

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

Isokinetická síla extenzorů kolenního kloubu, pohybová aktivita a posturální stabilita žen nad  
50 let

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Vendula Svobodová, Fyzioterapie

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2015

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Vendula Svobodová

**Název diplomové práce:** Isokinetická síla extenzorů kolenního kloubu, pohybová aktivita a posturální stabilita žen nad 50 let

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie, FTK UP Olomouc

**Vedoucí diplomové práce:** Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2016

**Abstrakt:** Cílem práce je posoudit rozdíly v objemu a intenzitě pohybové aktivity žen starších 50 let (věk  $56,3 \pm 4,4$  let) s vyšším a nižším rizikem pádů, respektive s přítomností asymetrie a bez asymetrie svalové síly extenzorů kolenního kloubu dominantní a nedominantní dolní končetiny. Dalším cílem práce je stanovit vztah mezi izokinetickou silou extenzorů kolenního kloubu a posturální stabilitou žen starších 50 let (věk  $56,3 \pm 4,7$  let). Bilaterální isokinetická svalová síla extenzorů kolenního kloubu byla měřena pomocí isokinetického dynamometru IsoMed 2000, pohybová aktivita byla monitorována pomocí krokoměru Yamax DigiWalker 700 SW, úroveň týdenní pohybové aktivity probandek byla zjištěna pomocí dotazníku International Physical Activity Questionnaire a ukazatelem posturální výchylky byla průměrná rychlost pohybu center of pressure měřená pomocí silové plošiny Kistler typu 9286 AA. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi sledovanými skupinami žen v množství pohybové aktivity vysoké intenzity, a to ve prospěch skupiny bez přítomné asymetrické svalové síly extenzorů kolenního kloubu. Byl zjištěn statisticky významný vztah mezi maximálním momentem síly a průměrnou prací během extenze kolenního kloubu dominantní i nedominantní dolní končetiny a průměrnou rychlostí pohybu center of pressure.

**Klíčová slova:** stáří, svalová síla, asymetrie, posturální stabilita, korelace, pohybová aktivita, prevence zranění

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Vendula Svobodová

**Title of the master thesis:** Knee extensor's isokinetic strength, physical activity and postural stability of women over 50 years

**Department:** The Department of Physiotherapy, FTK UP Olomouc

**Supervisor:** Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**The year of presentation:** 2015

**Abstract:** This diploma thesis focused on the difference in the volume and intensity of physical activity among women older than 50 years ( $56.3 \pm 4.4$  years) with higher and lower risk of falls, respectively, with the presence of asymmetry and without asymmetry of knee extensors muscle strength of dominant and non-dominant lower limb. The thesis also deals with determining the relationship between isokinetic strength of the knee extensors and postural stability of women older than 50 years ( $56.3 \pm 4.7$  years). Bilateral isokinetic muscle strength of the knee extensors was measured using isokinetic dynamometer IsoMed 2000, physical activity was monitored using a pedometer Yamax DigiWalker 700 SW, the level of weekly women's physical activity were identified using a questionnaire International Physical Activity Questionnaire and an indicator of postural deviation, the average velocity of COP was measured by Power platforms Kistler Type 9286 AA. Statistically significant difference was found between the groups of women in a number of high-intensity physical activity. The group without power asymmetry of knee extensors shows bigger amount of high intensity physical activities. We found a statistically significant relationship between knee extensor's peak torque and the average work of the dominant and non-dominant lower extremity and the average speed of the center of pressure.

**Key words:** elderly, strength, asymmetry, postural stability, correlation, physical activity, injury prevention

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne .....

Děkuji vedoucímu práce Doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za jeho vedení, ochotu, vstřícnost a v neposlední řadě trpělivost při zpracování diplomové práce. Zároveň děkuji Mgr. Františku Chmelíkovi, Ph.D. za statistické zpracování dat a celému pracovnímu týmu, jež se podílel na měření. Děkuji své rodině a blízkým za podporu v průběhu celého studia.

# Obsah

1 Úvod.....	9
2 Přehled současných poznatků.....	10
1.1 Svalová síla .....	10
1.1.1 Svalová síla a vliv stárnutí .....	10
1.1.2 Vliv asymetrické svalové síly dolních končetin.....	13
2.2 Isokinetická dynamometrie .....	15
2. 2. 1 Oblasti využití .....	16
2. 2. 2 Měřené parametry .....	17
2. 2. 3 Přednosti a nedostatky izokinetických přístrojů.....	18
2.3 Posturální stabilita .....	19
2. 3. 1 Efekt stárnutí na posturální stabilitu.....	21
2. 3. 2 Svalová síla ve vztahu k posturální stabilitě .....	22
2.4 Pohybová aktivita .....	26
2. 4. 1 Pohybová aktivita starších žen .....	27
2. 4. 2 Vhodná pohybová aktivita pro zlepšení svalové síly a rovnováhy .....	29
3 Cíle a hypotézy.....	32
3.1 Cíle .....	32
3.2 Dílčí cíle .....	32
3.3 Hypotézy .....	32
4 Metodika.....	33
4.1 Výzkumný soubor .....	33
4.2 Sběr dat.....	34
4.2.1 Diagnostika isokinetické svalové síly extenzorů kolenního kloubu .....	34
4.2.2 Monitoring pohybové aktivity.....	34
4.2.3 Diagnostika posturální stability.....	35
4.3 Statistická analýza .....	36
5 Výsledky.....	37
6 Diskuze.....	39
7 Závěry.....	43

8 Souhrn .....	44
9 Summary .....	45
10 Referenční seznam .....	46

## **Seznam použitých zkratek**

COP = center of pressure

DK = dolní končetina

DKK = dolní končetin

IPAQ = International Physical Activity Questionnaire

KOK = kolenní kloub

PA = pohybová aktivita

PS = posturální stabilita

PT = maximální moment síly (peak torque)

QF = musculus quadriceps femoris



## 1 Úvod

Významným trendem současné doby je stárnutí populace. Demografické stárnutí, současně postihující všechny vyspělé země, se stává jedním z nejdiskutovanějších společenských otázek. Populační stárnutí je svým způsobem komplexní proces ovlivňující životy stárnoucích jedinců samotných, jejich postavení ve společnosti, dále ovlivňuje ekonomickou sféru a v neposlední řadě sféru zdravotnickou. Neroste pouze ekonomická zátěž systému důchodového zabezpečení, ale pochopitelně se zvyšují i náklady na financování zdravotní péče, jelikož starší lidé potřebují zdravotní péči častěji a ve větší míře než mladí lidé. Je však nutné nebrat tento fakt pouze jako zátěž, ale jako určitou výzvu a příležitost. Dopady stárnoucí generace na celou společnost jsou již ireverzibilní, a proto je nutné tuto problematiku celospolečensky řešit a uvědomovat si ji. Vlivem rostoucí naděje starších osob na delší dobu života se tedy etapa stáří stává časově významnou částí lidského života a je zapotřebí podporovat zdravé a aktivní stárnutí při co nejvyšší kvalitě života.

Pokud přihlédneme z globálu stárnoucí generace k samotnému jedinci, je nutné mít na paměti, jak stárnutí ovlivňuje zdravotní aspekty člověka. Jedná se o změny multisystémové, které mohou ohrožovat kvalitu života a nezávislost u starších osob. Nejvýznamnější patofyziologicko - morfologické změny jsou v oblasti pohybového aparátu, pro něž je typické zvyšování podílu tělesného tuku a progresivním úbytkem svalové hmoty, artrotické a osteoporotické změny.

Funkční omezení starších lidí bývá spojováno s fenoménem sarkopenie, jež můžeme chápat jako úbytek svalové hmoty, vlivem toho svalové síly a výkonu. Svalová slabost nebo svalová asymetrie (zejména dolních končetin) je spojená s rizikem instability a riziko instability je spojené s rizikem pádu a následného poranění. Stárnutí tedy významně podmiňuje zhoršení rovnováhy. Rovnovážné poruchy nejsou běžnou diagnózou indikovanou k rehabilitační léčbě, nýbrž však zůstávají diagnózou řešenou na rehabilitačních ambulancích a je nutné nezapomínat na vliv stárnutí na posturální stabilitu jedince.

Výše popsaná problematika mě zaujala natolik, že jsem využila příležitosti možnosti, zapojit se do prací v rámci projektu „Význam chůze u (pro)starších žen se sedavým zaměstnáním“, řešeného s podporou GAČR.

## 2 Přehled současných poznatků

### 1.1 Svalová síla

#### 1.1.1 Svalová síla a vliv stárnutí

Proces stárnutí je spojený s rozsáhlými a typickými změnami lidského těla (Evans, & Campbell, 1993). S přibývajícím věkem se mění tělesná kompozice, spolu s úbytkem svalové a kostní hmoty a redukcí fyzické aktivity (Evans & Lexell, 1995). Dochází k nerovnoměrným změnám energetického svalového metabolismu (Kalvach, 2008). Granacher, Muehlbauer a Gruber (2012) uvádějí, že svalová síla je nejvyšší ve 20 až 30 letech a po dosažení 65 let akceleruje pokles svalové síly. Ztráty jsou dle autorů nejmarkantnější kolem 90 let věku (Granacher, Muehlbauer, & Gruber, 2012). U osob nad 50 let dochází k úbytku svalové hmoty dolních končetin o 1 – 2 % za rok (von Haehling, Morley, & Anker, 2010) a úbytku svalové síly o 1 – 5 % za rok (Zatsiorsky & Kraemer, 2008). Během procesu stárnutí se objevují výrazné změny, a to snížení svalové síly zejména po dosažení 50 let o více než 15% za desetiletí (von Haehling, Morley, & Anker, 2010). To potvrzuje další studie, postavená na základě měření točivého momentu extenze a flexe v kolenním kloubu (KOK) během maximální izokinetické a izometrické kontrakce. Výsledky poukazují na významné snížení hodnot ve věku 60 až 70 let u obou pohlaví, kdy bylo zjištěno signifikantní snížení u maximálního izometrického točivého momentu (Borges, 1998). Co se týče rozdílů ztrát svalové síly dle pohlaví, Granacher, Muehlbauer a Gruber (2012) popisují, že jsou ženy postihovány ztrátami svalové síly obdobně nebo dokonce v menší míře než muži.

Proces stárnutí je doprovázen stoupající hladinou myostatínu, který potencuje svalovou fibrózu, zejména stimulaci fibroblastů, jejich diferenciací v myofibroblasty a stimulací sekrece transforming growth factor - 1. Experimentálním zablokováním myostatínu dochází ke značnému nárůstu svalové hmoty i síly a zlepšuje svalovou regeneraci po poškození (Kalvach, 2008). Úbytek svalové hmoty je zapříčiněn redukováným počtem svalových vláken, velikostí svalových vláken a úbytkem motorických jednotek. S ubývajícím svalovými vlákny klesá svalová síla, svalový metabolismus a zvyšuje se riziko svalového poškození (Zatsiorsky & Kraemer, 2008). Těmito změnami bývají postihovány zejména vlákna typu IIb fast twitch (FT), a to jejich distribuce a velikost (Larsson, Sjodin, & Karlsson, 1978) a jsou nahrazovány tukovou a pojivovou tkání (Evans & Lexell, 1995). Ve vláknech II.

typu se projevuje deficit ATP rychleji, avšak při plně funkční oxidační fosforylaci. Naopak svaly s převahou vláken I. typu vykazují pokles účinnosti oxidační fosforylace během involuce s menší produkcí volných radikálů, což je chrání před involučním poškozením (Kalvach, 2008). Svalová vlákna FT jsou více náchylné na funkční poruchy a funkční ztráty. Právě proto jsou primárně postihovány úbytkem svalových vláken, spojeným se stárnutím (Zatsiorsky & Kraemer, 2008). Změny těchto vláken jsou spojené se snížením svalového výkonu (Faulkner, Claflin, & McCully, 1986), svalové síly a úrovní fyzických schopností (Hortobagyi, Hill, Houmard, Fraser, Lambert, & Israel, 1996). Věkem podmíněné změny svalových vláken II. typu mají rovněž souvislost se sníženou posturální stabilitou a zvýšeným rizikem pádů (Wu, Zhao, Zhou, & Wei, 2002).

Porovnáním změn svalové síly podmíněné věkem u žen a mužů, dospěl Borges (1998) k výsledku, že jsou tyto změny specifické pro obě pohlaví. Ve studii byly zahrnuty jedinci ve věku 20 až 70 let a výsledky ukázaly, že u žen dochází k úbytku vláken typu IIa i IIb, kdežto u mužů byl úbytek potvrzen pouze u vláken typu IIa.

Jednou z hlavních příčin ztrát svalové hmoty a síly vlivem stárnutí je pokles syntézy anabolických hormonů, který je příčinou katabolického efektu na svalech a kostech (Deschenes, 2004). Stárnutí provází také snížení rychlosti syntézy svalového proteinu (Proctor, Balagopal, & Nair, 1998) a redukcii svalových regeneračních schopností (Raggi, & Berardi, 2012). Dalšími faktory, které mohou přispět k úbytku svalové síly a hmoty při procesu stárnutí jsou stavy vyžadující období imobility (Keller & Engelhardt, 2013) a dále komorbidity, jako např. malignity, pokročilá orgánová selhání, zánětlivá onemocnění, endokrinní onemocnění, gastrointestinální poruchy a revmatoidní artritida. Mimo fyziologické ztráty síly a svalové hmoty vyvstává syndrom sarkopenie, charakterizovaný jako progresivní a generalizovaná ztráta síly kosterního svalstva a hmoty u starších osob (Cruz-Jentoft et al., 2010). Sarkopenie je spojována s řadou fyziologických, metabolických a funkčních poškození a je jedním z hlavních faktorů, vedoucích ke zhoršení kvality života postiženého jedince (Dutta, 1997).

Kombinací nedostatku svalové síly a neadekvátní diety vzniká začarovaný kruh progresivní pohybové inaktivity a urychlených ztrát svalové hmoty (Bortz, 1982). Zásadní je postižení dolních končetin, kdy sarkopenie může vést k různým fyzickým dysfunkcím (Orr, Raymond, & Singh 2008), včetně postižení posturální stability, jež je rizikovým faktorem pádů a fraktur (Kinney, 2004). A jakmile dojde ke snížení svalové síly, objevuje se zkrácení

délky kroku (Fiatarone et al., 1990), ke snížení rychlosti chůze (Bassey, Bendall, & Pearson, 1988) a snižuje se tolerance svalového zatížení (Jette & Branch, 1981).

Snížená svalová výkonnost stojí u vzniku snížené svalové síly, a to zejména dolních končetin (Skelton, Greig, Davies, & Young, 1994). Ochi, M., Tabara, Kido, Uetani, Ochi, N., Igase, Miki a Kohara (2010) konkretizují, že plocha příčného průřezu musculus quadriceps femoris (QF) je větší měrou spojena se stárnutím než ostatní svaly. Snížená síla dolních končetin je zodpovědná za zhoršenou schopnost provádět aktivity denního života, jako je například chůze do schodů (Salem, Wang, Young, Marion, & Greendale, 2000). Toto tvrzení potvrzují výsledky studie Bortz (1982), který ve své práci udává, že následkem sarkopenie zůstávají starší lidé často neschopni mnoha aktivit denního života.

