	normální	0,669	0,130	0,667	0,168	0,707	0,161	1	1	1
	rychlá	0,854	0,256	0,810	0,209	0,845	0,216	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,751	0,160	0,735	0,161	0,649	0,127	1	1	1
	rychlá	0,994	0,197	0,853	0,209	0,764	0,164	0,174	0,001	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

Porovnání průměrných hodnot LE u antero-posteriorního směru zrychlení ukazuje tabulka 10. U experimentální skupiny nedošlo k žádné změně, ale u kontrolní skupiny jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl mezi hodnotami LE vstupního a follow up měření u rychlé chůze. Jedná se o změnu u rychlé chůze, což by poukazovalo na zlepšení lokální dynamické stability u kontrolní skupiny, aniž by probandi této skupiny absolvovali intervenční program.

Vzhledem k výše uvedeným výsledkům statistické analýzy **hypotézu H₀₃ potvrzujeme**, protože nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl u experimentální skupiny před začátkem a po skončení balančního tréninku.

5.4 Posouzení hypotézy H₀₄

Hypotéza H₀₄: Hodnoty LE v oblasti sternu se u experimentální skupiny před začátkem balančního tréninku a po ukončení balančního tréninku statisticky významně neliší.

Podobně jako v kapitole 5.3 jsou v následující kapitole jsou zobrazeny průměrné hodnoty Lyapunových exponent, jejich směrodatné odchylky a hodnoty statistické významnosti p , které hodnotí efekt balančního tréninku u experimentální skupiny. Data se vztahují ke zrychlení měřenému v oblasti sternu a jsou určeny pro ověření hypotézy H_04 . Pro úplnost jsou uvedena i data kontrolní skupiny, abychom mohli posoudit efekt balančního tréninku, respektive jaký vliv měla jeho nepřítomnost v případě kontrolní skupiny.

Tabulka 11. Výsledky analýzy LE vertikální směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Průměr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentální skupina (n = 18)	normální	0,453	0,078	0,458	0,080	0,463	0,079	1	1	1
	rychlá	0,543	0,087	0,550	0,098	0,557	0,082	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,485	0,074	0,471	0,118	0,482	0,102	1	1	1
	rychlá	0,651	0,131	0,601	0,142	0,563	0,099	0,875	0,013	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

V tabulce 11 je uvedeno porovnání průměrných hodnot LE u vertikálního směru zrychlení, přičemž u experimentální skupiny nedošlo k žádné významné změně. U kontrolní skupiny byl ale mezi průměrnými hodnotami LE vstupního a follow up měření u rychlé chůze zaznamenán statisticky významný rozdíl. Tato změna by (podobně jako u tabulky 10) poukazovala na zlepšení lokální dynamické stability rychlé chůze u kontrolní skupiny, aniž by se probandi této skupiny účastnili balančního tréninku.

Tabulka 12. Výsledky analýzy LE medio-laterální směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Prům ěr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentá lní skupina (n = 18)	normální	0,467	0,126	0,444	0,111	0,483	0,116	1	1	1
	rychlá	0,481	0,128	0,457	0,108	0,513	0,131	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,487	0,100	0,429	0,094	0,453	0,149	1	1	1
	rychlá	0,472	0,106	0,444	0,117	0,477	0,108	1	1	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

U Lyapunových exponent pro medio-laterální směr zrychlení v oblasti sterna (tabulka 12) nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl mezi vstupním a výstupním měřeními ani mezi vstupním a follow up měřeními. To platí jak pro experimentální, tak i pro kontrolní skupinu.

Tabulka 13. Výsledky analýzy LE antero-posteriorní směr zrychlení

	Rychlost	Vstupní (1)		Výstupní (2)		Follow up (3)		p 1 vs. 2	p 1 vs. 3	p 2 vs. 3
		Průměr LE	SD	Prům ěr LE	SD	Průměr LE	SD			
Experimentá lní skupina (n = 18)	normální	0,625	0,109	0,672	0,132	0,662	0,134	1	1	1
	rychlá	0,709	0,143	0,713	0,168	0,705	0,144	1	1	1
Kontrolní skupina (n = 16)	normální	0,649	0,082	0,653	0,122	0,642	0,100	1	1	1
	rychlá	0,779	0,122	0,733	0,177	0,690	0,126	0,435	0,121	1

Legenda: Průměr LE – průměr Lyapunových exponent, SD – směrodatná odchylka, n – počet probandů, p 1 vs. 2 – hodnota p pro porovnání vstupního a výstupního měření, p 1 vs. 3- hodnota p pro porovnání vstupního a follow up měření, p 2 vs. 3 – hodnota p pro porovnání výstupního a výstupního měření

Tabulka 13 zobrazuje výsledky statistického zhodnocení průměrných hodnot Lyapunových exponent pro antero-posteriorní směr zrychlení měřený v oblasti sterna.

Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen v žádném z uvedených porovnávaných dat. U kontrolní skupiny můžeme pozorovat mírné snížení průměrných hodnot Lyapunových exponentů u výstupního a follow up měření u rychlé chůze, avšak tyto změny nedosáhly statistické významnosti.

Na základě uvedených výsledků **potvrzujeme hypotézu H₀₄**, protože nebyl u experimentální skupiny nalezen statisticky významný rozdíl před začátkem a po skončení balančního tréninku.

6 DISKUZE

Problematika stáří a stárnutí populace je v současné době velmi aktuální. Vzhledem k tomu, že předpovědi demografů naznačují nárůst celosvětové seniorské populace ze současných 7 % na 22 % do roku 2050 (Rueangsirarak, 2012). V zemích Evropské unie včetně České republiky je situace ještě naléhavější, neboť se zde do roku 2030 předpokládá nárůst podílu osob v postproduktivním věku ze současných 20 % na více než 35 % (Fiala & Langhamrová, 2010). Proces stárnutí s sebou často přináší zdravotní problémy včetně zhoršení mobility a zvýšeného rizika pádů, což významně zhoršuje kvalitu života starších lidí (Wiśniowska-Szurlej, Ćwirlej-Sozańska, Wilmowska-Pietruszyńska, Milewska, & Sozański, 2017). Co se chůze týká, bylo zjištěno, že v průběhu normálního stárnutí dochází ke snížení rychlosti, zkrácení délky kroků, zvýšení oporné fáze dvojkroku a narušení koordinace souhybu horních a dolních končetin (Mbourou, Lajoie, & Teasdale, 2003). Wiśniowska-Szurlej et al. (2017) dodávají, že fyzická aktivita je pak účinným prostředkem k udržení zdraví a soběstačnosti.