Avšak ztráty svalové síly může zapříčinit spousta jiných faktorů než jen stárnutí, jež mohou způsobovat klinicky signifikantní omezení funkcí, patří sem například revmatoidní artritida, osteoartróza, pediatrické problémy, muskuloskeletální poranění, dlouhodobá imobilizace nebo neadekvátní příjem proteinů (Monsell, Furman, Herdman, Konrad, & Shepard, 1997), proto je vždy nutná diferenciální diagnostika.

Nízká úroveň svalové síly, myšleno jako funkční poškození, hraje přechodnou roli v cestě od nemoci k disabilitě (Verbrugge & Jette, 1994). Kromě nemocí a bolestí pohybového aparátu, jež jsou přímo spojené s motorickým postižením, nižší úroveň fyzické aktivity je rovněž spojená se snížením svalové síly a přispívá k vyššímu stupni motorické disability (Rantanen et al., 1999).

Macaluso, Nimmo, Foster, Cockburn, McMillan a De Vito (2002) zkoumali 10 mladých ( $22.8 \pm 5.7$  let) a 10 starších ( $69.5 \pm 2.4$  let) zdravých žen a porovnávali jejich množství intramuskulárních nekontraktilních tkání hodnocených na magnetické rezonanci a svalovou sílu pomocí parametru maximální moment síly (PT). Výsledky měření PT extenzorů KOK ukázaly, že skupina starších žen byla průměrně o 43 % slabší než skupina mladých žen. Zároveň měly starší ženy signifikantně větší množství nekontraktilních tkání než mladší ženy, vyjádřené v procentech z měření QF bilaterálně ( $13.1 \pm 7.6$  % vs.  $5.8 \pm 3.7$  %), a co se kontraktilních tkání týče, výsledky hovoří také výrazně ve prospěch mladých žen. Dále bylo zjištěno, že u starších žen je zvýšené procento koaktivace flexorů KOK během extenze v KOK, což může být jedním z dalších faktorů, jež působí negativně na svalovou sílu extenzorů KOK starších žen. Snížená svalová síla extenzorů KOK může být tedy zapříčiněna nejen sníženým množstvím kontraktilních elementů, avšak také zvýšenou koaktivací

antagonistů během extenze KOK (Macaluso, Nimmo, Foster, Cockburn, McMillan, & De Vito, 2002).

Další studie (Petrella, Kim, Tuggle, Hall, & Bamman, 2005), porovnávající změny svalové síly podmíněné věkem, potvrzuje výsledky studie popsané výše. Testování maximální koncentrické síly extenzorů KOK v pěti různých rychlostech mladších (20 až 35 let) a starších (60 až 75 let) jedinců a jejich následné srovnání ukázalo vyšší hodnoty svalové síly u skupiny mladších probandů a u mužů. Měření probíhalo tak, že probandi byli instruováni co nejrychleji provádět koncentrickou fázi, a to extenzi v KOK a excentrická fáze byla následně řízena. Skupina mladších účastníků měla lepší hodnoty ve všech rychlostních stupních provedení než skupina starších účastníků. Z toho vyplývá, že snížená „power“ podmíněná věkem je primárně ovlivněna deteriorací explozivní kontraktilní rychlosti. Co se týká rychlosti provedení extenze v KOK, nebyly odhaleny signifikantní rozdíly při srovnání pohlaví, nýbrž věku (Petrella, Kim, Tuggle, Hall, & Bamman, 2005). Naopak Frontera, Hughes, Lutz, & Evans (1991) udávají, že je svalová síla žen o 23% nižší než svalová síla mužů.

### 1.1.2 Vliv asymetrické svalové síly dolních končetin

U starších osob se může objevovat stranový rozdíl ve svalové síle. Jinými slovy se tedy u starších jedinců objevuje asymetrický deficit ve svalové síle (Portegijs, 2008). Asymetrická svalová síla v oblasti kloubů nebo celých končetin může vést k neadekvátní kontrole pohybu (Grygorowicz, Kubacki, Pilis, Gieremek, & Rzepka, 2010).

Svalová asymetrie může vzniknout z mnoha rozlišných příčin. Onemocnění, úrazy nebo bolesti postihující jednu dolní končetinu (DK) mohou mít vliv na svalovou sílu dané oblasti, tedy může na postižené straně zapříčinit sníženou svalovou sílu (Portegijs, 2008). Van Wilgen, Akkerman, Wieringa a Dijkstra (2003) zjistili, že nespecifické bolesti v oblasti DK způsobují redukci svalové síly celé končetiny na postižené straně. Bolesti v oblasti DK mohou tedy způsobit asymetrii svalové síly dolních končetin (DKK). Steultjens, Roorda, Dekker a Bijlsma (2001) dále zjistili, že k největším změnám svalové síly dochází v oblasti postiženého kloubu osteoartrózou, což může opět stát u zrodu asymetrie. Vznik bilaterální

svalové asymetrie DK a snížení symetrického rozvoje těla může vzniknout také vlivem jednostranného zatěžování (Valdez, 2003).

Je důležité případnou asymetrii diagnostikovat, protože bilaterální rozdíly ve svalové síle mohou být jedním z prediktorů vzniku poranění (Gstöttner, Neher, Scholtz, Millonig, Lembert, & Raschner, 2009).

Studie Skelton, Kennedy a Rutherford (2002) tvrdí, že ženy s historií pádů (fallers), byly méně aktivní, avšak nebyly nijak výrazně slabší. U obou skupin žen, jak s historií pádů, tak bez pádů (nonfallers) byla naměřena signifikantní asymetrie ve svalech dolních končetin, a to jak síly, tak explozivní síly. Ačkoliv byla naměřena asymetrie u obou skupin, podstatně větší míra asymetrie se však objevuje u fallers. U těchto žen byla porovnána svalová síla slabší dolní končetiny (DK) a její síla byla o 24 % menší než u žen bez historie pádů (nonfallers). Skelton, Kennedy a Rutherford (2002) uvádí hypotézu, že nedostatečná explozivní síla v kombinaci s asymetrií dolních končetin (DKK) může být významnějším prediktorem pádů než tradičně udávaný stěžejní vliv svalové síly. U 13 % nonfallers a 60 % fallers byla zjištěna asymetrie mezi DKK větší než 10 %. Naměřené asymetrie DKK neodpovídají dominanci končetin. Samotná přítomnost asymetrie je významným faktorem, její stupeň však nikoliv. Vyplývá to z měření, ve kterých nebyla zjištěna korelace mezi počtem pádů a naměřeným stupněm asymetrie.

U starších žen se objevuje podstatně více variabilita a asymetrie chůze, což je zapříčiněno přítomností silové asymetrie a při chůzi blížící se jejich maximální kapacitě se asymetrie zvyšuje (LaRoche, Cook, & Mackala, 2012). Asymetrické vzorce chůze, stejně jako silové asymetrie (Skelton, Kennedy, & Rutherford, 2002), jsou významným nezávislým faktorem spojeným s pády u starších osob (Yogev, Plotnik, Peretz, Giladi, & Hausdorff, 2007). Silová asymetrie nebo procentuální stranový rozdíl mezi svalovou silou specifických svalových skupin může vzniknout vlivem dominance DK (Lanshammar & Ribom, 2011) nebo unilaterální patologie (Suetta et al., 2007) a zvyšuje se s věkem (Perry, Carville, Smith, Rutherford, & Newham, 2007). Rozdílné, asymetrické bilaterální chování DKK během chůze může být zapříčiněno chorobou, diskrepancí v délce končetin a svalovými dysbalancemi (Sadeghi, Allard, Prince, & Labelle, 2000).

Skelton, Kennedy, a Rutherford (2002) ve studii zkoumající osoby ve věku 75 – 76 let udává, že asymetrický deficit bilaterální izometrické svalové síly extenzorů KOK je průměrně 10 %, kdežto Perry, Carville, Smith, Rutherford a Newham (2007) zjistili, že průměrná

hodnota asymetrické izometrické svalové síly extenzorů KOK je 13 %. I přes to byla v naší studii v souladu s Davies, Heiderscheit a Brinks (2000), jako kritérium použita hodnota asymetrie svalové síly QF vyšší než 15%.

Co se týče stranové dominance Hunter, Thompson, a Adams (2001) zjistili rozdíl mezi izometrickou svalovou silou extenze KOK dominantní a nedominantní DK, a to průměrně 5 %. Naopak Skelton, Kennedy, & Rutherford (2002) tvrdí, že jednostranný asymetrický deficit svalové síly neodpovídá dominanci dolních končetin.

Carabello, Reid, Clark, Phillips a Fielding (2010) potvrdili, že u starších osob se objevuje výraznější asymetrie extenzorů KOK (15 %) než u mladších generací (10 %). Dále prokázali, že u starších osob, jejichž mobilita je limitována (21 %), je výraznější asymetrie extenzorů KOK než u osob normálně neomezeně mobilních (12 %).

Svaly DKK hrají během chůze významnou roli, a proto je pochopitelné spekulovat o vztahu mezi silovou asymetrií a asymetrií chůze a variabilitou chůze. Důsledkem svalové dysbalance je nestejně rozložení sil DKK během chůze (Sadeghi, Prince, Zabjek, & Labelle, 2004). LaRoche, Cook, a Mackala (2012) tedy podporují hypotézu, že pokud je asymetrie svalové síly extenzorů KOK větší než 20 %, dochází ke zvýšení asymetrie a variability chůze. U subjektů s přítomností svalové asymetrie byla také zjištěna pomalejší chůze, což demonstruje vztah mezi asymetrií a mobilitou. Významným odhalením je zvyšující se asymetrie a variabilita chůze při chůzi, jejíž rychlost se blížila maximálním hodnotám. Studie jak Carabello, Reid, Clark, Phillip a Fielding (2010), tak Skelton, Kennedy a Rutherford (2002) naznačují, že je asymetrie schopnosti rychle generovat sílu mnohem více spojena s rizikem pádů a mobilitou než samotná svalová asymetrie. Je tedy pravděpodobné, že jedincům s asymetricky rozloženou svalovou silou mohou činit obtíže provedení funkčních úkolů, jako je vstávání ze židle, chůze do schodů a ze schodů a chůze (LaRoche, Cook, & Mackala, 2012).

## **2.2 Isokinetická dynamometrie**

Izokinetika je pojem vztahující se k druhu pohybu, jež probíhá konstantní rychlostí. Přesněji řečeno se vztahuje ke specifické situaci, ve které samotný sval nebo svalová skupina působí proti kontrolovanému, přizpůsobujícímu se odporu. Tento kontrolovaný odpor

způsobuje, že se daný segment těla pohybuje podle předem definovaného pohybu konstantní úhlovou nebo lineární rychlostí (Dvir, 2004).

Izokinetická dynamometrie (ID) je metoda diagnostiky svalové síly, která se začala rozvíjet v druhé polovině 60. let 20. století a postupně se stala důležitou součástí diagnostiky i tréninku v oblasti rehabilitace a sportu (Janura, Vařeka, Lehnert, Svobodova, Klugarová, & Elfmark, 2012). Dynamometry se rozvíjely až do současné podoby, kdy umožňují měření v excentrickém režimu, a to při okamžitém poskytnutí vysoce validních naměřených dat (Dvir, 2004). ID je metoda diagnostiky svalové síly vyvíjené při proměnlivém odporu zátěže, přičemž je pomocí dynamometru udržována konstantní rychlost pohybu. Právě odpor dynamometru je roven velikosti svalové síly v celém rozsahu pohybu (Baltzopoulos & Brodie, 1989). ID je velice užitečná a unikátní metoda, která umožňuje hodnotit dynamickou funkci svalů a kloubů, a to při specifických úhlových rychlostech (Baltzopoulos, King, Gleeson, & De Ste Croix, 2012), navíc při optimálním svalovém zatížení (Baltzopoulos & Brodie, 1989).

Při ID nejsou však významné pouze fyziologické a mechanické faktory, ale zároveň faktory psychologické. Pro dosažení objektivních výsledků je zapotřebí, aby byla testována osoba motivovaná a ochotná spolupracovat (Baltzopoulos & Brodie, 1989).

Princip je pro všechny izokinetické přístroje společný. Proband je v kontaktu s ramenem páky, které se pohybuje předem nastavenou úhlovou rychlostí, čehož je dosaženo tím, že tlačí-li proband do podložky silněji, přístroj zvětšuje odpor a rychlost zůstává konstantní. Odpor je tedy proměnlivý a mění se v závislosti na změnách síly vyvíjené svaly v jednotlivých úhlech pohybu (Anonymous, n. d.).

### 2. 2. 1 Oblasti využití

Zjištěné diagnostické hodnoty mohou být dále využity při realizaci izokinetického tréninku (Baltzopoulos & Brodie, 1989), při rehabilitaci po zranění, pro tvorbu specifické pohybové intervence (Baltzopoulos, King, Gleeson, & De Ste Croix, 2012). ID je při rehabilitaci jedinečná svou bezpečností u pacientů se svalovými a vazivovými poraněními, při tréninku různých svalových skupin s cílem zlepšit svalový výkon pro možnost svalové práce v dynamických podmínkách nebo pro možnost trénovat rychlost pohybu při různých



činnostech simulujících trénink za účelem zlepšení tréninkového efektu (Baltzopoulos & Brodie, 1989).

V případě našeho výzkumu je stěžejní využití ID zejména pro diagnostiku síly v KOK (Janura, Vařeka, Lehnert, Svobodová, Klugarová, & Elfmark, 2012) pro posouzení poměru síly hamstringů a QF (Croiser, Reveillon, Ferret, Cotte, Genty, Popovich, Mohty, Faryniuk, J. E., Ganteaume, S., & Crielaars, 2003) nebo pro zjištění silové nerovnováhy mezi dominantní a nedominantní končetinou jako jeden z ukazatelů rizika zranění (Janura, Vařeka, Lehnert, Svobodová, Klugarová, & Elfmark, 2012).

Pomocí ID je možné měřit parametry ve všech rovinách pohybu, diagnostikovat a cvičit jak v otevřených (flexe, extenze v KOK), tak uzavřených svalových řetězcích (dřep, leg-press) a také s přihlédnutím ke specifickým požadavkům sportů (Janura, Vařeka, Lehnert, Svobodová, Klugarová, & Elfmark, 2012).