V současné literatuře je poměrně velká pozornost věnována snižování rizika pádů a s tím spojené identifikaci osob, kterým hrozí pád. U starší populace byla zjištěna vyšší míra variability chůze a snížená úroveň lokální dynamické stability, která kvantifikuje citlivost systému na extrémně malé perturbace, což je naznačeno vyššími hodnotami Lyapunových exponentů. (Rispen et al., 2015; Toebe et al., 2012). Například Ohtaki et al. (2015) uvádí studii, ve které zjistili, že senioři mají větší variabilitu chůze (posuzovanou časoprostorovými parametry), sníženou lokální dynamickou stabilitu a sníženou rychlost chůze v porovnání se zdravými dospělými jedinci. Lokální dynamická stabilita se využívá i pro ověření účinnosti programů zaměřených na prevenci pádů. Například Van Schooten et al. (2011) uvádí, že díky hodnocení lokální dynamické stability je možné rozlišovat normální chůzi a chůzi změněnou v důsledku narušení rovnováhy. V jejich studii pracovali s poruchou rovnováhy vyvolanou pomocí galvanické vestibulární stimulace.

Efektivní intervence by měla vést ke zvýšení LDS a snížení variability chůze (Hamacher, Hamacher, Rehfeld, & Schega, 2016). Poprvé stabilitu chůze u lidí pomocí lokální dynamické stability hodnotili Dingwell and Cusumano (2000). Toebe et al. (2012) pak poukázali na to, že přestože LDS i variabilita chůze jsou parametry spojené s rizikem

pádu, jsou to faktory na sobě nezávislé. To může znamenat, že různé intervence mohou tyto dva faktory ovlivnit rozdílně. Hamacher et al. (2016) potvrzují tyto závěry. Jejich studie odhalila změnu LDS u skupiny s tanečním programem, zatímco zdravotní cvičební program ovlivnil variabilitu chůze.

Tato diplomová práce se týká posouzení efektivity balančního tréninku jako prostředku ke zlepšení stability chůze u osob starších 60 let. Praktická část diplomové práce se skládala z trojího měření obou skupin probandů (experimentální a kontrolní) a aplikace intervenčního programu pro výzkumnou skupinu. Výzkumu se zúčastnilo celkem 56 osob, ale do konečného statistického zhodnocení bylo zahrnuto pouze 34 účastníků (experimentální skupina: $n = 16$, kontrolní $n = 18$), protože část z nich se nedostavila na všechna měření nebo nesplnila podmínky úspěšného dokončení cvičebního programu. Minimum pro úspěšné dokončení bylo stanoven na 80 % účasti na skupinovém cvičení a stejně tak splnění 80 % domácího tréninku.

Uvedená skutečnost, že výzkum byl úspěšně dokončen relativně menším počtem probandů, může být pokládána za jednu možných limit studie. Výsledky proto nelze generalizovat na celkovou populaci starších osob.

Dle řady autorů je balanční cvičení vhodné jako prevence pádů a jako prostředek ke zlepšení rovnováhy a stability chůze. Statistická analýza v naší studii ale neprokázala žádný statisticky významný rozdíl v porovnání Lyapunových exponentů před a po absolvování balančního tréninku u experimentální skupiny. Ani nebyl nalezen signifikantní rozdíl v porovnání experimentální a kontrolní skupiny. Studie tedy neprokázala pozitivní efekt balančního cvičení na stabilitu chůze u seniorů.

Dle systematického přehledu a meta-analýzy, kterou uvedli Lesinski, Hortobagyi, Muehlbauer, Gollhofer, & Granacher (2015), je balanční trénink efektivní prostředek ke zlepšení statické a dynamické rovnováhy. Do studie byly zařazeny pouze kontrolované randomizované studie. Dle autorů však existuje značná heterogenita mezi zkoumanými intervenčními programy a je nutné najít vhodnou intenzitu daných cvičení, aby bylo dosaženo cíleného výsledku.

Pozitivní efekt balančního tréninku potvrzují např. Thiamwong a Suwanno (2014) ve své studii, ve které skupina osob starších 60 let podstoupila tříměsíční domácí cvičební program zaměřený zejména na balanční a posilovací cvičení. Signifikantní rozdíl

v porovnání s kontrolní skupinou byl zaznamenán ve Functional reach test a v Timed Up and Go Testu. Navíc snížení strachu z pádů (posuzováno pomocí Falls Efficacy Scale – Internation (FES-I)) byl zaznamenáno i po roce po ukončení cvičebního programu. K podobným závěrům došli i Lee & Lee (2017); Zhao, Chung, & Tong (2016) nebo Gusi Adsuar, Corzo, Pozo-Cruz, Olivares, & Parraca (2012).

Existuje však velmi málo studií, které se zabývají přímo vlivem balančního tréninku na stabilitu chůze a použily k hodnocení stability chůze akcelerometry. Jednu z takových studií publikovali Ohtaki et al. (2005), kteří mimo jiné ověřovali efekt balančního tréninku právě na stabilitu chůze. Zde uvedený intervenční program probíhal v rozsahu dvou hodin jedenkrát týdně po dobu 5 měsíců. Cvičební jednotky byly zaměřeny na balanční aktivity ve stoji a v chůzi, posilovací a protahovací cvičení. U skupiny seniorů, kteří absolvovali uvedený intervenční program, došlo po jeho ukončení k signifikantnímu snížení hodnot LE. Lyapunovy exponenty byly vypočítány pro zrychlení při normální rychlosti chůze. Výsledky jsou zde prezentovány pro muže a ženy zvlášť, přičemž u žen došlo ke snížení LE ve všech sledovaných směrech zrychlení (vertikální, antero-posteriorní i medio-laterální), u mužů nedošlo k signifikantnímu snížení pouze u vertikálního směru. Ve studii ale chybí porovnání s kontrolní skupinou. Závěry vyplývající z našeho výzkumu jsou tedy v rozporu s uvedenou studií. Námi prezentované výsledky ukázaly, že v žádném z posuzovaných parametrů nedošlo k signifikantnímu snížení LE.

Za pozitivní ovšem můžeme pokládat skutečnost, že u experimentální skupiny nedošlo ke zhoršení posuzovaných parametrů. Výsledky měření se u této skupiny této skupiny téměř nemění, nebo jen velmi málo, což znamená, že jejich stabilita chůze zůstala na stejné úrovni. Dle mnohých autorů je v seniorském věku prvořadě udržovat co nevyšší možný funkční stav a je otázkou, zda by u této skupiny nedošlo ke zhoršení v případě, že by žádnou intervenci nepodstoupili. Například Uhlíř (2008) uvádí, že cvičení pro seniory by mělo vycházet ze zachovalých funkcí organismu, které je nutné udržovat a rozvíjet. Chodzko-Zajko et al. (2009) uvádí, že v rámci prevence pádů je nutné zachovat co nejvyšší míru fyzické zdatnosti a balančních schopností. Prostředkem by mělo být pravidelné fyzické cvičení. V rámci udržení zdraví a zdatnosti se doporučuje pravidelná pohybová aktivita mírné intenzity v trvání alespoň 150 minut za týden. Pokud to z různých příčin není možné naplnit (např. omezení z důvodů chronických

onemocnění), doporučuje se provádět pohybové aktivity v takovém rozsahu, jak zdravotní stav jedince dovolí.

Na druhou stranu jsme u kontrolní skupiny zaznamenali ve dvou případech signifikantní snížení hodnot Lyapunových exponentů. Jednalo se o statisticky významný rozdíl mezi vstupním a follow měřením u rychlé chůze, konkrétně u antero-posteriorního směru zrychlení (měřeno v oblasti L5) a u vertikálního směru zrychlení (měřeno v oblasti sternu). Reynard et al. (2014) uvádí, že čím vyšší jsou pozitivní hodnoty Lyapunových exponent, tím vyšší je úroveň lokální dynamické nestability. Kontrolní skupina neabsolvovala intervenční program, a přesto u ní došlo ke zlepšení hodnot vztahující se ke lokální dynamické stabilitě. Dále však Reynard et al. (2014) doplňují, že nejlepší výpovědní hodnotu o stabilitě chůze má krátkodobý Lyapunovův exponent pro medio-laterální směr zrychlení v období jednoho kroku, přičemž právě v tomto směru u kontrolní skupiny ke zlepšení nedošlo.

V dostupné literatuře jsem nenašla, že by některá z publikovaných studií dospěla k podobným závěrům, jako náš výzkum. To, že výsledky výzkumu této diplomové práce jsou v rozporu s přehledem uvedené literatury může mít různé důvody.

Jedním ze zásadních limitů studie může být výběr probandů, což byli vysoce zdatní a fit senioři. Do tohoto výzkumu byli pozváni senioři, kteří žijí aktivním stylem života, navštěvují seniorské kluby nebo studují Univerzitu třetího věku při Univerzitě Palackého v Olomouci. O jejich velmi dobrém fyzickém stavu z hlediska rovnováhy vypovídá i vysoké skóre ze vstupního Berg Balance Scale. Nejvyšší možné skóre v této škále je 56 bodů, přičemž u experimentální skupiny bylo průměrně dosaženo 55 bodů a u kontrolní skupiny 55,69 bodů. Navíc vstupní hodnoty Falls Efficacy Scale – International (FES-I) poukazují na relativně nízkou úroveň strachu z pádů u výzkumného souboru. Výzkumná skupina průměrně dosáhla 21,5 bodů a kontrolní skupina 20,75 bodů, což naznačuje na mírné obavy z pádu, ale uvedené hodnoty se pohybují na dolní hranici. Přičemž dle Delbaere, Close, Mikolaizak, Sachdev, Brodaty a Lord (2010) na nízké, nebo žádné obavy naznačuje skóre 16-19 bodů, mírné obavy 20-27 bodů a vysokou míru obav z pádu značí skóre vyšší než 28 bodů. Ulus, Akyol, Tander, Durmuş, Bilgici a Kuru (2013) se pak zabývali vztahem mezi rovnováhou a strachem z pádu a výsledky jejich studie poukázaly na značně horší výsledky při testování rovnováhy u jedinců

s výraznějšími obavami z pádu, které byly vyjádřeny vyšším skóre v FES-I. Z toho vyplývá, že strach z pádů může ovlivňovat výsledky měření.

Zde uvedená vyšetření sice nejsou přímo součástí výzkumu této diplomové práce, ale byla provedena pro účely nadřazené studie „Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů“. Tato vyšetření adekvátně potvrzují již zmíněný celkově velmi dobrý fyzický stav účastníků výzkumu. Vzhledem k dané skutečnosti by bylo vhodné rozšířit výzkum na méně zdatné seniory (např. vybrat probandy z domovů pro seniory nebo jiného komunitního zařízení).

Jistý vliv na výsledky může mít i rozdělení probandů do skupin. Když se podíváme na charakteristiku jednotlivých skupin, je patrné, že průměrný věk kontrolní skupiny je přibližně o 3 roky menší a též průměr BMI je u kontrolní skupiny menší (přibližně o 2 kg/m²). Zajímavé však je, že hodnoty kontrolní a experimentální hodnoty jsou bez signifikantního rozdílu mezi těmito skupinami ve vstupním, kontrolním i follow up měření, ačkoliv základní charakteristika skupin je z hlediska věku a BMI pro tyto skupiny rozdílná.