## 2. 2. 2 Měřené parametry

Základním testovaným parametrem je moment síly (torque, [N·m]), který vyjadřuje otáčivý účinek síly produkované svaly při dané rychlosti v určité vzdálenosti od osy otáčení v průběhu celého rozsahu pohybu. Hodnota momentu síly může být vyjadřována jako maximální moment síly nebo průměrná hodnota momentu síly, které bylo dosaženo v průběhu celého rozsahu pohybu (Dvir, 2004). Pro maximální moment síly se v literatuře používá téměř výhradně anglický ekvivalent peak torque (PT), který budu v práci používat. Se zvyšující se rychlostí pohybu dochází během koncentrické kontrakce ke snížení maximálního momentu síly vyvíjeného svalovou skupinou, kdežto během excentrické kontrakce se PT nejdříve zvyšuje a při narůstající rychlosti se nemění nebo klesá (Dvir, 2004). Hoffman (2006) tvrdí, že hodnota PT naměřená u svalstva participujícího při pohybech v KOK může sloužit pro posouzení stability a integrity KOK.

K měřeným parametrům patří výkon (power, [W]), který vyjadřuje množství práce vyprodukované za jednotku času. Výkon je významným ukazatelem schopnosti rychle produkovat vysokou úroveň síly. Měření výkonu je vykonáváno za účelem prokázat zlepšení ve sportovních činnostech, které nejsou omezeny maximální silou (Dvir, 2004).

Měření je rovněž úhel, při kterém je dosaženo maximálního momentu síly. Úhel maximálního momentu síly odpovídá pozici segmentu, ve které je dosaženo nejvyššího momentu síly a je specifický pro různé druhy cvičení (Dvir, 2004).

Práce (work, [J]) je popisována jako svalová síla působící po určité dráze. Je to tedy vyjádření množství svalového napětí, jež je vyprodukováno během svalové kontrakce. Práce je určena jako součin průměrného momentu síly a velikosti změny úhlu v daném kloubu. Hodnota práce je důležitým ukazatelem silové vytrvalosti a je uváděna v maximálních nebo průměrných hodnotách (Dvir, 2004).

Dalším parametrem je čas potřebný k dosažení PT ( $T_{max}$ , [ms]), který slouží k posouzení úrovně explozivnosti. Hodnocen je zde interval mezi zahájením pohybu a dosažením PT (Dvir, 2004).

### 2. 2. 3 Přednosti a nedostatky izokinetických přístrojů

Mezi přednosti izokinetických přístrojů patří snadná a bezpečná realizace cvičení, a to u širokého spektra osob, včetně netrénovaných jedinců a osob v rekonvalescenci. Dalším plusem je vysoká reliabilita a obsahová validita vzhledem k výkonnosti svalstva. Někteří autoři tyto pozitiva zpochybňují a vidí nedokonalost přístrojů v tom, že není schopen generovat izokinetickou sílu v celém rozsahu pohybu. Dále je zpochybňován přenos tréninkového efektu do sportovního výkonu pro malou specifickou cvičení (Anonymous, n. d.). Chandler (2000) a Dvir (2004) popisují mezi přednostmi izokinetických přístrojů provádění pohybu svalovými skupinami na úrovni jejich potencionálního maxima v celém rozsahu pohybu, dále oceňují možnost přednastavení rozsahu pohybu, možnost volby typu požadované kontrakce a přítomnost vizuální zpětné vazby.

Chandler (2000) kritizuje vysoké pořizovací náklady izokinetických přístrojů, také časovou náročnost měření a požadavky na osoby realizující měření. Mezi limitace ID je také řazena maximální nastavitelná rychlost pohybu, která se nepřibližuje rychlostem některých sportovních disciplín, dále izolovaný rozsah pohybu a limitovaný počet cvičení (Chandler, 2000).

### 2.3 Posturální stabilita

Posturální motorika společně s motorikou lokomoční zajišťuje pohyb tak, aby byl bezpečný, aby byly kloubní plochy zatěžovány rovnoměrně, aby nedocházelo k přetížení a předčasnému opotřebení. Dále posturální a lokomoční motorika zabezpečuje stabilitu polohy segmentu jak v klidu, tak při pohybu a v potřebném rozsahu. Obě motoriky tedy tvoří funkční celek, který svou funkcí tvoří zabezpečovací a opornou bázi pro účelově cílenou ideomotorickou jemnou motoriku (Véle, 2006).

Lidské tělo můžeme ve stoji považovat za přirozeně nestabilní systém, jehož labilita je zapříčiněna velkým množstvím pohyblivých segmentů (Véle, 1997). Ve statické poloze tělo jako celek nemění svou polohu v prostoru, avšak každá tato statická poloha implicitně obsahuje děje dynamické. Pokud tělo zaujme stálou polohu, nejedná se o statický stav, kdežto o určitý proces, který čelí fyziologické labilitě pohybové soustavy, která je nutným předpokladem pro pohyb. Jedná se tedy o kontinuální zaujímání stálé polohy, nikoliv o jednorázové zaujetí stálé polohy (Kolář, 2009).

Adekvátní posturální kontrola závisí na integraci vestibulárních, somatosenzorických a vizuálních informací o pohybu těla (Woollacott, 1993). Posturální systém se skládá z několika sensorických systémů (somatosenzorický, vizuální a vestibulární), motorického systému a centrálního integračního systému, který zahrnuje komplex interakcí mezi množstvím nervových systémů (Horak & MacPherson, 1996). Zrak, propiocepce a vestibulární systém poskytují podrobné informace pocházející ze zevního prostředí, zatímco interní zpětnovazebné okruhy, jako jsou spinální napínací reflex nebo tonické reflexy, jež podléhají kontrole z vyšších center, jsou zdrojem interocepce (Colledge, Cantley, Peaston, Brash, Lewis, & Wilson, 1994). Tyto systémy jsou ovlivňovány stárnutím a následkem je zhoršení schopnosti zaujmout stabilní stoj (DuPasquier, Blanc, Sinnreich, Landis, Burkhard, & Vingerhoets, 2003).

Stabilitu neovlivňují však pouze neurofyziologické faktory, nýbrž také faktory biomechanické, mezi které patří velikost opěrné plochy. Opěrná plocha je část podložky, která je v přímém kontaktu s tělem. Ve statické poloze se tedy stává základní podmínkou stability poloha těžiště. Těžiště se totiž musí v každém okamžiku promítat do opěrné báze. Opěrná báze je plocha ohraničená nejvzdálenějšími hranicemi plochy (ploch opory), tudíž opěrná báze bývá obvykle větší než opěrná plocha. Stabilita je tedy nepřímo úměrná výšce těžiště nad

opěrnou bází, vzdálenosti mezi průmětem těžiště do opěrné báze a sklonu opěrné plochy k horizontální rovině a přímo úměrná je velikosti plochy opěrné báze a hmotnosti (Kolář, 2009). Předpokladem pro poruchy rovnováhy, je dle Wintera (1995) vysoko uložené těžiště, které se pohybuje nad poměrně malou opěrnou bází.

V neposlední řadě může být instabilita podmíněna exogenními příčinami, endogenními příčinami a kombinací všech výše uvedených příčin (Kalvach, 2008).

K dosažení efektivní motorické odpovědi je zapotřebí intaktní neuromuskulární systém a dostatečná svalová síla, aby došlo k návratu těžiště do opěrné báze, pokud dojde k poruše rovnováhy. Kontrola rovnováhy je nezbytná ve všech situacích, jak statických, tak dynamických. K pádům a ztrátě rovnováhy nejčastěji dochází během pohyb vyžadujících úkonů (chůze) a zřídka kdy během statických aktivit (Ünlüsoy, Aydoğ, Tuncay, Eryüksel, Ünlüsoy, & Çakıcı, 2011). Při pomalé změně opěrné plochy nebo při klidném bipedálním stojí je narušení rovnováhy regulováno pomocí kotníkové strategie, tedy zejména pohybem v hlezenním kloubu (Gatev, Thomas, Kepple, & Hallett, 1999) a během náročnějších situací se uplatňuje zejména kyčelní strategie, tedy regulace pomocí flexe a extenze v kyčelním kloubu (Winter, 1995).

Přestože existuje mnoho faktorů, které mohou zapříčinit pád, je přítomna výrazná korelace mezi zhoršenou posturální stabilitou (PS) a pády (Horak, Shupert, & Mirka, 1989). Zhoršení muskuloskeletálních a neuromuskulárních funkcí může negativně ovlivnit jak rovnováhu, tak funkční mobilitu (Liu-Ambrose, Eng, Khan, Mallinson, Carter, & McKay 2002). Zpomalené a méně efektivní protektivní pohyby při pádu mohou vysvětlovat zvýšený počet zlomenin zapříčiněných pády (Melton & Riggs, 1985).

Riziko pádu a hrozba následného zranění je hlavní příčinou toho, že určení stability či nestability je jedním ze základních měření, které by měli absolvovat pacienti s balančním deficitem. Prevence pádu má velký význam nejen pro eliminaci poranění, ale také působí preventivně na případné psychické problémy, které může pád vyvolat, a to i v případech, kdy k poranění nedojde (Janura, Vařeka, Lehnert, Svobodova, Klugarová, & Elfmark, 2012).

Vařeka a Dvořák (2001) ve své studii zjišťují, že stabilita stoje v rovině frontální je lepší než stabilita předozadní v rovině sagitální. Tento fakt je vysvětlen tak, že sagitální rovina je přirozená pro lokomoci, proto je zde větší rozsah pohybu spojený s menší stabilitou. Baloh, Corona, Jacobson, Enrietto a Bell (1998) zjistili, že měření medio-laterální výchylky

bylo senzitivnějším indikátorem instability než měření antero-posteriorní výchylky. Stejně tak Stel, Smit, Pluijm a Lips (2003) tvrdí, že mediolaterální výchylka je významně spojena s výskytem opakovaných pádů. Fukagawa, Wolfson, Judge, Whipple a King (1995) zjistili, že nízká svalová síla DK, konkrétně nižší hodnoty maximálního momentu síly, prokazatelně kompromitují reakci na posteriorní výchylku.

### 2. 3. 1 Efekt stárnutí na posturální stabilitu

Instabilita je již dlouhodobě řazena mezi klinické priority geriatrické medicíny. Instabilita je podmiňována sarkopenií a malnutricí, dále podmiňuje snižování kondice a úzkost a je součástí terminální geriatrické deteriorace, jež má výrazný dopad jak v souvislosti lidské, tak ekonomické (Kalvach, 2008).

Choy, Bauer a Nitz (2003) zmiňuje, že dosažením 65 let dochází ke zhoršení funkce sensorického systému takového rozsahu, že může nepříznivě ovlivnit rovnováhu a významně přispět k riziku pádu. Toto tvrzení potvrzuje i Hausdorff, Rios a Edelberg (2001), kteří udávají, že přibližně jedna třetina až jedna polovina populace nad 65 let vykazuje problémy s posturální stabilitou (Hausdorff, Rios, & Edelberg, 2001). Ztráta citlivosti periferního sensorického systému bez odpovídajícího onemocnění je u starších osob přítomen tak často, že jsou tyto ztráty považovány za normální následek stárnutí (Horak, Shupert, & Mirka, 1989). Dále je stárnutí spojeno se snížením svalové síly, s úbytkem svalového objemu, svalových vláken (Baloh, Ying, & Jacobson, 2003), dále souvisí s alterací motorických jednotek (Porter, Vandervoort, & Lexell, 1995) a se změnami v postuře (Woodhull-McNeal 1992).

S přibývajícím věkem dochází ke generalizovanému zhoršení zraku, což je spojeno s posturální stabilitou a zvýšeným rizikem pádů (Lord & Menz, 2000). Rovněž Poulain a Giraudet (2008) ve své studii zmiňují fakt, že se s věkem zvyšuje závislost rovnováhy na zrakové kontrole, a to zejména při omezené informaci z proprioceptorů. Starší osoby jsou schopné stabilního stoje, pokud je stabilita limitována buď pouze redukcí či absencí vizuálních informací nebo somatosenzorických informací, ale pokud dojde k redukcí obou těchto systémů a k udržování stability zůstává pouze vestibulární aparát, začínají ztrácet rovnováhu (Woollacott, 1993).

Uvedená rizika v oblasti rovnováhy se netýkají jen seniorů, ale začínají již u osob středního věku (Poulain & Giraudet, 2008). Zvýšené hodnoty výsledků měření rovnováhy mohou být vysvětleny zvýšenou tolerancí vůči instabilitám, zvýšenou odolností m. gluteus maximus vůči svalové slabosti nebo zlepšenou rovnováhou (Lee & Park, 2013). Metody, kterými posuzujeme efekt stárnutí na PS ve studiích, se liší (Baloh, Fife, Zwerling, Socotch, Jacobson, Bell, & Beykirch, 1994). Přesto, dobrá znalost vlivu věku na posturální stabilitu je zásadní pro rozlišení mezi fyziologickým stárnutím a patologiemi, vedoucími ke zhoršení PS (Du Pasquier, Blanc, Sinnreich, Landis, Burkhard, & Vingerhoets, 2003). Dle Camicioli, Panzer a Kaye (1997) již nemůže být u pacientů nad 80 let kompenzována zhoršená propriocepce pomocí zraku.

### 2. 3. 2 Svalová síla ve vztahu k posturální stabilitě

Věkem podmíněné snižování svalové síly a výkonu je považováno za faktor, negativně ovlivňující kontrolu rovnováhy, ale existence přímého vztahu mezi svalovou silou a rovnováhou je stále předmětem debaty a zůstává kontroverzním tématem. To je zřejmě zapříčiněno tím, že posuzování rovnováhy je velice komplexní a znesnadňují ho rozdílné fyziologické mechanismy odpovědi na posturální výchylku nebo odlišný timing během provádění balančních úkolů (Forte, Boreham, De Vito, Ditroilo, & Pesce, 2014).

Vliv svalové síly na posturální stabilitu je markantní. Tento fakt potvrzuje Ünlüsoy, Aydoğ, Tuncay, Eryüksel, Ünlüsoy a Çakıcı (2011), jež ve své studii uvádí, že nejvlivnějším faktorem pro rovnováhu je svalová síla. Proto je podle něj pro zlepšení rovnováhy a prevenci pádů důležité posilovat QF, a to zejména u osteoporotických pacientů, jejichž PS je výrazně horší než u osob zdravých. Svalová síla QF a hamstringů byla v uvedené studii měřena pomocí isokinetického dynamometru v úhlové rychlosti 60–180–300° za sekundu. Ünlüsoy, Aydoğ, Tuncay, Eryüksel a Çakıcı (2011) závěrem shrnují, že je posturální stabilita žen (s osteoporózou) signifikantně horší než u zdravých žen a nejvýznamnějším faktorem, jež ovlivňuje rovnováhu je svalová síla QF. Whipple, Wolfson a Amerman (1987) rovněž zjistili, že svalová síla je jedním z klíčových rizikových faktorů pádů. U starších osob byl zjištěn signifikantní vztah mezi svalovou silou DKK a pády (Whipple, Wolfson, & Amerman, 1987). K těmto závěrům autoři došli na základě měření PT a výkonu, a to měření na isokinetickém dynamometru o úhlových rychlostech 60° a 220° za sekundu. Do měření byly zahrnuty extenzory KOK, flexory KOK, plantární flexory nohy a extenzory nohy. U upadnuvších byl

významně snížen jak PT, tak výkon, avšak větší důraz je zde kladen na výkon (Whipple, Wolfson, & Amerman, 1987).