Jak již bylo uvedeno, v rámci dostupné literatury existuje značná heterogenita cvičebních programů pro seniory, které jsou následně posuzovány širokým spektrem způsobů měření. Ačkoliv existuje řada studií, které pracují s hodnocením lokální dynamické stability a se záznamy z akcelerometrů, je tento způsob posuzování stability chůze a potažmo rovnováhy poměrně krátce zkoumaný postup a jeho výrazná popularita stoupá až v posledních letech. Je tedy možné, že dostupná literatura zatím nedosahuje potřebné kvality a pro tento typ studie nebyl zvolen vhodný způsob měření.

Vzhledem k širokému spektru zkoumaných cvičebních programů je poměrně náročné uzpůsobit tréninkový program dané výzkumné skupině. Jedním z možných důvodů, proč naše výsledky nepřinesly očekávaný výsledek může být nedostatečná intenzita cvičení, nevhodně zvolená náplň balančního tréninku nebo nesprávně zvolené ukazatele stability chůze. Intervenční program tohoto výzkumu trval 8 týdnů, přičemž skupinové cvičení se odehrávalo 2 týdně po dobu 60 minut. Řada studií, které doporučují balanční cvičení jako vhodný prostředek ke zlepšení rovnováhy a ke snížení rizika pádů, zahrnovala intervenci v mnohem delším časovém úseku. Například Hirase et al (2015) pracovali v uvedené studii s programem trvajícím 6 měsíců (cvičení byla prováděna

jedenkrát týdně po dobu 60 minut). Podobně Ohtaki et al. (2005) uvedli studii s šestiměsíčním balančním programem, který zahrnoval skupinovou cvičební jednotku jedenkrát týdně po dobu dvou hodin. Dále déletrvající intervenci popisují např. Zhao, Chung a Tong (2016). Trénink pro skupinu seniorů byl koncipován v rozsahu třikrát týdně po dobu 16 týdnů v délce trvání jednoho sezení 90 minut.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce posuzovala vliv balančního tréninku na stabilitu chůze u vybrané skupiny seniorů. Jednalo se vysoce zdatné a aktivně žijící seniory. Efekt intervenčního programu byl posuzován pomocí Lyapunových exponentů odvozených pro zrychlení měřené v oblasti obratle L5 a sternu pro normální a rychlou chůzi.

Statistická analýza u dat naměřených u experimentální skupiny neprokázala žádný statisticky významný rozdíl mezi Lyapunovými exponenty před a po absolvování balančního cvičení. Též nebyl nalezen signifikantní rozdíl při srovnání experimentální a kontrolní skupiny. Uvedená studie tedy neprokázala pozitivní efekt balančního cvičení na stabilitu chůze u vybrané skupiny seniorů.

Vzhledem k tomu, že uvedené závěry tohoto výzkumu jsou v rozporu s dostupnou literaturou, je vhodné ve výzkumu pokračovat a zaměřit se na méně zdatnou skupinu probandů seniorského věku. Je žádoucí, aby se prokázalo nebo vyvrátilo, zda výběr probandů měl tak zásadní vliv na výsledky studie, nebo zda skutečně balanční trénink nemá vliv na stabilitu chůze u seniorů.

8 SOUHRN

Práce se zaměřuje na stabilitu chůze u seniorů. Z dostupné literatury vyplývá, že úroveň stability chůze úzce souvisí s rizikem pádů. Hlavním cílem této diplomové práce bylo ověření efektu balančního cvičení na stabilitu chůze u seniorů ve věku nad 60 let. Výzkum byl součástí studie „Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů“ uskutečněné na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Jde o kontrolovanou randomizovanou studii.

Teoretická část této práce se soustředí na chůzi, rovnováhu, stáří a na problematiku pádů. Dále se věnuje možnostem pohybové léčby u seniorů se zaměřením na trénink rovnováhy.

Výzkum probíhal od září 2016 do ledna 2017. K účasti na výzkumu byli pozváni senioři studující Univerzity třetího věku v Olomouci a členové klubů pro seniory v Olomouci. Do studie bylo zařazeno 34 osob starších 60 let. Účastníci byli rozděleni na skupinu experimentální a kontrolní. Experimentální skupina podstoupila osmitýdenní intervenční program obsahující balanční trénink pod dohledem fyzioterapeuta, který probíhal dvakrát týdně po dobu 60 minut. Součástí intervence bylo i každodenní domácí cvičení podle brožury s dobou trvání 20 minut. Kontrolní skupina neprováděla žádná cvičení, pouze se shodně s experimentální skupinou účastnila trojího měření (vstupní, výstupní a follow up). Za účelem posouzení stability chůze bylo provedeno měření pomocí 3D akcelerometrů (Trigno wireless system, Delsys Inc., Natick, MA, USA, snímkovací frekvence 296 Hz), z jejichž záznamů byly vypočteny krátkodobé Lyapunovy exponenty pro zrychlení.

Statistické analýze byl podroben soubor čítající 34 osob (výzkumná skupina $n = 18$, průměrný věk: $72,1 \pm 5,5$ let; kontrolní $n = 16$, průměrný věk: $68,7 \pm 6,2$ let). Při porovnání naměřených dat nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi výzkumnou a kontrolní skupinou. Pouze u dvou parametrů byl zaznamenán statisticky významný pokles Lyapunových exponentů mezi vstupním a follow up měřením, což by svědčilo o zlepšení stability chůze. Jednalo se však v tomto případě o data získaná měřením kontrolní skupiny, která žádnou intervenci nepodstoupila.

9 SUMMARY

The work focuses on walking stability in seniors. Available literature suggests that the level of walking stability is closely related to the risk of falls. The main objective of this diploma thesis was to verify the effect of balance training on walking stability in seniors over 60 years of age. The research was part of the study "Effect of Balance Training on Postural Control in Seniors" carried out at the Faculty of Physical Culture of Palacky University in Olomouc. This is a controlled randomized study.

The theoretical part of the theses focuses on walking, balance, age and the issue of falls. It also deals with the possibilities of movement therapy in seniors focusing on balance training.