Parametr PT jako výchozí hodnotu pro zhodnocení vlivu svalové síly na PS použili Beebe, Hines, McDaniel a Shelden (2013). Autoři popisují, že při zvýšení hodnoty PT dochází ke zlepšení testovaných hodnot rovnováhy a na základě výsledků studie závěrem doporučují využití izokinetického tréninku pro prevenci a redukci pádů (Beebe, Hines, McDaniel, & Shelden, 2013).

Jako nejvýznamnější determinant jak statické (10 %), tak dynamické (26 %) rovnováhy byla popsána svalová síla extenzorů KOK. Na základě těchto zjištění Carter, Khan, Mallinson, Janssen, Heinonen, Petit a McKay (2002) popisují, že zvýšení svalové síly extenzorů KOK přibližně o 3%, znamená až o 1,2 % zlepšení statické rovnováhy a o 2,4 % zlepšení dynamické rovnováhy. Carter et al. (2002) se ve své studii zaměřili na popsání vztahu mezi svalovou silou, pohybovou aktivitou a statickou a dynamickou rovnováhou žen s osteoporózou. Bylo osloveno 97 žen průměrného věku 69 let., u kterých byla hodnocena statická rovnováha, dynamická rovnováha a svalová síla (isokinetická dynamometrie). Závěrem autoři připouštějí, že svalová síla extenzorů KOK je signifikantním determinantem zvládnutí statických a dynamických balančních testů u žen ve věku 65-75 let s osteoporózou. Rovněž Carter, Khan, Mallinson, Janssen, Heinonen, Petit a McKay (2002) došli k závěru, že svalová síla extenzorů KOK představuje významný faktor ovlivňující odchylku v balančním testování.

Další studie (Forte, Boreham, De Vito, Ditroilo, & Pesce, 2014), která hodnotí efekt statické posturální kontroly na vztah mezi PT, výkonem a dynamickými balančními testy. U 57 zdravých jedinců ve věku 65-75 let byla testována dynamická funkční rovnováha (rychlost chůze za různých podmínek), PT extenze v KOK dominantní končetiny (izokinetický dynamometr), výkon (výskoky na silové podložce) a statická posturální kontrola pomocí Rombergova stoje a tandemového stoje (silová podložka). Byl zjištěn vztah mezi dynamickou rovnováhou a hodnotami PT a výkonu DK. Stejně tak byl zjištěn vztah mezi PT a statickou posturální kontrolou. Tyto výsledky tedy ukázaly, že dobrá statická posturální kontrola usnadňuje využití svalové síly DK pro lepší provedení komplexních, dynamických funkčních úkonů. Další vztah byl zjištěn mezi výsledky rychlosti odpovědi na výchylku v Rombergově stoji se zavřenýma očima a jak PT, tak výkon. Tedy jedinci s vyššími

hodnotami těchto parametrů (PT, výkon) vykazují rychlejší odpověď na výchylku (Forte, Boreham, De Vito, Ditroilo, & Pesce, 2014).

Vztah mezi pády a hodnotou PT popisuje Fukagawa, Wolfson, Judge, Whipple a King (1995). Výsledky studie ukázaly na značné rozdíly hodnot PT mezi účastníky s historií pádů a bez historie pádů u zkoumaných probandů z domova důchodců. U upadnuvších účastníků měření byla zjištěna více než poloviční svalová síla svalových skupin okolí KOK a hlezenního kloubu. Byl měřen parametr PT pomocí isokinetického dynamometru a testovaným pohybem byla extenze a flexe v KOK a dorzální a plantární flexe v hlezenním kloubu. Posturální stabilita je zde hodnocena pomocí zátěžového posturálního testu. Hodnoty u probandů bez historie pádů jsou o poznání vyšší než u skupiny upadnuvších. Co se týče pohybů vyžadujících rovnováhu, je nezbytné vyvinout adekvátní moment síly během pohybů končetinami. Tedy, výrazně zhoršený PT během měřených funkčních rychlostí je významným faktorem omezené rovnováhy (Fukagawa, Wolfson, Judge, Whipple, & King, 1995).

S výsledky výše zmíněných studií korespondují výsledky výzkumů, které jsou zaměřeny na potvrzení vztahu mezi PS a pohybovou intervencí zaměřenou na zvýšení svalové síly. Orr, Raymond a Singh (2008) zjistili, že tréninkový program pro starší osoby zaměřený na zvýšení svalové síly, konkrétně progresivní odporový trénink, má za následek zlepšení rovnováhy a snížení rizika pádů. Zároveň však připouštějí, že během pohybové intervence hrozí riziko poranění. Závěrem autoři připouštějí, že daný progresivní odporový trénink není sám o sobě dostatečně účinnou intervencí pro zlepšení posturální kontroly. Toto tvrzení potvrzuje další studie (Sherrington, Whitney, Lord, Herbert, Cumming, & Close, 2008), ve které bylo zjištěno, že nejvýraznější efekt cvičení na výskyt pádů byl zjištěn u pohybového programu, jež zahrnoval kombinaci vysokých dávek cvičení a balanční trénink. Autoři popisují, že pohybová intervence zredukovala výskyt pádů přibližně o 17 %. V opozici stojí autoři Moreland, Richardson, Goldsmith et al. (2004), kteří tvrdí, že přestože je snížená svalová síla rizikovým faktorem pádů, výsledky jejich studie ukazují, že provádění mírného a vysoce intenzivního silového tréninku není spojeno s významným účinkem na přítomnost pádů.

Výše zmíněné studie a mnoho dalších potvrzují, že svalová síla ovlivňuje rovnováhu. Konkrétně věkem podmíněné snižování svalové síly negativně zhoršuje rovnováhu. Stěžejními parametry pro zhodnocení vztahu mezi svalovou silou a rovnováhou byl maximální moment síly a výkon. Výsledky studií a hypotézu, že svalová síla má významný



vliv na rovnováhu, kompromitují výsledky studie Muehlbauer, Besemer, Wehrle, Gollhofer a Granacher (2012) a rovněž studie autorů Ringsberg, Gerdhem, Johansson a Obrant (1999), kteří zjistili, že u žen ve věku 75 let není přítomna signifikantní závislost mezi svalovou silou a rovnováhou.

## 2.4 Pohybová aktivita

Všechny funkce lidského organismu jsou spjaty s pohybem (Měkota & Cuberek, 2007). Pohybovou aktivitu (PA) lze charakterizovat pomocí energetického výdeje jako tělesný pohyb, který je zprostředkován kosterním svalstvem. Práci kosterního svalstva tedy dochází ke zvýšení energetického výdeje nad úroveň klidového metabolismu. PA tvoří 15 – 40 % celkového energetického výdeje člověka (Sigmund & Sigmundová, 2011). Blahutková, Řehulka a Daňhelová (2005) popisují sportovní PA jako jeden z neodmyslitelných fenoménů lidského bytí a má svůj významný podíl na dění v moderní společnosti. Mezi důležité benefity PA patří zlepšení kvality života a zdraví (Blahutková, Řehulka, & Daňhelová, 2005). Avšak pokud hovoříme o PA, je nutné mít na paměti, že se nejedná jen o sport, ale i o aktivity, které vykonáváme v zaměstnání, v domácnosti a ve volném čase a v neposlední řadě můžeme využívat PA jako způsob dopravy (Sigmund & Sigmundová, 2011).

I přes zvyšující se objem volného času dochází současně k výraznému poklesu provádění PA, následkem toho dochází k poklesu fyzických nároků na organismus, a pokud spojíme do souvislosti úbytek fyzického pohybu a neadekvátní stravovací návyky, může vzniknout nadbytek energetického příjmu (Stejskal, 2004). Stejně tak nastiňuje současnou problematiku nedostatku PA Měkota a Cuberek (2007). Poukazují na fylogenetický vývoj lidského těla po dobu tisíců let, během kterých přizpůsobovalo pohybovou aktivitu okolním podmínkám, avšak od nástupu průmyslové revoluce došlo k poklesu objemu a intenzity přirozené PA (Měkota & Cuberek, 2007). Následně dochází k poruchám regulačních systémů a ke zvýšení rizika zdravotních obtíží. Tento řetězec často vyústí v řadu onemocnění, souhrnně nazývaných „civilizační choroby“. Mezi civilizační onemocnění řadíme aterosklerózu, hypertenzi, ischemickou chorobu srdeční, rakovinu, diabetes mellitus, obezitu, funkční poruchy pohybového systému, osteoporózu, psychické poruchy, poruchy imunity a další (Stejskal, 2004).

Rantanen, Guralnik, Sakari – Rantala, Leveille, Simonsick, Ling a Fried (1999) dále popisují začarovaný kruh na sebe navazujících dějů, které mohou svou progresí vést k rozvoji disability. Circulus vitiosus v tomto případě tedy zahrnuje onemocnění, například choroby popisované výše, které mohou zapříčinit disability. Disability snižuje množství PA jedince, inaktivita snižuje svalovou sílu a snížená svalová síla vede opět ke zhoršení motorických funkcí, které je opět významně spojeno se snížením úrovně fyzické aktivity.

Národní organizace, mezi které patří The American College of Sports Medicine a The Centres for Disease Control and Prevention, doporučují pravidelnou PA všem dospělým osobám a zároveň v oficiálních pokynech popisují úroveň cvičení, nutnou pro získání zdravotních benefitů (Pate et al., 1995).

#### 2. 4. 1 Pohybová aktivita starších žen

World Health Organization (2007) upozorňuje, že pravidelná PA pomáhá ženám předejít kardiovaskulárním onemocněním, jež jsou důvodem úmrtí 1/3 žen na celém světě. Dále PA působí jako prevence rozvoje onemocnění diabetes mellitus II a osteoporózy, což se týká zejména žen právě po období menopauzy (World Health Organization, 2007). Cvičení během menopauzy také pomáhá ženám lépe menopauzu snášet (Tlapák, 2006). U žen po menopauze hrozí dvakrát větší riziko vzniku osteoporózy než u mužů. Dále Světová zdravotnická organizace varuje, že muži jsou více aktivní než ženy, 25 žen v Evropě není vůbec aktivní a 60% žen nedosahuje minimální úrovně PA. PA žen přispívá k budování sebedůvěry a k lepší sociální integraci a rovnosti ve společnosti (World Health Organization, 2007).

Starší ženy méně tíhnou k PA, a to buď z důvodu pohodlnosti, nebo ze zvyku, a proto jsou vystaveny většímu riziku úrazu nebo imobility (Kučera & Dylevský, 1999). Yasunaga, Togo, Watanabe, Park, H., Park, S., Shephard a Aoyagi (2008) ve své studii, sledující PA mužů a žen hodnocenou za pomoci pedometru, potvrzují větší množství PA u mužů. Jejich výzkum ukázal, že muži dosáhli během jednoho roku o 20 - 30 % delší vzdálenost než ženy (Yasunaga et al., 2008).

Přestože většina chronických obtíží starší populace je preventabilní, a to vlivem vhodného životního stylu jako je PA, osoby této věkové kategorie reprezentují nejvíce sedavou populaci mezi dospělými (King, Rejeski, & Buchner, 1998). Navíc v průmyslových zemích patří lidé starší 65 let mezi nejrychleji rostoucí část populace (Senate, 1986). Přibližně 88 % osob nad 65 let trpí minimálně jedním chronickým problémem a rovněž vysoké procento starších jedinců trpí zhoršeným zdravím a bezproblémovým fungováním (Dawson, Hendershot, & Fulton, 1987).

Pravidelná PA je nesmírně důležitá pro zdraví starších osob, jelikož se stále zvyšuje prevalence onemocnění, na něž u starších jedinců můžeme působit preventivně právě vlivem

cvičení (Elward & Larson, 1992). Pravidelně cvičící starší osoby se dožívají vyššího věku, méně trpí depresemi a artrotickými bolestmi, dále se u takto aktivních osob snižuje riziko pádů a zlomenin a zvyšuje se stupeň jejich nezávislosti (Basse, 2000).

Většinou lidí přináší PA významné vnitřní psychologické benefity, jako například zvýšený pocit seberealizace. Avšak nejčastěji jsou starší lidé motivováni k pravidelnému cvičení touhou zlepšit své zdraví a kondici (Shephard, 1994). Pro osoby vyšší věkové kategorie je typická PA součástí zejména aktivního života, který zahrnuje například zahradničení a rychlou chůzi, ale zároveň také některé sporty na odpovídající úrovni (Monsell, Furman, Herdman, Konrad, & Shepard, 1997).

Kovar a LaCroix (1987) ve svém výzkumu odhalili, že ve věku 70 – 74 let má 23 % mužů a 27 % žen potíže s ujitím 0,4 km, a dále, že 23 % mužů a 41 % žen má problémy nebo vůbec nezvládne nést závaží o hmotnosti 11,4 kg.

Rantanen, Era a Heikkinen (1997) popisují fakt, že změny svalové síly vlivem stárnutí se liší mezi jednotlivými svalovými skupinami, a že prováděním každodenních PA jako jsou domácí práce, chůze, práce na zahradě, které patří mezi fyzicky nejnáročnější aktivity pro osoby vyššího věku, mohou hrát významnou roli v získávání adekvátní svalové síly pro samostatné živobytí. Opačný pohled na tento problém nabízí studie Hurley, Rees a Newham (1998), kteří zjistili, že snížená svalová síla QF spolu s dalšími faktory, narušuje výkon aktivit každodenního života a zhoršuje posturální stabilitu.

Studie Pols, Peeters, Twisk, Kemper a Grobbee (1997) ukázala signifikantně vyšší procento žen než mužů, které uvádějí, že se neúčastní žádných fyzických aktivit, i přestože má PA pro ženy spoustu významných zdravotních benefitů (Pols, Peeters, Twisk, Kemper, & Grobbee, 1997).

Daly, Ahlborg, Rinsberg, Gardsell, Sernbo a Karlsson (2008) zkoumali dlouhodobý efekt změny habituální PA, a to na svalovou sílu a další faktory, které již nejsou předmětem této práce. Studie byla zaměřena na ženy a muže nad 50 let. Ve své studii přišli ke zjištění, že se u starších žen i mužů, kteří dodržují převážně aktivní životní styl v období delším deseti let, objevují menší ztráty kostní hmoty a zachovávají si lepší rovnováhu než jedinci, kteří jsou spíše neaktivní. Dále Daly et al. (2008) připouští, že různé úrovně habituální aktivity neměly vliv na změny vznikající následkem stárnutí, jako je svalová síla a rychlost chůze. Rovněž nedošlo k žádným signifikantním změnám na muskuloskeletální a funkční úrovni vlivem

snížení nebo zvýšení habituální PA v období deseti let, výjimkou bylo pouze zlepšení rovnováhy u skupiny dodržující aktivní životní styl ve srovnání s neaktivními. Daly et al. (2008) také popisují důvody, jež mohou vysvětlovat nedostatek příznivých efektů habituální aktivity ve výsledcích této studie. Například měření svalové síly pomocí síly stisku ruky nemuselo být dostatečně senzitivní ke změnám celkové PA. Dále připouštějí, že v dotazníku nebylo rozlišeno mezi habituální fyzickou aktivitou, která může ovlivňovat horní a dolní část těla.

#### 2.4.2 Vhodná pohybová aktivita pro zlepšení svalové síly a rovnováhy

Je prokázáno, že PA může u starších osob působit jako prevence pádů. Konkrétně cvičební programy, zaměřené na rovnováhu jsou neefektivnější (Sherrington, Tiedemann, Fairhall, Close, & Lord, 2011). Mezi efektivní programy patří například tai chi (Li, Harmer, Fisher, McAuley, Chaumeton, Eckstrom, & Wilson, 2005) nebo jóga (Oken, Zajdel, Kishiyama, Flegal, Dehen, Haas, & Leyva, 2006).

Cvičení, která se orientují na rovnováhu, mohou přispět ke zlepšení mobility a k prevenci pádů starších osob. Zda je vhodné využít cvičení jógy jako pohybovou intervenci pro zlepšení rovnováhy a mobility starších osob a průměrném věku 68 let zkoumal Tiedemann, O'Rourke, Sesto a Sherrington (2013). Iyengar jóga je druh hatha jógy, jež je zaměřená na zlepšení svalové síly a flexibility a zahrnuje pozice ve stoje pro trénink stability. Výsledky studie ukázaly, že dvanáctitýdenní intervence signifikantně zlepšila rovnováhu a mobilitu účastníků (Tiedemann, O'Rourke, Sesto, & Sherrington, 2013). Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky předchozích výzkumů, jež prokázaly pozitivní účinek Iyengar jógy na zlepšení rovnováhy (Oken, Zajdel, Kishiyama, Flegal, Dehen, Haas, Kraemer, Lawrence, & Leyva, 2006).

Vlivem na zlepšení rovnováhy disponuje také cvičení tai chi, jež oslovuje senzomotorické aspekty rovnováhy (McKenna, 2001). Mnoho cvičebních poloh zde znesnadňuje stabilitu, jako například stoj na jedné noze při změnách mezi jednotlivými pozicemi. Kombinace pohybového cvičení a kognitivně - emocionálních stimulů může tedy vysvětlovat kýžený efekt, sledovaný u cvičících tai chi (Rand, Miller, Yiu, & Eng, 2011). Je známo, že osoby cvičící tai chi mají lepší svalovou sílu a bylo zjištěno, že již 16týdenní intervence má u starších žen vliv na signifikantní zvýšení excentrické svalové síly extenzorů

KOK. Je tedy vhodné, aby se cvičení tai chi stalo metodou volby pro trénink na zvýšení svalové síly starších osob (Lu, Hui-Chan, & Tsang, 2013).

Jako adekvátní trénink pro zlepšení rovnováhy je vhodné využití virtuální reality. Meldrum, Glennon, Herdman, Murray a McConn-Walsh (2012) ve své studii sledovali využití virtuální reality pomocí herních programů Nintendo Wii Fit Plus<sup>®</sup>, který ve výsledku ukázal dobré využití pro léčbu porušené rovnováhy. Na Nintendu byla prováděna cvičení a hry, které byly zaměřené na rovnováhu (Meldrum et al., 2012).

Účelem studie skupiny autorů Beneka, Malliou, Fatouros, Jamurtas, Gioftsidou, Godolias a Taxildaris (2005) zjistili, že odporový trénink o vysoké intenzitě, ve srovnání s mírnou a nízkou intenzitou, je nejefektivnějším typem tréninku pro zvýšení svalové síly extenzorů KOK u starších jedinců (Beneka et al., 2005). Vliv vysoce intenzivního odporového tréninku na zlepšení funkce svalstva, a to v sanatoriu u jedinců starších 90 let, potvrzuje ve své studii Fiatarone, O'Neill, Ryan, Clements, Solares, Nelson, Roberts, Kehayias, Lipsitz a Evans (1994).

Stejně tak Sarsan, Ardiç, Özgen, Topuz a Sermez (2006) potvrdili pozitivní efekt odporového tréninkového programu, jež trval 12 týdnů, na zlepšení svalové síly a výkonnosti. Vlivem odporového tréninku došlo k signifikantním zlepšením svalové síly testovaných obézních žen. Odporový trénink, ale zároveň i aerobní trénink spěly ke zlepšení výkonu a kapacity žen během cvičení (Sarsan, Ardiç, Özgen, Topuz, & Sermez, 2006). Vlivem odporového tréninku získávají jedinci jakéhokoliv věku vyšší svalovou sílu než jedinci, u kterých převládá sedavý způsob života. Tudíž, i navzdory svalovému stárnutí si aktivní osoby udržují vyšší svalovou sílu než jedinci neaktivní, a to i v pozdních letech života (Monsell, Furman, Herdman, Konrad, & Shepard, 1997).

Pohybový program, skládající se z vytrvalostního tréninku a posilovacího tréninku o nižší intenzitě, obvykle přináší pouze mírné zlepšení ve svalové síle s minimální úpravou svalové morfologie (Vitti, Bayles, Carender, Prendergast, & D'Amico, 1993). Naopak maximální zlepšení až o 174 % byl naměřen u probandů, kteří absolvovali vysoce intenzivní odporový trénink s nižším počtem opakování (Fiatarone, O'Neill, Ryan, Clements, Solares, Nelson, Roberts, Kehayias, Lipsitz, & Evans, 1994).

I přes veškeré shromážděné důkazy o příznivých účincích PA, 70 % starších jedinců připouští, že nemají žádný pravidelný cvičební program a 60 % udává, že za poslední uplynulý rok neušli jednu míly a více (Kovar, Fitti, & Chyba, 1992).

### **3 Cíle a hypotézy**

#### **3.1 Cíle**

Cílem práce je posoudit rozdíly v objemu a intenzitě PA žen starších 50 let s vyšším a nižším rizikem pádů (s asymetrií a bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK dominantní a nedominantní DKK) a rovněž stanovit vztah mezi izokinetickou silou extenzorů KOK a posturální stabilitou.

#### **3.2 Dílčí cíle**

- Stanovit aktuální úroveň PA žen s asymetrií a bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK.
- Stanovit izokinetickou sílu extenzorů KOK a její rozdíly mezi dominantní a nedominantní DK u sledovaného souboru žen.
- Stanovit posturální stabilitu sledovaných žen.

#### **3.3 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že u žen bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK dominantní a nedominantní končetiny bude zjištěna vyšší intenzita PA než u žen s asymetrií.

H2: Předpokládáme, že u žen bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK dominantní a nedominantní končetiny bude zjištěna vyšší objem PA než u žen s asymetrií.

H3: Předpokládáme, že ženy s vyšší úrovní PT při izokinetickém testování síly extenzorů KOK budou mít lepší posturální stabilitu.

H4: Předpokládáme, že ženy s vyšší úrovní průměrné práce při izokinetickém testování síly extenzorů KOK budou mít lepší posturální stabilitu



## 4 Metodika

Data použitá v této diplomové práci byla získána v rámci výzkumu s názvem Význam chůze u (pro)starších žen se sedavým zaměstnáním, který byl podpořen Grantovou agenturou ČR. V práci jsou použity hodnoty, které jsou nezbytné pro výzkum, na něž je práce zaměřena.

### 4.1 Výzkumný soubor

Do výzkumu bylo zařazeno 127 zdravých žen se sedavým zaměstnáním. Tyto ženy byly plně informovány o podstatě, účelu studie, metodice a byl získán písemný souhlas o možnosti použít data v dalších výzkumech a o postupech měření. Studie byla schválena etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (jednací číslo 37/2012).

Pro účely 1. výzkumného problému diplomové práce byla z tohoto celku použita data od 42 žen, jejichž průměrný věk byl 56 let ( $56,3 \pm 4,4$  let), váha 76 kg ( $76,5 \pm 16,1$  kg), výška 164 cm ( $164,3 \pm 5,2$  cm) a body mass index  $28 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $28,1 \pm 5,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Probandky byly rozděleny do skupin podle velikosti asymetrie svalové síly extenzorů KOK, respektive podle vyššího a nižšího rizika pádu. Kritériem pro začlenění do skupiny s vyšší nebo nižší asymetrií byla určena hodnota asymetrie svalové síly extenzorů KOK vyšší než 15 % (Davies, Heiderscheit, & Brinks, 2000). Do skupiny žen s nižší asymetrií bylo zařazeno 32 žen, jejichž průměrný věk byl 56 let ( $56,5 \pm 4,5$  let), tělesná váha 78 kg ( $78,0 \pm 16,7$  kg), výška 165 cm ( $164,9 \pm 4,6$  cm) a body mass index  $28,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $28,5 \pm 5,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Do skupiny s vyšší asymetrií bylo zařazeno 10 žen, jejichž průměrný věk byl 56 let ( $56,0 \pm 4,2$  let), tělesná váha 71,7 kg ( $71,7 \pm 13,4$  kg), výška 162,5 ( $162,5 \pm 6,6$  cm) a body mass index  $27,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $27,1 \pm 4,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Pro účely 2. výzkumného problému bylo vybráno 40 žen, jejichž věk byl 56 let ( $56,3 \pm 4,7$  let), tělesná váha 77 kg ( $77,2 \pm 18,3$ ), výška 164 cm ( $164,2 \pm 5,6$  cm) a body mass index  $28,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $28,5 \pm 6,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Ženy byly do výzkumu vybírány na základě dvou kritérií inkluze – věk nad 50 let a sedavé zaměstnání a exkluze – zdravotní komplikace, které by mohly mít vliv na chodeckou intervenci, jako jsou ortopedická postižení DKK a trupu, prodělané operace DK, unilaterální nebo bilaterální bolest KOK, osteoporóza, hypertenze, chybějící výše uvedená data o jedné

z končetin nebo špatně provedený pohyb během měření. Stranová preference DK byla zjišťována před samotným měřením dle preferované končetiny pro kopnutí. Celkem 11 žen ukončilo své působení v programu, a to z důvodu zdravotních nebo z nedostatku motivace nebo jiných důvodů.

## 4.2 Sběr dat

### 4.2.1 Diagnostika isokinetické svalové síly extenzorů kolenního kloubu

Bilaterální isokinetická svalová síla extenzorů KOK byla měřena pomocí isokinetického dynamometru IsoMed 2000. Před samotným měřením účastnice nejprve absolvovaly nespécifické rozcvičení, zahrnující šestiminutovou jízdu na rotopedu mírné intenzity, protažení potřebných svalových skupin a sérii dřepů se zvyšujícím se rozsahu pohybu. Ženy byly testovány vsedě tak, aby byl v kyčelních kloubech úhel  $100^\circ$ .

Rameno dynamometru bylo připevněno k distální části bérce a pacientky byly instruovány, aby se po celou dobu testování držely za madla, umístěná po stranách sedadla. Pro měření byla použita úhlová rychlost  $180^\circ \cdot s^{-1}$ . Rozsah pohybu byl nastaven na  $10-90^\circ$  flexe v KOK (přičemž  $0^\circ$  je plná extenze). Nejprve ženy absolvovaly zahřívací sérii pěti excentrických / koncentrických kontrakcí se zvyšující se svalovou aktivací, poté následovala dvouminutová pauza, po níž ženy prováděly měřené pokusy, a to 3 opakování v maximální intenzitě. Nejprve byla měřena pravá DK, pauza mezi měřeními pravé a levé končetiny byly 3 minuty.

Pro zhodnocení bilaterální izokinetické svalové síly extenzorů KOK byly použity naměřené hodnoty maximální moment síly (peak torque, Nm), průměrná práce (J).

### 4.2.2 Monitoring pohybové aktivity

Úroveň týdenní PA účastnic výzkumu byla monitorována pomocí české verze standardizovaného dotazníku International Physical Acitivity Questionnaire (IPAQ). Dotazník zjišťuje PA dotazovaných, která je vykonávána jako součást každodenního života. Monitoruje PA v posledních 7 dnech. Frömel, Nykodým et al. (2003) popisuje 3 části dotazníku:

1. část dotazníku IPAQ vysvětluje použité termíny:

- intenzivní PA – těžká tělesná námaha a zadýchání se (výrazně rychlejší a těžší dýchání než normálně), trvání nepřetržitě alespoň 10 minut
- středně zatěžující PA – tělesná námaha, při níž se dýchá trochu více než normálně
- charakteristika činností jako je chůze a sezení
- otázky ke každodenní PA a inaktivitě za posledních 7 dnů

2. část dotazníku zahrnuje celosvětově nezbytné demografické otázky

- v našich životních podmínkách jsou některé otázky nezvyklé, nutno zdůraznit celosvětovost a zejména různorodost kultur a vzdělanostní úroveň obyvatel

3. část dotazníku obsahuje doplňující otázky významné pro interpretaci získaných informací o PA a inaktivitě (Frömel, Nykodým, et al., 2003)

Dále byla PA monitorována pomocí záznamu počtu kroků. Pro účely tohoto měření byl použit krokoměr Yamax DigiWalker 700 SW (Yamax Co., Yasama Corp., Tokyo, Japan). Probandky nosily krokoměr připevněný v pase každý den v průběhu celého intervenčního programu. Vynulovaný pedometr nasazovaly účastnice ráno po probuzení a sundávaly před spaním. Hodnoty z krokoměru zapisovaly účastnice každý den do připravených záznamových archů. Z naměřených hodnot byly pro účely studie vypočítány a využity tyto údaje: průměrné množství intervenční chůze, průměrné množství PA v zaměstnání, průměrné množství PA za týden, průměrné množství víkendové PA, průměrné množství PA během pracovních dnů, množství intervenční PA (průměrný poměr množství intervenční chůze a množství celodenní PA v odpovídajícím dni) a množství pracovní PA (průměrný poměr množství PA v zaměstnání a množství celodenní PA v odpovídajícím dni).

#### 4.2.3 Diagnostika posturální stability

Vliv chodecké intervence na posturální stabilitu a její změny byly posuzovány pomocí hodnot reakčních sil podložky při stoji (center of pressure – COP). Ukazatelem posturální výchylky byla průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru – osa  $x$  ( $V_x$ ), anteroposteriorním směru – osa  $y$  ( $V_y$ ) a průměrná celková rychlost pohybu COP. Vyšší rychlost ukazuje na horší úroveň PS. Sledujeme vztah mezi výchylkou v ose  $x$  a  $y$ , PT a průměrnou prací (AvgW) pro dominantní a nedominantní končetinu.

Jednotlivé hodnoty reakční síly byly měřeny s využitím silové plošiny Kistler typu 9286 AA (Kistler Instrumente, Wintherthur Švýcarsko). Silová plošina Kistler má v rozích zabudovány piezoelektrické snímače. Průběh velikosti jednotlivých složek reakční síly podložky, včetně jejího počátku, byl zaznamenán v programu Bioware verze 4 (Instrumente, Wintherthur, Švýcarsko). Hodnoty z každého pokusu byly exportovány a zpracovány v programu Matlab verze R2010b (Mathworks, Inc., Natick, MA, USA), filtrace proběhly pomocí filtru lowpass Butterworth 4. řádu s hraniční frekvencí 7 Hz.