The research was conducted from September 2016 to January 2017. Seniors studying the Universities of the Third Age in Olomouc and members of Senior Clubs in Olomouc were invited to participate in the research. The study involved 34 subjects over 60 years of age. Participants were divided into an experimental and a control groups. The experimental group underwent an eight-week intervention program with balance training under the supervision of a physiotherapist, which took place twice a week for 60 minutes. The intervention also included daily home exercises of 20 minutes according to a booklet. The control group did not perform any exercises; they only participated in three measurements (initial, final and follow up) along with the experimental group. Walking stability was assessed by measurements using 3D accelerometers (Trigno wireless system, Delsys Inc., Natick, MA, USA, 296 Hz frames), from which short-term Lyapunov exponents for acceleration were calculated.

The statistical analysis was applied to a set of 34 persons (experimental group $n = 18$, mean age: 72.1 ± 5.5 years, control $n = 16$, mean age: 68.7 ± 6.2 years). When comparing the measured data, no, or very small, differences were found between the experimental and the control groups. For only two parameters, there was a statistically significant decrease in Lyapunov exponents between the initial and the follow-up measurements, which would indicate an improvement of walking stability. In this case, however, the data were collected by measuring a control group that did not undergo any intervention.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- American Geriatrics Society and British Geriatrics Society (2010). Summary of the updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *Journal of the American geriatrics society*, 59(1), 148-157. Retrieved 24. 11. 2017 from the World Wide Web <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1532-5415.2010.03234.x>
- Anonymous (2018). Delsys Trigno Wireless Systém <https://www.delsys.com/products/wireless-emg/>
- NICE (2013). Falls: Assessment and prevention of falls in older people. National Institute for Health and Care Excellence. Retrieved 21. 11. 2017 from the World Wide Web <https://www.nice.org.uk/guidance/cg161/evidence/falls-full-guidance-190033741>.
- Bennie, S., Bruner, K., Dizon, A., Fritz, H., Goodman, B., & Peterson, S. (2003). Measurements of Balance: Comparison of the Timed "Up and Go" Test and Functional Reach Test with the Berg Balance Scale. *Journal Of Physical Therapy Science*, 15(2), 93-97.
- Bergen, G., Stevens, M. R., & Burns, E. R. (2016). Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥ 65 Years – United States, 2014. *MMWR. Morbidity And Mortality Weekly Report*, 65(37), 993-998.
- Berková, M., Berka, Z. & Topinková, E. (2013). Problematika seniorského věku: stařecká křehkost, sarkopenie a disabilita. *Practicus*, 12 (2), 13–17.
- Bizovská, L., Janura, M., Míková, M. & Svoboda, Z. (2017). *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Buatois, S., Miljkovic, D., Benetos, A., Manckoundia, P., Gueguen, R., Vancon, G. & Perrin, P. (2008). Five times sit to stand test is a predictor of recurrent falls in healthy community-living subjects aged 65 and older. *Journal Of The American Geriatrics Society*, 56(8), 1575-1577.
- Delbaere, K., Close, J. C. T., Mikolaizak, A. S, Sachdev, P. S., Brodaty, H., & Lord, S. R. (2010). The Falls Efficacy Scale International (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study, *Age and Ageing*, 39,(2), 210-216,
- Dingwell, J. B, & Cusumano, J. P. (2000). Nonlinear time series analysis of normal and pathological human walking. *Chaos. An Interdisciplinary Journal Of Nonlinear Science*, 10(4), 848–863.

- Dingwell, J. B, Cusumano, J. P., Cavanagh, P. R., & Sternad D. (2001). Local Dynamic Stability Versus Kinematic Variability of Continuous Overground and Treadmill Walking. *Journal Of Biomechanical Engineering-Transactions Of The Asme*, 123(1), 27-32.
- Donath, L., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2015) Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(3). Retrieved 20. 11. 2017 from the World Wide Web https://www.researchgate.net/publication/273386909_Slackline_training_and_neuromuscular_performance_in_seniors_A_randomized_controlled_trial
- Dungl, P. a kol. (2014). *Ortopedie, 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Fiala, T., & Langhamrová, J. (2010). Ekonomické důsledky stárnutí populace České republiky. In: *Reprodukce lidského kapitálu – Vzájemné vazby a souvislosti* [CD-ROM]. Praha: Oeconomica, 1–8. Retrieved 18. 10. 2017 from the World Wide Web http://kdem.vse.cz/resources/relik10/PDFucastnici/Fiala_Langhamrova.pdf
- Fuster, V. (2017). Changing Demographics: A New Approach to Global Health Care Due to the Aging Population. *Journal Of The American College Of Cardiology*, 69(24).
- Giladi, N., Bloem, B. R., & Hausdorff, J.M. (2007). Gait disturbance and falls. In Anthony H.V. Schapira (Ed.). *Neurology and clinical Neuroscience*. (pp. 455–470). Basel: John Wiley & Sons.
- Gusi, N., Carmelo Adsuar, J., Corzo, H., del Pozo-Cruz, B., Olivares, P. R., & Parraca, J. A. (2012). Balance training reduces fear of falling and improves dynamic balance and isometric strength in institutionalised older people: a randomised trial. *Journal Of Physiotherapy*, 58(2), 97-104.
- Hagovská, M., & Olekszyová, Z. (2016). Vybrané stratégie a mechanizmy ovplyvnenia posturálnej stability. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 23 (3), 150-156.
- Haladová, E. (1997). *Léčebná tělesná výchova*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně.
- Hamacher, D., Hamacher, D., Rehfeld, K., & Schega, L. (2016). Motor-cognitive dual-task training improves local dynamic stability of normal walking in older individuals. *Clinical Biomechanics*, 32, 138-141.