Účastnice byly měřeny v přirozeném bipedálním stoji jak se zrakovou kontrolou, tak s vyloučením zrakové kontroly. Analyzovány byly vždy dva pokusy pro obě podmínky s dobou trvání 30 s, pořadí pokusů bylo náhodné a každé měření bylo zahájeno po několika sekundách, aby nedocházelo k ovlivnění výsledků při pohybu probanda po vstupu na měřící plošinu.

### **4.3 Statistická analýza**

U sledovaných parametrů byly vypočteny základní statistické charakteristiky. K porovnání rozdílů mezi účastnicemi studie s vyšším a nižším rizikem pádů bylo využito Mann-Whitneyho U testu. Velikost „effect size“ byla posuzována pomocí koeficientu  $d$  (Cohen, 1988); malý efekt ( $0.00 \leq d \leq 0.49$ ), střední efekt ( $0.50 \leq d \leq 0.79$ ), velký efekt ( $d \geq 0.80$ ). Pro vyjádření vztahu mezi sledovanými parametry svalová síla a rovnováha byl vzhledem k výsledkům testování normality rozložení dat testem Kolmogorov-Smirnov použit Spearmanův korelační koeficient. Hladina významnosti byla stanovena na úrovni  $p = 0.05$ . Statistická analýza byla provedena pomocí programu IBM SPSS Statistics 22.

## 5 Výsledky

### *Objem a intenzita PA u skupin s asymetrií a bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK*

Porovnání svalové síly a PA žen s vyšším a nižším rizikem pádů ve spojení s bilaterální asymetrií svalové síly extenzorů KOK (mediány, interkvartilní rozpětí, hladina významnosti Mann-Whitneyova testu a Cohenovo *d*) je uvedeno v Tabulce 1. Nebyl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinou žen s asymetrickými bilaterálními hodnotami PT extenzorů KOK a skupinou bez asymetrie v počtu kroků za den. Naopak statisticky významný rozdíl mezi sledovanými skupinami žen byl zjištěn v množství PA vysoké intenzity (data získaná v rámci dotazníku IPAQ), a to ve prospěch skupiny bez přítomné asymetrie. Rozdíly v PA střední intenzity, chůzi a veškeré PA jsou statisticky i věcně nevýznamné. V případě hodnot PT pro extenzi nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi uvedenými skupinami žen jak u dominantní, tak nedominantní DK. V případě PT nedominantní DK však hodnota „effect size“ naznačuje potenciálně vyšší hodnoty PT u skupiny žen s nižším rizikem pádů.

Tabulka 1. Porovnání svalové síly a pohybové aktivity žen s vyšším a nižším rizikem pádů ve spojení s bilaterální asymetrií svalové síly extenzorů KOK

	Vyšší riziko (n = 10)		Nízké riziko (n = 32)		<i>p</i>	<i>D</i>
	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQR</i>		
<b>Maximální moment síly [Nm]</b>						
Dominantní DK	89.00	50.00	103.50	45.00	0.27	0.3
Nedominantní DK	82.00	33.00	107.50	38.00	0.07	0.6
<b>Pedometr [počet kroků/den]</b>						
Průměrný den v týdnu	8674	3330	8774	4032	0.81	0.1
Průměrný pracovní den	9020	4924	8806	4256	0.75	0.1
Průměrný víkendový den	7808	5455	7215	4211	0.58	0.2
<b>IPAQ [METmin/týden]</b>						
Vysoce intenzivní PA	0	0	180	675	0.04*	0.6
Mírná intenzita PA	520	748	660	1358	0.47	0.2
Chůze	660	433	1040	1299	0.50	0.2
Veškerá PA	1624	1771	2322	1946	0.09	0.5

*Vysvětlivky:* *Mdn* – medián; *IQR* – interkvartilní rozpětí; *p*– hladina významnosti (Mann-Whitney U test); *d* – Cohenovo *d*; \*Statisticky významný rozdíl ( $p < 0.05$ )

### Vztah mezi posturální stabilitou a silovými parametry extenzorů KOK

Hodnoty korelace mezi PT, průměrnou prací dominantní a nedominantní DK a stabilitou v rovině anteroposteriorní (osa y) a mediolaterální (osa x) jsou uvedeny v Tabulce 2. Vyhodnocením statistických dat jsme zjistili statisticky významný vztah mezi PT extenze KOK dominantní DK a průměrnou rychlostí pohybu COP v ose y (antero - posteriorní výchylka). Naopak vztah mezi PT a stabilitou v ose x není statisticky významný.

Korelace mezi PT nedominantní končetiny a průměrné rychlosti pohybu COP v ose y je rovněž statisticky významná (bez vyloučení zrakové kontroly). PT nedominantní DK nemá stejně jako v případě dominantní DK statisticky významný vztah ke stabilitě v ose x.

Statisticky významná korelace byla zjištěna mezi průměrnou prací a průměrnou rychlostí pohybu COP v ose x během provedení extenze v KOK jak dominantní, tak nedominantní končetiny. Vztah stability v ose x a průměrné práce během extenze KOK je statisticky významný.

Tabulka 2. Spearmanův korelační koeficient mezi PT, průměrnou prací a výchylkou balanční plošiny v ose x, y

Parametr	Vx	Vy	M	SD
ConExPT dominantní končetiny	0,01	0,43*	1,30	0,34
ConExAvgW dominantní končetiny	0,34*	0,03	99,13	33,86
ConExPT nedominantní končetiny	0,35	0,47*	1,34	0,29
ConExAvg nedominantní končetiny	0,33*	0,06	103,48	27,77

*Vysvětlivky:* ConEx – koncentrická kontrakce do extenze v KOK; PT – maximální moment síly; AvgW – průměrná práce; Vx – výchylka mediolaterálním směrem; Vy – výchylka anteroposteriorním směrem; M – průměr; SD – směrodatná odchylka; \*statisticky významný vztah ( $p < 0.05$ )

## 6 Diskuze

Hlavním zjištěním našeho výzkumuzaměřeného na ženy ve věku 50 let a výše je, že skupina žen s asymetrickými hodnotami PT dominantní a nedominantní DK provádí signifikantně menší množství PA o vysoké intenzitě než skupina bez silové asymetrie. Hlavním zjištěným poznatkem 2. problematického okruhu zaměřeného na vztah posturální stability a silových parametrů extenzorů KOK je významný vztah mezi velikostí PT jak dominantní, tak nedominantní DK a stabilitou v anteroposteriorním směru a mezi velikostí průměrné práce dominantní i nedominantní DK a stabilitou ve směru mediolaterálním.

*Objem a intenzita PA u skupin s asymetrií a bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK*

Výsledky naší studie naznačují, že PA o vysoké intenzitě je faktorem pro prevenci svalových dysbalancí extenzorů KOK u starších žen. ***Výsledky výzkumu potvrdily hypotézu H1, že u žen bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK dominantní a nedominantní DK bude zjištěna vyšší intenzita PA než u žen s asymetrií.*** Toto zjištění koresponduje s výsledky studie, která potvrzuje, že trénink s vysokou intenzitou má největší efekt na zvýšení svalové síly extenzorů KOK u starších osob ve srovnání s mírnou a nízkou intenzitou tréninku (Beneka et al., 2005). Stejně tak Visser, Simonsick, Colbert, Brach, Rubin, Kritchevsky, Newman a Harris (2005) potvrdili, že pravidelné cvičení starších osob, respektive trénink o vysoké intenzitě nabízí větší benefity než cvičení s mírnou intenzitou. Pozitivní vliv vysoce intenzivního odporového tréninku na svalovou sílu byl zjištěn i u osob starších 90 let (Fiatarone et al., 1994). Naopak Simey a Pennington (1999) zjistili, že pro úpravu některých rizikových faktorů pádů a zlepšení zdraví je vhodná PA mírné intenzity. Pro redukci pádů by měla PA zahrnovat balanční trénink, silový trénink a trénink koordinace (Simey & Pennington, 1999).

Cvecka, Tirpaková, Sedliak, Kern, Mayr a Hamar (2015) však prokázali, že ke zvýšení svalové síly a motorických funkcí je dostačující i funkční elektrická stimulace. Výsledky této studie ukázaly, že rozdíl mezi efektivitou silového tréninku s proprioceptivní stimulací a funkční elektrickou stimulací je minimální. Obě metody tréninku, jak pohybový trénink, tak funkční elektrická stimulace, reprezentují efektivní a bezpečný způsob, jak zlepšit svalovou sílu a funkční kapacitu u starších osob se sedavým životním stylem. Silový trénink má však dle studie Cvecka et al.(2015) větší vliv na posturální kontrolu u starších osob.

Výsledky naší studie jsou v souladu s doporučením Světové zdravotnické organizace (2010), jež doporučuje jak dospělé populaci, tak starším jedincům provádět minimálně dvakrát týdně PA zatěžující hlavní svalové skupiny. Chůzi jako nejběžnější PA však Visser et al. (2005) uvádí jako nedostatečný faktor pro zvýšení svalové síly extenzorů KOK u starších osob (Visser et al., 2005, O'Toole, 1997), což koresponduje s výsledky naší studie. Rozdíly v množství PA mírné intenzity a chůze mezi námi sledovanými skupinami žen s vyšší a nižší silovou asymetrií nejsou signifikantní, stejně jako rozdíly v počtu ujitých kroků za jeden den. ***Výsledky naší studie tedy nepotvrdily hypotézu H2, že u žen bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK dominantní a nedominantní DK bude zjištěn vyšší objem PA než u žen s asymetrií.*** Avšak co se týče subjektivně hodnocené intenzivní PA, jsou rozdíly mezi sledovanými skupinami žen signifikantní ( $p = 0.04$ ;  $d = 0.6$ ). Skelton, Kennedy a Rutherford (2002) ve své studii přicházejí s výsledky, které zcela nekorelují s našimi výsledky. Autoři zjistili, že ženy s historií pádů provádí menší množství PA, ale zároveň připouští, že sledované ženy nejsou významně slabší v žádném ze silových měření (Skelton, Kennedy, & Rutherford, 2002).

#### *Vztah mezi posturální stabilitou a silovými parametry extenzorů KOK*

Výsledky naší studie ukazují, že mezi silovými parametry extenzorů KOK a posturální stabilitou je významný vztah. Konkrétně byla zjištěna statisticky významná korelace mezi stabilitou při anteroposteriorní výchylce a hodnotou PT extenzorů KOK. Statisticky významná korelace byla zjištěna zejména u PT nedominantní končetiny. ***Hypotéza H3, že ženy s vyšší úrovní PT extenzorů KOK budou mít lepší PS, a to konkrétně v rovině sagitální, byla potvrzena.*** Hodnota PT extenzorů KOK je dle našich výsledků významným determinantem anteroposteriorní PS. Avšak jak PT dominantní, tak nedominantní DK nemají statisticky významný vztah ke stabilitě ve směru mediolaterálním.

Výsledky naší studie jsou podobné výsledkům výzkumu Fukagawa, Wolfson, Judge, Whipple a King (1995), kteří rovněž zjistili, že nižší hodnoty PT kompromitují stabilitu při posterioerní výchylce. Vařeka a Dvořák (2001) navíc popisují předozadní stabilitu v rovině sagitální jako horší než v rovině frontální, avšak dle studie Baloh, Corona, Jacobson, Enrietto a Bell (1998) je měření mediolaterální výchylky senzitivnějším indikátorem instability než měření výchylky anteroposteriorní. Stel, Smit, Pluijm a Lips (2003) zjistili, že stabilita ve frontální rovině je významně spojena s výskytem opakovaných pádů. V kontextu výše uvedených poznatků je zajímavým zjištěním statisticky významný vztah mezi stabilitou



v rovině frontální, tedy mezi reakcí na výchylku ve směru mediolaterálním a průměrnou prací jak dominantní, tak nedominantní DK. ***Tímto je tedy hypotéza H4, že ženy s vyšší úrovní průměrné práce při izokinetickém testování síly extenzorů KOK budou mít lepší PS, a to konkrétně v rovině frontální, potvrzena.*** Vztah je opět silnější pro nedominantní končetinu.

V souladu s našimi výsledky zjistili Beebe, Hines, McDaniel a Sheldon (2013), že jedinci s vyššími hodnotami PT vykazují i lepší hodnoty rovnováhy, a proto doporučují využít isokinetický trénink jako prevenci pádů. Stejně tak naše výsledky potvrzuje studie Carter, Khan, Mallinson, Janssen, Heinonen, Petit a McKay (2002) a Forte, Boreham, DeVito, Ditroilo a Pesce (2014), kteří hodnotili efekt PS na vztah mezi PT, výkonem a dynamickými balančními testy. Výsledky této studie rovněž korespondují s výsledky naší studie, jelikož autoři zjistili signifikantní vztah mezi dynamickou rovnováhou a hodnotami PT a výkonu DK a také mezi PT a statickou posturální kontrolou. Výsledky další studie (Coutinho, Fragata, Maio, Vivas, & Goncalves, 2014) sledující vztah mezi PT extenzorů a flexorů KOK a kotníku a historií pádů je opět ve shodě s výsledky naší studie. Autoři zjistili, že probandi o průměrném věku 65 let s historií pádů mají nižší hodnoty PT ve srovnání s osobami bez historie pádů. Probandi byli rozděleni do 2 skupin dle historie pádů (probandi s a bez historie pádů), jejíž naměřené hodnoty maximálního momentu síly byly porovnávány. Skupina osob s historií pádů vykazuje nižší hodnoty PT ve srovnání s osobami bez historie pádů. Na závěr autoři připouštějí, že posilovací cvičení flexorů a extenzorů kolenního a hlezenního kloubu může přispívat k prevenci pádů (Coutinho, Fragata, Maio, Vivas, & Goncalves, 2014). Na základě našich zjištění a z výsledků popsaných ve studiích výše, je pravděpodobné, že svalová síla, výkon a rovnováha jsou na sobě navzájem závislé proměnné u zdravých starších osob a pro zlepšení rovnováhy by bylo vhodné začlenit do pohybové intervence pro starší zdravé osoby silový trénink.

Pro zlepšení svalové síly a rovnováhy u starších osob se ukazuje jako vhodný odporový, vysoce intenzivní trénink. Beneka, Malliou, Fatouros, Jamurtas, Gioftsidou, Godolias a Taxildaris (2005) popisují odporový trénink o vysoké intenzitě jako nejeefektivnější typ tréninku pro zvýšení svalové síly extenzorů KOK u starších jedinců a Sarsan, Ardic, Özgen, Topuz a Sermez (2006) pozitivní efekt odporového tréninku ve své studii potvrzují. Naopak pouze mírné zlepšení svalové síly a minimální úpravu svalové morfologie nabízí vytrvalostní a odporový trénink nižší intenzity (Vitti, Bayles, Carender, Prendergast, & D'Amico, 1993).

Na zlepšení posturální kontroly však nemá vliv pouze silový trénink, ale také cvičení jógy, tai chi, balanční trénink nebo dnes tak populární cvičení ve virtuální realitě. Srovnání efektu cvičení jógy, tai chi a standardního balančního tréninku ukázal obdobné výsledky ve zlepšení rovnováhy. Výsledky se významně zlepšily u všech intervenčních programů (Ni, Mooney, Richards, Balachandran, Sun, Harriell, Potiaumpai, & Signorile, 2014). Studie, rovněž zaměřená na zhodnocení efektu využití virtuální reality na rovnováhu, výskyt pádů a strach z pádů, zahrnuje do výzkumu osoby s historií pádů, osoby staré 65 let a více. Bylo využito nového systému využívajícího virtuální realitu, který je schopen hodnotit rovnováhu a zároveň poskytovat tréninkový program pro trénink stability. Měření ukázalo významné zlepšení rovnováhy. Zároveň byly výsledky spjaty se značným snížením výskytem pádů a strachu z pádů (Duque, Boersma, Loza-Diaz, Hassan, Suarez, Geisinger, Suriyaarachchi, Sharma, & Demontiero, 2013). Využití virtuální reality u starších osob je tedy dobře akceptovanou moderní pohybovou intervencí, podporující zlepšení rovnováhy, prevenci pádů, zvýšení sebevědomí a je charakteristická vysokou adhezí k PA.

Avšak na rozdíl od výsledků studií zmíněných výše, jejichž výsledky prokázaly významný vztah mezi svalovou silou a rovnováhou, Muehlbauer, Besemer, Wehrle, Gollhofer a Granacher (2012) naopak neprokázali významný vztah mezi svalovou silou DKK, výkonem a rovnováhou. Do studie byly zahrnuty zdravé a fyzicky aktivní osoby ve věku  $70 \pm 5$  let a byla testována maximální izometrická kontrakce extenzorů DK a rovnováha byla měřena na balanční plošině pomocí výchylek mediolaterálním a anteroposteriorním směrem. Autoři studie nezjistili žádnou signifikantní korelaci mezi svalovou silou DKK, výkonem a rovnováhou, přestože stejně jako v naší studii byla měřena rovnováha na balanční plošině pomocí výchylek anteroposteriorním a mediolaterálním směrem (Muehlbauer, Besemer, Wehrle, Gollhofer, & Granacher, 2012). Podobné výsledky, kompromitující naše výsledky, popisují Rinsberg, Gerdhem, Johansson a Obrant (1999), kteří tvrdí, že u žen ve věku 75 let nezjistili žádnou signifikantní korelaci mezi svalovou silou a rovnováhou. Závěrem autoři uvádějí, že jejich zjištění popírají hypotézu, že pro zlepšení rovnováhy je vhodný silový trénink, zejména u starších žen (Rinsberg, Gerdhem, Johansson, & Obrant, 1999). Obdobných výsledků dosáhli i Toebes, Hoozemans, Dekker a van Dieën (2014), jež zkoumali efekt unilaterální snížené svalové síly na kontrolu rovnováhy chůze. Výsledky studie ukázaly, že unilaterální snížení svalové síly DK neovlivňuje stabilitu chůze. Zkoumaní jedinci byli schopni vyrovnat se s pertubacemi během chůze a rychle reagovat na mediolaterální výchylky (Toebes, Hoozemans, Dekker, & van Dieën, 2014).

## 7 Závěry

Statistická analýza výsledků ukázala, že u námi sledovaného souboru žen starších 50 let nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v počtu kroků za den mezi skupinou žen s asymetrickými bilaterálními hodnotami PT extenzorů KOK a skupinou bez asymetrie. Významný rozdíl mezi sledovanými skupinami žen byl zaznamenán v PA vysoké intenzity. Skupina žen s asymetrickými hodnotami PT dominantní a nedominantní DK prováděla signifikantně menší množství PA o vysoké intenzitě než skupina bez silové asymetrie.

Statisticky významný vztah byl zjištěn mezi PT extenzorů KOK dominantní i nedominantní DK a stabilitou v rovině anteroposteriorní a mezi průměrnou prací extenzorů KOK dominantní i nedominantní DK a stabilitou v rovině mediolaterální.

Výsledky naší studie naznačují, že diagnostika silové asymetrie DK u žen starších 50 let může přinést informace, které mohou pomoci zabránit zvýšení rizika poranění a mohou podpořit zlepšení kvality života populace středního věku. Stejně tak výsledky poukazují na prospěšnost provádění PA vysoké intenzity v prevenci silové asymetrie DK u žen středního věku. Toto tvrzení podporují výsledky našeho výzkumu, hodnotící vztah mezi PS a silovými parametry extenzorů KOK, které naznačují, že velikost svalové síly (PT, průměrná práce) je významným faktorem ovlivňujícím rovnováhu.

## 8 Souhrn

Věkem podmíněné snižování svalové síly, zhoršená rovnováha a zvyšující se incidence pádů jsou, v době stárnoucí generace aktuálními a kontroverzními tématy. Vlivem snížení svalové síly dochází k narušení rovnovážných strategií, čímž se zvyšuje pravděpodobnost pádu. Dalším faktorem je také strach z případného pádu, který zase může mít za následek úbytek pohybové aktivity, což uzavírá začarovaný kruh, jelikož snížení množství pohybové aktivity může opět vést ke snížení svalové síly a k výskytu asymetrické svalové síly.

Cílem naší studie bylo posoudit rozdíly v objemu a intenzitě PA mezi skupinami žen starších 50 let s asymetrií a bez asymetrie svalové síly extenzorů KOK a zároveň stanovit vztah mezi izokinetickou svalovou silou extenzorů KOK a posturální stabilitou.

Výsledky ukázaly významný rozdíl mezi sledovanými skupinami žen v pohybové aktivitě vysoké intenzity ve prospěch skupiny bez silové asymetrie extenzorů DK. Naopak nebyl potvrzen signifikantní rozdíl mezi skupinami žen v počtu kroků za den. Statisticky významný vztah byl zjištěn mezi PT extenzorů KOK dominantní i nedominantní DK a stabilitou v rovině anteroposteriorní a mezi průměrnou prací extenzorů KOK dominantí i nedominantní DK a stabilitou v rovině mediolaterální.

Získané výsledky naznačují, že pro prevenci asymetrie svalové síly extenzorů DK je vhodné provádět rovněž PA vysoké intenzity, a že svalová síla je významným determinantem posturální stability.

## 9 Summary

Age-related decrease in muscle strength, impaired balance and increasing incidence of falls are current and controversial topics. Balance strategy is disturbed by reduction in muscle strength and this fact increases probability of fall. Another factor is the fear of a possible fall, which in turn may result in loss of physical activity, which closes the vicious circle, because reduced amount of physical activity may lead to a decrease in muscle strength and occurrence of asymmetric muscle strength.

The aim of our study was to assess differences in the volume and intensity of physical activity of women older than 50 years, women with or without strength asymmetry. The aim of our study was also to establish a relationship between the isokinetic knee extensor's muscle strength and postural stability.

Our results showed a significant difference between the groups of women in high-intensity physical activity. The group without power asymmetry of knee extensors shows bigger amount of high intensity physical activities. Conversely it has been confirmed no significant difference between groups of women in the number of steps per day. A statistically significant relationship was found between knee extensor's peak torque of dominant and non-dominant lower extremity and stability in the anteroposterior plane and between knee extensor's average work of dominant and non-dominant lower extremity and stability in the mediolateral plane.

Due to obtained results it is possible to indicate, that to prevent asymmetrical knee extensor's muscle strength is suitable appropriate to perform a high intensity physical activity, and that muscular strength is an important determinant of postural stability.

The results indicate that for prevention of asymmetrical knee extensor's muscle strength is appropriate to perform high intensity physical activity and that muscular strength is an important determinant of postural stability.

## 10 Referenční seznam

- Anonymous (n. d.). Izokinetika, izokinetická dynamometrie, izokinetické přístroje. *Sofistikovaná biomechanická diagnostika lidského pohybu*. Retrieved 18. 11. 2015 from the World Wide Web: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/poloka-menu-3/o-metod>
- Baloh, R. W., Corona, S., Jacobson, K. M., Enrietto, J. A., & Bell, T. (1998). A prospective study of posturography in normal older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(4), 438-443.
- Baloh, R. W., Fife, T. D., Zwerling, L., Socotch, T., Jacobson, K., Bell, T., & Beykirch, K. (1994). Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(4), 405-412.
- Baloh, R. W., Ying, S. H., & Jacobson, K. M. (2003). A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Archives of Neurology*, 60(6), 835-839.
- Baltzopoulos, B., King, M., Gleeson, N., & De Ste Croix, M. (2012). The bases expert statement on measurement of muscle strength with isokinetic dynamometry. *The Sport and Exercise Scientist*, 31, 12-13.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D., A. (1989). Isokinetic dynamometry, applications and limitations. *Sports Medicine*, 8(2), 101-115.
- Bassey, E. J. (2000). The benefits of exercise for the health of older people. *Reviews in Clinical Gerontology*, 10(01), 17-31.
- Bassey, E. J., Bendall, M. J., & Pearson, M. (1988). Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years of age. *Clinical Science*, 74(1), 85-89.
- Beebe, J. A., Hines, R. W., McDaniel, L. T., & Shelden, B. L. (2013). An isokinetic training program for reducing falls in a community-dwelling older adult: a case report. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 36(3), 146-153.
- Beneka, A., Malliou, P., Fatouros, I., Jamurtas, A., Gioftsidou, A., Godolias, G., & Taxildaris, K. (2005). Resistance training effects on muscular strength of elderly are related to intensity and gender. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 274-283.

- Blahutková, M., Řehulka, E., & Daňhelová, Š. (2005). *Pohyb a duševní zdraví*. Brno: Paido.
- Borges, O. (1988). Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 21(1), 45-53.
- Bortz, W. M. (1982). Disuse and aging. *Jama*, 248(10), 1203-1208.
- Camicioli, R., Panzer, V. P., & Kaye, J. (1997). Balance in the healthy elderly: posturography and clinical assessment. *Archives of Neurology*, 54(8), 976-981.
- Carabello, R. J., Reid, K. F., Clark, D. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2010). Lower extremity strength and power asymmetry assessment in healthy and mobility-limited populations: reliability and association with physical functioning. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(4), 324-329.
- Carter, N. D., Khan, K. M., Mallinson, A., Janssen, P. A., Heinonen, A., Petit, M. A., & McKay, H. A. (2002). Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older community-dwelling women with osteoporosis. *Gerontology*, 48(6), 360-368.
- Colledge, N. R., Cantley, P., Peaston, I., Brash, H., Lewis, S., & Wilson, J. A. (1994). Ageing and balance: the measurement of spontaneous sway by posturography. *Gerontology*, 40(5), 273-278.
- Coutinho, A., Fragata, C., Maio, D., Vivas, I., & Gonçalves, M. (2014). Fall risk assessment in elderly with and without history of falls: strength analysis of lower limb: a comparative study. Retrieved 19. 11. 2015 from the World Wide Web: [https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2448/1/Fall%20Risk%20Assessment%20in%20Elderly%20with%20and%20without%20history%20of%20falls.%20Strength%20Analysis%20of%20Lower%20Limb.%20A%20comparative%20study%20\(DAVID\).pdf](https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2448/1/Fall%20Risk%20Assessment%20in%20Elderly%20with%20and%20without%20history%20of%20falls.%20Strength%20Analysis%20of%20Lower%20Limb.%20A%20comparative%20study%20(DAVID).pdf)
- Croisier, J. L., Réveillon, V., Ferret, J. M., Cotte, T., Genty, M., Popovic, N., Mohty, Faryniuk, J. E., Ganteaume, S., & Crielaard, J. M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isokinetics & Exercise Science*, 11(1).

- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M., & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, *39*, 412-423.
- Cvecka, J., Tirpakova, V., Sedliak, M., Kern, H., Mayr, W., & Hamar, D. (2015). Physical activity in elderly. *European Journal of Translational Myology*, *25*(4), 249-252.
- Daly, R. M., Ahlborg, H. G., Ringsberg, K., Gardsell, P., Sernbo, I., & Karlsson, M. K. (2008). Association between changes in habitual physical activity and changes in bone density, muscle strength, and functional performance in elderly men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, *56*(12), 2252-2260.
- Davies, G. J., Heiderscheit, B., & Brinks, K. (2000). Test interpretation. *Isokinetics in Human Performance*, 3-24.
- Dawson, D., Hendershot, G., & Fulton, J. (1987). Aging in the eighties: functional limitations of individuals age 65 years and over. *Advance Data*, *133*, 1-12.
- Deschenes, M. R. (2004). Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Medicine*, *34*(12), 809-824.
- Du Pasquier, R. A., Blanc, Y., Sinnreich, M., Landis, T., Burkhard, P., & Vingerhoets, F. J. G. (2003). The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *33*(5), 213-218.
- Duque, G., Boersma, D., Loza-Diaz, G., Hassan, S., Suarez, H., Geisinger, D., Suriyaarachchi, P., Sharma, A., & Demontiero, O. (2013). Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clinical Interventions in Aging*, *8*, 257.
- Dutta, C. (1997). Significance of sarcopenia in the elderly. *The Journal of Nutrition*, *127*(5), 992-993.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: muscle testing, interpretation, and clinical applications*. (2. vyd.) Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Elward, K., & Larson, E. B. (1992). Benefits of exercise for older adults. A review of existing evidence and current recommendations for the general population. *Clinics in Geriatric Medicine*, *8*(1), 35-50.



- Evans, W. J., & Lexell, J. (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Special Issue), 11-16.
- Evans, W. J., Campbell, W. W. (1993). Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *The Journal of Nutrition*, 123, 465-468.
- Faulkner, J. A., Claflin, D. R., & McCully, K. K. (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. *Human Muscle Power*, 81-94.
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. *Jama*, 263(22), 3029-3034.
- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *New England Journal of Medicine*, 330(25), 1769-1775.
- Forte, R., Boreham, C. A., De Vito, G., Ditroilo, M., & Pesce, C. (2014). Measures of static postural control moderate the association of strength and power with functional dynamic balance. *Aging Clinical and Experimental Research*, 26(6), 645-653.
- Frömel, K., Nykodým, J., et al. (2003). Celosvětová iniciativa zjišťování stavu pohybové aktivity dospělých. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Lutz, K. J., & Evans, W. J. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45-to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 71(2), 644-650.
- Fukagawa, N. K., Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., & King, M. (1995). Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Special Issue), 64-67.
- Gatev, P., Thomas, S., Kepple, T., & Hallett, M. (1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of Physiology*, 514(3), 915-928.