- Hirase, T., Inokuchi, S., Matsusaka, N., & Okita, M. (2015). Effects of a Balance Training Program Using a Foam Rubber Pad in Community-Based Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 38(2), 62–70.
- Hu, Y., Chung, Y., Yu, H., Chen, Y., Tsai, C., & Hu, G. (2016). Original Article: Effect of Tai Chi Exercise on Fall Prevention in Older Adults: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal Of Gerontology*, 10, 131-136.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530.
- Irnich, D. (2013). Myofascial Trigger Points-Comprehensive diagnosis and treatment. Churchill Livingstone Elsevier. Retrieved 26. 11. 2017 from the World Wide Web <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702043123000246>
- Janda, V., & Vávrová, M. (1992). Senzomotorická stimulace: základy metodiky proprioceptivního cvičení. *Rehabilitácia*, 25(3), 14–34.
- Jeter, P. E., Nkodo, A., Moonaz, S. H., & Dagnelie, G. (2014). A systematic review of yoga for balance in a healthy population. *Journal Of Alternative And Complementary Medicine*, 20(4), 221-232.
- Kalvach, Z. (2011). Pády. In Z. Kalvach, L. Čeledová, I. Holmerová, R. Jiráček, H. Zavázalová & P. Wija, *Křehký pacient a primární péče* (pp. 351–355). Praha: Grada Publishing.
- Kalvach, Z., & Mikeš, Z. (2004). Základní pojmy – stáří, gerontologie a geriatrie. In Z. Kalvach et al. (Eds.), *Geriatric a gerontologie* (pp. 47–50). Praha: Grada Publishing.
- Kalvach, Z., & Rychlý, L. (2004). Jiné příčiny pádů. In Z. Kalvach et al. (Eds.), *Geriatric a gerontologie* (pp.216-225). Praha: Grada Publishing.
- Kavanagh, J. J., & Menz, H. B. (2008). Accelerometry: A technique for quantifying movement patterns during walking. *Gait & Posture*, 28(1), 1-15.
- Kenny, R. A., Romero-Ortuno, R. & Kumar, P. (2017). Medicine in older adults: Falls in older adults. *Medicine*, 45(1), 28-33.

- Khanuja, K., Joki, J., Bachmann, G. & Cuccurullo, S. (2018). Review: Gait and balance in the aging population: Fall prevention using innovation and technology. *Maturitas*, 11, 51-56.
- Kisvetrová, H., & Valášková, P. (2014). Pravidelná pohybová aktivita českých a slovenských seniorů – pilotní studie. *Kontakt*, 16 (4), 249–255. Retrieved 23. 11. 2017 from the World Wide Web <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/administrace/clankyfile/20141215141224446481.pdf>
- Kłak, A., Raciborski, F., Rządkiwicz, P., Targowski, T., Bousquet, J., & Samoliński, B. (2017). A growing problem of falls in the aging population: A case study on Poland – 2015–2050 forecast. *European Geriatric Medicine*, 8(2), 105-110.
- Kolář, P. (2001). Systematizace dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 8(4), 152-164.
- Kolář, P. (2009). Vyšetření posturálních funkcí. In Kolář P. et al. (Ed.). *Rehabilitace v klinické praxi*. (pp.35-48). Praha: Galén.
- Kukla, L., Průchová, D., Schneiberg, F., Struk, P., Struková, N., Velemínský, M., & Velemínský, M., Jr. (2016). *Sociální a preventivní pediatrie v současném pojetí*. Praha: Grada Publishing.
- Lee, K., & Lee, Y. W. (2017). Efficacy of ankle control balance training on postural balance and gait ability in community-dwelling older adults: a single-blinded, randomized clinical trial. *Journal Of Physical Therapy Science*, 29(9), 1590-1595.
- Lesinski, M., Muehlbauer, T., Granacher, U., Hortobágyi, T., & Gollhofer, A. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721-1738.
- Li, J. X, Hong, Y. & Chan, K. M. (2001). Tai Chi: Physiological Characteristics and Beneficial Effects on Health. British. *Journal of Sports Medicine*, 35(3), 148-156.
- Logghe, I. H., Verhagen, A. P., Rademaker, A. C., Bierma-Zeinstra, S. M., van Rossum, E., Faber, M. J., & Koes, B. W. (2010). Review: The effects of Tai Chi on fall prevention, fear of falling and balance in older people: A meta-analysis. *Preventive Medicine*, 51, 222-227.
- Matouš, M., & Kolář, P. (2009). Zásady výběru pohybových aktivit ve stáří. In Kolář P. et al. (Ed.). *Rehabilitace v klinické praxi*. (pp. 604-608). Praha: Galén.

- Mbourou, G. A., Lajoie, Y., & Teasdale, N. (2003). Step length variability at gait initiation in elderly fallers and non-fallers, and young adults. *Gerontology*, 49(1), 21-26.
- Merchán-Baeza, J. A., González-Sánchez, M., & Cuesta-Vargas, I. A. (2014). Reliability in the Parameterization of the Functional Reach Test in Elderly Stroke Patients: A Pilot Study. *BioMed Research. International*. Retrieved 23. 2. 2017 from the World Wide Web <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/637671/>
- Neumannová, K., Janura, M., Kováčiková, Z., Svoboda, Z., & Jakubec, L. (2015). *Analýza chůze u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Ohtaki, Y., Arif, M., Suzuki, A., Fujita, K., Inooka, H., Nagatomi, H., & Tsuji, I. (2005). Assessment of walking stability of elderly by means of nonlinear time-series analysis and simple accelerometry. *JSME-International Journal Series C-Mechanical Systems Machine Elements And Manufacturing*, 48(4), 607-612.
- Okyan, C, & BİlgİLİ N. (2017). Effect of Tai Chi Chuan on Fear of Falling, Balance and Physical Self-Perception in Eldery: A Randomisid Controled Trial. *Turkish Journal Of Geriatrics / Türk Geriatri Dergisi*, 20(3), 232–241.
- Opavský, J. (2003). *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Pastucha, D., Filipčíková, R., Horák, S., Malinčíková, S., Beránková, J., Bezdičková, M., Dobiáš, M., Kocvrlich M., Matušek Z., & Váverková R. (2013). Porucha posturální stabilita u dětí s obezitou. *Interní medicína*, 15(6-7), 229–232. Retrieved 17. 10. 2017 from the World Wide Web <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2013/06/09.pdf>
- Pavlů, D. (2003). *Speciální fyzioterapeutické koncepty a metody*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: normal and pathological function* (2nd ed.). Thorofare, N. J.: Slack Incorporated.
- Reynard, F. & Terrier, P. (2014). Local dynamic stability of treadmill walking: Intrasession and week-to-week repeatability. *Journal Of Biomechanics*, 47(1), 74-80.
- Reynard, F., Vuadens, P., Terrier, P., & Deriaz, O. (2014). Could Local Dynamic Stability Serve as an Early Predictor of Falls in Patients with Moderate Neurological Gait

- Disorders? A Reliability and Comparison Study in Healthy Individuals and in Patients with Paresis of the Lower Extremities. *Plos ONE*, 9(6), 1-9.
- Rispens, S., van Schooten, K., Pijnappels, M., Daffertshofer, A., Beek, P. J. & van Dieën, J. H. (2015). Identification of Fall Risk Predictors in Daily Life Measurements: Gait Characteristics' Reliability and Association With Self-reported Fall History. *Neurorehabilitation And Neural Repair*, 29(1), 54-61.
- Rueangsirarak, W., Atkins, A. Sharp, B., Chakpitak, N., & Meksamoot, K. (2012). Fall-risk screening system framework for physiotherapy care of elderly. *Expert Systems With Applications*, 39(10), 8859–8864.
- Shimada, H., Obuchi, S., Furuna, T., & Suzuki, T. (2004). New intervention program for preventing falls among frail elderly people: the effects of perturbed walking exercise using a bilateral separated treadmill. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(7), 493–499.
- Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., & Gill, N. W. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal Of Geriatric Physical Therapy*, 30(1), 8-15.
- Stel, V., Smit, J., Pluijm, S., & Lips, P. (2004). Consequences of falling in older men and women and risk factors for health service use and functional decline. *Age and ageing*. 33(1), 58-65.
- Thiamwong, L. & Suwanno, J. (2014). Effects of Simple Balance Training on Balance Performance and Fear of Falling in Rural Older Adults. *International Journal of Gerontology*, 8, 143-146.
- Teplá, L., Janura, M., Svoboda, Z., & Zemková, E. (2016). Slackline a jeho možnosti využití v rehabilitační terapii. *Rehabilitácia*, 53(3), 163-173.
- Toebe, M. J., Hoozemans, M. J., Furrer, R., Dekker, J., & van Dieën, J. H. (2012). Local dynamic stability and variability of gait are associated with fall history in elderly subjects. *Gait & Posture*, 36(3), 527-531.
- Topinková, E. (2005). *Geriatric pro praxi*. Praha: Galén.
- Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J. & Votava, J. (2005). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. (3. vyd.). Praha: Grada.
- Uhlíř, P. (2008). Pohybová cvičení seniorů. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.

- Ulus, Y., Akyol, Y., Tander, B., Durmuş, D., Bilgici, A., & Kuru, Ö. (2013). The relationship between fear of falling and balance in community-dwelling older people. *Turkish Journal of Geriatrics/Türk Geriatri Dergisi*, 16(3), 260–265.
- van Schooten, K. S., Rispens, S. M., Pijnappels, M., Daffertshofer, A. & van Dieen, J. H. (2013). Assessing gait stability: The influence of state space reconstruction on inter- and intra-day reliability of local dynamic stability during over-ground walking. *Journal Of Biomechanics*, 46(1), 137-141.
- van Schooten, K., Sloom, L., Bruijn, S., Kingma, H., Meijer, O., Pijnappels, M., & van Dieën, J. (2011). Sensitivity of trunk variability and stability measures to balance impairments induced by galvanic vestibular stimulation during gait. *Gait & Posture*, 33(4), 656-660.
- Vařeka, I. (2002a). Posturální stabilita (I. část) Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 115-121.
- Vařeka, I. (2002b). Posturální stabilita (II. část) Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 122-129.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie – přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Veverková, M., & Vávrová, M. (2009). Senzomotorická stimulace. In Kolář P. et al. (Ed.). *Rehabilitace v klinické praxi*. (pp.272-275). Praha: Galén.
- Wiśniowska-Szurlej, A., Ćwirlej-Sozańska, A., Wilmowska-Pietruszyńska, A., Milewska, N., & Sozański, B. (2017). The influence of 3 months of physical exercises and verbal stimulation on functional efficiency and use of free time in an older population under institutional care: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 18(1), 376-387.
- Wnuk, B., Walusiak, M., Durmata, J., Kadyjewska, M., & Źak, E. (2010). Effects of physiotherapy including various forms of gait exercises on a treadmill on functional efficiency in the elderly at risk of falling. *Fizjoterapia*, 18(2), 3-9.
- Youkhana, S., Dean, C. M., Wolff, M., Sherrington, C., & Tiedemann, A. (2016). Yoga-based exercise improves balance and mobility in people aged 60 and over: a systematic review and meta-analysis. *Age And Ageing*, 45(1), 21-29.

- Zeeuwe, P. M., Verhagen, A. P., Bierma-Zeinstra, S. M., van Rossum, E., Faber, M. J., & Koes, B. W. (2006). The effect of Tai Chi Chuan in reducing falls among elderly people: design of a randomized clinical trial in the Netherlands. *BMC Geriatrics*, 6 (6).
- Zeleníková, R., Kozáková, R., & Jarošová, D. (2015). Intervence v prevenci pádů seniorů v institucích: přehledová studie. *General Practitioner / Praktický Lekar*, 95(1), 20-30.
- Zhao, Y., Chung, P., & Tong, T. (2016). Effectiveness of a community-based exercise program on balance performance and fear of falling in older nonfallers at risk for falling: A randomized, controlled study. *Journal Of Aging And Physical Activity*, 24(4), 516-524.
- Zijlstra, W., & Hof, A. L. (2003). Assessment of Spatio-Temporal Gait Parameters from Trunk Accelerations during Human Walking, *Gait Posture*, 18(2), 1–10.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název studie (projektu): Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis osoby pověřené touto studií:

Datum:

Datum:

Příloha 2. Vyjádření etické komise

 **Fakulta
tělesné kultury**

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.