- Granacher, U., Muehlbauer, T., & Gruber, M. (2012). A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *Journal of Aging Research, 2012*.
- Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K., & Rzepka, R. (2010). Selected isokinetic tests in knee injury prevention. *Biology of Sport, 27*(1), 47-51.
- Gstöttner, M., Neher, A., Scholtz, A., Millonig, M., Lembert, S., & Raschner, C. (2009). Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control, 13*(2), 218-231.
- Hausdorff, J. M., Rios, D. A., & Edelberg, H. K. (2001). Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82*(8), 1050-1056.
- Hoffman, J. (2006). *Norms for fitness, Performance, and Health*. Champaign: Human Kinetics.
- Horak, F. B., & Macpherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. *Comprehensive Physiology*. Oxford University Press, New York, 255-292.
- Horak, F. B., Shupert, C. L., & Mirka, A. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of Aging, 10*(6), 727-738.
- Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of Applied Physiology, 80*(3), 765-772.
- Hunter, S. K., Thompson, M. W., & Adams, R. D. (2001). Reaction time, strength, and physical activity in women aged 20-89 years. *Journal of Aging and Physical Activity, 9*(1), 32-42.
- Hurley, M. V., Rees, J., & Newham, D. J. (1998). Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age and Ageing, 27*(1), 55-62.
- Chandler, T. J. (2000). Testing and training the upper extremity. *Isokinetics in Human Performance, 149-159*.

- Choy, N. L., Brauer, S., & Nitz, J. (2003). Changes in postural stability in women aged 20 to 80 years. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(6), 525-530.
- Janura, M., Vařeka, I., Lehnert, M., Svoboda, Z., Klugarová, J., & Elfmark, M. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Jette, A. M., & Branch, L. G. (1981). The Framingham disability study: II. Physical disability among the aging. *American Journal of Public Health*, 71(11), 1211-1216.
- Kalvach, Z. (2008). *Geriatrické syndromy a geriatrický pacient*. (1. vyd.) Praha: Grada.
- Keller, K., & Engelhardt, M. (2013). Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(4), 346.
- King, A. C., Rejeski, W. J., & Buchner, D. M. (1998). Physical activity interventions targeting older adults: a critical review and recommendations. *American Journal of Preventive Medicine*, 15(4), 316-333.
- Kinney, J. M. (2004). Nutritional frailty, sarcopenia and falls in the elderly. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 7(1), 15-20.
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. (1. vyd.) Praha: Galén.
- Kovar, M. G., & LaCroix, A. Z. (1987). Aging in the eighties, ability to perform work-related activities. *Advance Data*, 136, 1-11.
- Kovar, M. G., Fitti, J. E., & Chyba, M. M. (1992). The Longitudinal Study of Aging: 1984-90. *Vital and Health Statistics. Ser. 1, Programs and Collection Procedures*, 28, 1-256.
- Kučera, M., & Dylevský, I. (1999). *Sportovní medicína*. (1. vyd.) Praha: Grada.
- Lanshammar, K., Ribom, E. L. (2011). Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20-39 years – a population-based study. *Physical Therapy in Sport*, 12(2), 76-9.
- LaRoche, D. P., Cook, S. B., Mackala, K. (2012). Strength Asymmetry Increases Gait Asymmetry and Variability in Older Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(11), 2172-2181.

- Larsson, L., Sjodin, B., Karlsson, J. (1978). Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22-65 years. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103, 31-9.
- Lee, I. H., & Park, S. Y. (2013). Balance improvement by strength training for the elderly. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(12), 1591.
- Li, F., Harmer, P., Fisher, K. J., McAuley, E., Chaumeton, N., Eckstrom, E., & Wilson, N. L. (2005). Tai Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(2), 187-194.
- Liu-Ambrose, T., Eng, J. J., Khan, K. M., Mallinson, A., Carter, N. D., & McKay, H. A. (2002). The influence of back pain on balance and functional mobility in 65-to 75-year-old women with osteoporosis. *Osteoporosis International*, 13(11), 868-873.
- Lord, S. R., & Menz, H. B. (2000). Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*, 46(6), 306-310.
- Lu, X., Hui-Chan, C. W., & Tsang, W. W. (2013). Effects of Tai Chi training on arterial compliance and muscle strength in female seniors: a randomized clinical trial. *European Journal of Preventive Cardiology*, 20(2), 238-245.
- Macaluso, A., Nimmo, M. A., Foster, J. E., Cockburn, M., McMillan, N. C., & De Vito, G. (2002). Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. *Muscle & Nerve*, 25(6), 858-863.
- McKenna, M. (2001). The application of tai chi chuan in rehabilitation and preventive care of the geriatric population. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 18(4), 23-34.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*. (1. vyd.) Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Meldrum, D., Glennon, A., Herdman, S., Murray, D., & McConn-Walsh, R. (2012). Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii® Fit Plus. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 7(3), 205-210.
- Melton 3rd, L. J., & Riggs, B. L. (1985). Risk factors for injury after a fall. *Clinics in Geriatric Medicine*, 1(3), 525-539.

- Monsell, E. M., Furman, J. M., Herdman, S. J., Konrad, H. R., & Shepard, N. T. (1997). Computerized dynamic platform posturography. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *117*(4), 394-398.
- Moreland, J. D., Richardson, J. A., Goldsmith, C. H., & Clase, C. M. (2004). Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(7), 1121-1129.
- Muehlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2012). Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology*, *58*(6), 504-512.
- Ni, M., Mooney, K., Richards, L., Balachandran, A., Sun, M., Harriell, K., Potiaumpai, M. & Signorile, J. F. (2014). Comparative Impacts of Tai Chi, Balance Training, and a Specially-Designed Yoga Program on Balance in Older Fallers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *95*(9), 1620-1628.
- O'Toole, M. L. (1997). Do older individuals need more than usual physical activities to maintain muscle strength and function? *Journal of the American Geriatrics Society*, *45*, 1534-1535.
- Ochi, M., Tabara, Y., Kido, T., Uetani, E., Ochi, N., Igase, M., Miki, T., & Kohara, K. (2010). Quadriceps sarcopenia and visceral obesity are risk factors for postural instability in the middle-aged to elderly population. *Geriatrics & Gerontology International*, *10*(3), 233-243.
- Oken, B. S., Zajdel, D., Kishiyama, S., Flegal, K., Dehen, C., Haas, M., Kraemer, D. F., Lawrence, J. & Leyva, J. (2006). Randomized, controlled, six-month trial of yoga in healthy seniors: effects on cognition and quality of life. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, *12*(1), 40.
- Orr, R., Raymond, J., & Singh, M. F. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. *Sports Medicine*, *38*(4), 317-343.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G., King, A., Kriska, A., Leon, A., Marcus, B., Morris, J., Paffenbarger, R., Patrick, K., Pollock, M., Rippe, J., Sallis, J., & Wilmore, J. H. (1995). Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Jama*, *273*(5), 402-407.

- Perry, M. C., Carville, S. F., Smith, I. C., Rutherford, O. M., Newham, D. J. (2007). Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling. *European Journal of Applied Physiology*, 100 (5), 553-61.
- Petrella, J. K., Kim, J. S., Tuggle, S. C., Hall, S. R., & Bamman, M. M. (2005). Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. *Journal of Applied Physiology*, 98(1), 211-220.
- Pols, M. A., Peeters, P. H., Twisk, J. W., Kemper, H. C., & Grobbee, D. E. (1997). Physical activity and cardiovascular disease risk profile in women. *American Journal of Epidemiology*, 146(4), 322-328.
- Portegijs, E. (2008). *Asymmetrical lower-limb muscle strength deficit in older people*. University of Jyväskylä.
- Porter, M. M., Vandervoort, A. A., & Lexell, J. (1995). Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 5(3), 129-142.
- Poulain, I., & Giraudet, G. (2008). Age-related changes of visual contribution in posture control. *Gait Posture*, 27(1), 1-7.
- Proctor, D. N., Balagopal, P., & Nair, K. S. (1998). Age-related sarcopenia in humans is associated with reduced synthetic rates of specific muscle proteins. *The Journal of Nutrition*, 128(2), 351S-355S.
- Raggi, C., & Berardi, A. C. (2012). Mesenchymal stem, aging and regenerative medicine. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 2, 239-242.
- Rand, D., Miller, W. C., Yiu, J., & Eng, J. J. (2011). Interventions for addressing low balance confidence in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age and ageing*, 40(3), 297-306.
- Rantanen, T., Era, P., & Heikkinen, E. (1997). Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(12), 1439-1445.

- Rantanen, T., Guralnik, J. M., Sakari-Rantala, R., Leveille, S., Simonsick, E. M., Ling, S., & Fried, L. P. (1999). Disability, physical activity, and muscle strength in older women: the Women's Health and Aging Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(2), 130-135.
- Ringsberg, K., Gerdhem, P., Johansson, J., & Obrant, K. J. (1999). Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women?. *Age and Ageing*, 28(3), 289-293.
- Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F., & Labelle, H. (2000). Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait & Posture*, 12 (1), 34-45.
- Sadeghi, H., Prince, F., Zabjek, K. F., & Labelle, H. (2004). Simultaneous, bilateral, and three-dimensional gait analysis of elderly people without impairments. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. Association of Academic Physiatrists*, 83 (2), 112-23.
- Salem, G. J., Wang, M. Y., Young, J. T., Marion, M., & Greendale, G. A. (2000). Knee strength and lower-and higher-intensity functional performance in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1679-1684.
- Sarsan, A., Ardiç, F., Özgen, M., Topuz, O., & Sermez, Y. (2006). The effects of aerobic and resistance exercises in obese women. *Clinical Rehabilitation*, 20(9), 773-782.
- Senate, U. S. (1986). Developments in Aging: 1985. *Report of the Special Committee on Aging. Washington, DC: US Government Printing Office.*
- Shephard, R. J. (1994). Determinants of exercise in people aged 65 years and older. *Champaign: Human Kinetics*, 10, 343-360.
- Sherrington, C., Tiedemann, A., Fairhall, N., Close, J. C., & Lord, S. R. (2011). Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *New South Wales Public Health Bulletin*, 22(4), 78-83.
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C. (2008). Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234-2243.
- Sigmund, E., & Sigmundová, D. (2011). *Pohybová aktivita pro podporu zdraví dětí a mládeže*. (1. vyd.) Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- Simey, P., & Pennington, B. (1999). Physical activity and the prevention and management of falls and accidents among older people. *London: Health Education Authority.*
- Skelton, D. A., Greig, C. A., Davies, J. M., & Young, A. (1994). Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age and Aging, 23*(5), 371-377.
- Skelton, D. A., Kennedy, J., Rutherford, O. M. (2002). Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and Ageing, 31*, 119-125.
- Stejskal, P. (2004). *Proč a jak se zdravě hýbat.* (1. vyd.) Břeclav: Presstempus.
- Stel, V. S., Smit, J. H., Pluijm, S. M., & Lips, P. (2003). Balance and mobility performance as treatable risk factors for recurrent falling in older persons. *Journal of Clinical Epidemiology, 56*(7), 659-668.
- Steultjens, M. P., Roorda, L. D., Dekker, J., & Bijlsma, J. W. (2001). Responsiveness of observational and self-report methods for assessing disability in mobility in patients with osteoarthritis. *Arthritis Care & Research, 45*(1), 56-61.
- Suetta, C., Aagaard, P., Magnusson, S. P., Andersen, L. L., Sipilä, S., Rosted, A., Jakobsen, A. K., Døss, B., Kjær, M. (2007). Muscle size, neuromuscular activation, and rapid force characteristics in elderly men and women: effects of unilateral long-term disuse due to hip osteoarthritis. *Journal of Applied Physiology, 102* (3), 942-8.
- Tiedemann, A., O'Rourke, S., Sesto, R., & Sherrington, C. (2013). A 12-week Iyengar yoga program improved balance and mobility in older community-dwelling people: a pilot randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 1-8.*
- Tlapák, P. (2006) *Tvarování těla pro muže a ženy.* (5. vyd.) Praha: Arsci.
- Toebe, M. J., Hoozemans, M. J., Dekker, J., & van Dieën, J. H. (2014). Effects of unilateral leg muscle fatigue on balance control in perturbed and unperturbed gait in healthy elderly. *Gait & Posture, 40*(1), 215-219.
- Ünlüsoy, D., Aydoğ, E., Tuncay, R., Eryüksel, R., Ünlüsoy, İ., & Çakıcı, A. (2011). Postural balance in women with osteoporosis and effective factors. *Turkish Journal of Osteoporosis, 17*, 37-43.



- Valdez, D. (2003). Bilateral asymmetries in flexibility, stability, power, strength, and muscle endurance associated with preferred and nonpreferred leg (Doctoral dissertation, University of Florida).
- Van Wilgen, C. P., Akkerman, L., Wieringa, J., & Dijkstra, P. U. (2003). Muscle strength in patients with chronic pain. *Clinical Rehabilitation*, 17(8), 885-889.
- Vařeka, I., Dvořák, R. (2001). Posturální model řetězení poruch funkce pohybového systému. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 33-37.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praci*. (Vyd. 1., 271 s.) Praha: Grada.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. (2. vyd., 375 s.) Praha: Triton.
- Verbrugge, L. M., & Jette, A. M. (1994). The disablement process. *Social Science & Medicine*, 38(1), 1-14.
- Visser, M., Simonsick, E. M., Colbert, L. H., Brach, J., Rubin, S. M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., & Harris, T. B. (2005). Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: the mediating role of muscle parameters. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(5), 762-770.
- Vitti, K. A., Bayles, C. M., Carcnder, W. J., Prendergast, J. M., & D'Amico, F. J. (1993). A low-level strength training exercise program for frail elderly adults living in an extended attention facility. *Aging Clinical and Experimental Research*, 5(5), 363-369.
- von Haehling, S., Morley, J. E., & Anker, S. D. (2010). An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 1(2), 129-133.
- Whipple, R. H., Wolfson, L. I., & Amerman, P. M. (1987). The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 35(1), 13-20.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214.

- Woodhull-McNeal, A. P. (1992). Changes in posture and balance with age. *Aging Clinical and Experimental Research*, 4(3), 219-225.
- Woollacott, M. H. (1993). 8 Age-Related Changes in Posture and Movement. *Journal of Gerontology*, 48(Special Issue), 56-60.
- World Health Organization. (2007). A guide for population-based approaches to increasing levels of physical activity: Implementation of the WHO global strategy on diet, physical activity and health.
- Wu, G., Zhao, F., Zhou, X., & Wei, L. (2002). Improvement of isokinetic knee extensor strength and reduction of postural sway in the elderly from long-term Tai Chi exercise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(10), 1364-1369.
- Yasunaga, A., Togo, F., Watanabe, E., Park, H., Park, S., Shephard, R. J., & Aoyagi, Y. (2008). Sex, age, season, and habitual physical activity of older Japanese: the Nakanojo study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16(1), 3-13.
- Yogev, G., Plotnik, M., Peretz, C., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2007). Gait asymmetry in patients with Parkinson's disease and elderly fallers: when does the bilateral coordination of gait require attention?. *Experimental Brain Research*, 177(3), 336-346.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J. (2008). *Krafttraining: Praxis und Wissenschaft*. Meyer, & Meyer Verlag.