Na základě žádosti ze dne 31. 3. 2016 byl projekt výzkumu
autorů: **Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.** (hlavní řešitel)
a **Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D., Mgr. Lucia Bizovská, Mgr. Aleš Gába, Ph.D.,
Mgr. Eliška Kuboňová, Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D., Doc. RNDr.
Miroslava Přidalová, Ph.D., Mgr. Kateřina Tomčalová** (spoluřešitelé)
s názvem
Vliv balančního tréninku na posturální kontrolu u seniorů
schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 27/2016
dne: 15. 4. 2016

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory**
s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující
lidské účastníky.

**Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické
komise.**

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně
Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

Příloha 3. Protokol o registraci studie

ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System (PRS) Receipt
Release Date: 06/07/2016

ClinicalTrials.gov ID: [Not yet assigned]

Study Identification

Unique Protocol ID: UPOL_FTK_001

Brief Title: The Influence of Balance Training on Postural Control in Elderly

Official Title: The Influence of Balance Training on Postural Control in Elderly

Secondary IDs:

Study Status

Record Verification: June 2016

Overall Status: Not yet recruiting

Study Start: August 2016

Primary Completion: August 2017 [Anticipated]

Study Completion: December 2017 [Anticipated]

Sponsor/Collaborators

Sponsor: Palacky University

Responsible Party: Principal Investigator

Investigator: Zdenek Svoboda [zsvoboda]

Official Title: Ph.D.

Affiliation: Palacky University

Collaborators:

Oversight

FDA Regulated?: No

IND/IDE Protocol?: No

Review Board: Approval Status: Approved

Approval Number: 27/2016

Board Name: The Ethics Committee of Faculty of Physical Culture, Palacky University Olomouc

Board Affiliation: Faculty of Physical Culture, Palacky University Olomouc

Phone: +420585636374

Email: dana.sterbova@upol.cz

Data Monitoring?:

Plan to Share Data?:

Oversight Authorities: Czech Republic: Ethics Committee

Study Description

Brief Summary: Fall related injuries are major health problem which effect especially elderly population. After experiencing a fall, most of the elderly are unable to resume their previous mobility and the fear of future falls affects their daily life. Falls in elderly population are often related to balance or gait problems. The aim of this study is to assess the influence of balance training on postural and motor control of healthy elderly participants. The study is designed as a parallel interventional study with experimental and control group (allocation ratio 1:1). Participants' general health, balance abilities, fear of falling and gait stability and variability will be assessed on the baseline measurement, right after and 2 months after the completion of the training programme. Experimental group will undergo training focused on development of balance abilities and strength twice a week (60 minutes in length each) for 8 weeks. Participants will receive individualized exercises which will be focused on the main 4 types – stance exercises, gait and transition exercises and strength exercises especially focused on muscle strength of lower extremities.

Detailed Description:

Conditions

Conditions: Accidental Falls

Keywords:

Study Design

Study Type: Interventional

Primary Purpose: Prevention

Study Phase: N/A

Intervention Model: Parallel Assignment

Number of Arms: 2

Masking: Single Blind (Investigator)

Allocation: Randomized

Endpoint Classification:

Enrollment: 34 [Anticipated]

Arms and Interventions

Arms	Assigned Interventions
Experimental: interventional Experimental group will undergo intervention for 8 weeks.	Behavioral: Balance training The interventional program will last 8 weeks with the intensity of two 60-minutes lectures a week. Training sessions will be delivered by a physiotherapist to small groups of patients (3-5). Participants will receive individualized exercises which will be focused on main 4 types - stance exercises, gait and transition exercises and strength exercises especially focused on muscle strength of the lower extremities. The difficulty level will be increased progressively after participant's ability to complete each exercise independently (e.g. eyes closed, exercises on balance equipment - wobble board, foam etc., addition of a

Arms	Assigned Interventions
	secondary cognitive task). The training session will consist of a ten-minute warm-up followed by five-minute stretching, 30 minutes of balance training and 15 minutes of stretching and relaxation.
No Intervention: control Control group will have no assigned intervention.	

Outcome Measures

Primary Outcome Measure:

1. Berg balance scale score
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]
2. mean velocity of centre of pressure during quiet stance
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]
3. stride time variability
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]

Secondary Outcome Measure:

4. Falls efficacy scale - International score
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]
5. spatial-temporal gait variables
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]
6. non-linear gait variables
[Time Frame: baseline, after intervention, after follow-up] [Safety Issue: No]
7. number of falls
[Time Frame: baseline (retrospective), during intervention, during follow-up] [Safety Issue: No]

Eligibility

Minimum Age: 60 Years

Maximum Age:

Gender: Both

Accepts Healthy Volunteers?: No

Criteria: Inclusion Criteria:

- age 60+
- ability to stand and walk without aid or support
- participation in the institutional program "Falls risk and balance assessment" with successful completion of one year of observation for falls

Exclusion Criteria:

- neuromuscular or orthopaedic impairments that severely limit mobility and balance
- surgery or injury on the musculoskeletal system less than 2 years before baseline measurement
- any acute illness

Contacts/Locations

Central Contact: Zdenek Svoboda, Ph.D.
Telephone: +420585636414

Email: zdenek.svoboda@upol.cz

Central Contact Backup: Miroslav Janura, Prof.
Telephone: +420585636400
Email: miroslav.janura@upol.cz

Study Officials: Zdenek Svoboda, Ph.D.
Study Principal Investigator
Faculty of Physical Culture, Palacky University Olomouc

Locations: Czech Republic
Faculty of Physical Culture, Palacky University Olomouc
Olomouc, Czech Republic, 77111
Contact: Zdenek Svoboda, Ph.D. +420585636414 zdenek.svoboda@upol.cz
Contact: Miroslav Janura, Prof. +420585636400 miroslav.janura@upol.cz

References

Citations:

Links:

Study Data/Documents:

U.S. National Library of Medicine | U.S. National Institutes of Health | U.S. Department of Health & Human Services