

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

**Bc. Anna Šályová**

**Vliv pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Petra Gaul Aláčová, Ph.D.

Olomouc 2024

## **Anotace**

**Typ závěrečné práce:** Diplomová práce

**Název práce:** Vliv pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku

**Název práce v AJ:** The Effect of Physical Activity on Postural Stability in Older Adults

**Datum zadání:** 2023-01-31

**Datum odevzdání:** 2024-05-17

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Anna Šályová

**Vedoucí práce:** Mgr. Petra Gaul Aláčová, Ph.D.

**Oponent práce:** Mgr. Alena Svobodová, Ph.D.

**Rozsah:** 82/3

## Abstrakt v ČJ

**Úvod:** S rostoucím počtem osob vyššího věku ve společnosti stoupá i důležitost porozumění faktorům ovlivňujícím jejich zdraví a pohybovou nezávislost. Jedním z klíčových aspektů je posturální stabilita, která může hrát klíčovou roli v prevenci pádů a zachování celkového zdraví a kvality života.

**Cíl:** Zhodnotit vliv pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku a zmapovat, zda existuje souvislost mezi úrovní pohybové aktivity a kvalitou posturální stability.

**Metodika:** Výzkumný vzorek tvořilo 29 osob nad 65 let, ženy i muži, které byli pomocí dotazníku International Physical Activity Questionnaire – Short Form (IPAQ-SF), rozděleni do skupin. Byly porovnávány dvě skupiny, a to 8 osob ze skupiny *dostatečně aktivní* (věk  $78 \pm 4,47$ ) a 21 osob *vysoce aktivních* (věk  $74 \pm 5,14$ ). Stabilita byla hodnocena pomocí posturografické plošiny TYMO<sup>®</sup>. Bylo testováno celkem 8 pozic, při kterých se postupně odebíraly senzoričké zdroje. Hodnoceny byly následující údaje: ujetá dráha, medio-laterální vybočení, antero-posteriorní vybočení a plocha Center of Force (COF). Dále bylo hodnoceno úspěšné provedení testovaných pozic.

**Výsledky:** Signifikantní rozdíl mezi skupinami bylo možné zaznamenat pouze v parametru ujetá dráha v pozici na pěnové podložce bez kontroly zraku a v ploše COF u pozice na stabilní podložce bez kontroly zraku. V ostatních údajích bylo možné pozorovat rozdíly v průměrných hodnotách, lepších výsledků dosahovala skupina vysoce aktivních. V počtu zvládnutých pozic bylo možné sledovat signifikantní rozdíly v pozicích na úseči bez kontroly zraku s pěnovou podložkou a bez ní.

**Závěr:** Ze statistického zpracování jsou patrné tendence lepších výsledků u většiny parametrů pro skupinu vysoce aktivních jedinců. U několika parametrů bylo dosaženo hladiny statistické významnosti. Zvýšená fyzická aktivita nad rámec doporučení však není jednoznačným indikátorem lepší stability u osob vyššího věku. Je důležité podporovat fyzickou aktivitu u osob vyššího věku a v rámci zlepšení stability zařadit balanční a posilovací cvičení.

**Klíčová slova v ČJ:** osoby vyššího věku, posturální stabilita, balance, pohybová aktivita, IPAQ-SF, TYMO<sup>®</sup>

## **Abstract in English**

**Introduction:** With the increasing number of older adults in the society, understanding the factors influencing their health and independence becomes increasingly important. One key aspect is postural stability, which can play a crucial role in preventing falls and maintaining overall health and quality of life.

**Objective:** The aim of this master's thesis was to evaluate the influence of physical activity on postural stability in older adults and to assess whether there is a correlation between the level of physical activity and the quality of postural stability.

**Methodics:** The research sample consisted of 29 individuals over 65 years old, both women and men, who were divided into groups using the International Physical Activity Questionnaire – Short Form (IPAQ-SF). Two groups were compared: 8 individuals in the *sufficiently active* group (age  $78 \pm 4.47$ ) and 21 individuals in the *highly active* group (age  $74 \pm 5.14$ ). Stability was measured using the TYMO<sup>®</sup> posturographic platform. A total of 8 positions were tested, during which sensory sources were gradually eliminated. The following parameters were evaluated: path length, medio-lateral sway, antero-posterior sway, and the Center of Force (COF) area. Furthermore, successful completion of the tested positions was assessed.

**Results:** Statistically significant difference was observed only in the *path length* parameter in the position on a foam mat without visual control and in the *COF* area in the position on a stable surface without visual control. In the other parameters, we observed tendencies for better results achieved by the *highly active* group. Significant differences in the number of mastered positions were observed in positions on a semicircular balance board without visual control with and without a foam mat.

**Conclusion:** Although the results did not reach the level of statistical significance, it is evident that the highly active group achieved better outcomes. Increased physical activity beyond recommended levels is not a clear indicator for better stability in older adults. It is important to promote physical activity and include balance and strength exercises to improve stability of older adults.

**Key word:** Older Adults, Postural Stability, Balance, Physical Activity, IPAQ-SF, TYMO<sup>®</sup>

**Dedikace**

Tato práce vznikla za podpory grantu Univerzity Palackého IGS\_FZV\_22004.

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Petry Gaul Aláčové, Ph.D. a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne 17. 5. 2024

-----

podpis

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Petře Gaul Aláčové, Ph.D., vedoucí mé práce, za odborné připomínky a podněty a podporu během celého procesu. Také děkuji všem účastníkům výzkumu, kteří se ochotně zapojili do praktické části studie. A nakonec bych ráda poděkovala všem svým blízkým za jejich neustálou podporu a povzbuzení.

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Úvod.....   | 9  |
| 2     | Přehled poznatků .....  | 11 |
| 2.1   | Posturální stabilita.....                                       | 11 |
| 2.1.1 | Základní biomechanické pojmy .....                              | 11 |
| 2.1.2 | Řízení posturální stability (posturální kontrola) .....         | 13 |
| 2.1.3 | Možnosti měření posturální stability.....                       | 14 |
| 2.2   | Stáří a stárnutí .....  | 16 |
| 2.3   | Změna posturální stability vlivem stáří .....                   | 18 |
| 2.3.1 | Muskuloskeletální systém .....                                  | 18 |
| 2.3.2 | Senzorický systém (zrak, vestibulární aparát, propiocepce)..... | 19 |
| 2.3.3 | Nervový systém a kognitivní funkce .....                        | 21 |
| 2.3.4 | Kardiovaskulární a respirační systém .....                      | 22 |
| 2.4   | Pohybová aktivita .....   | 23 |
| 2.4.1 | Vliv pohybové aktivity ve stáří.....                            | 23 |
| 2.4.2 | Doporučené druhy pohybové aktivity.....                         | 25 |
| 2.4.3 | Možnosti měření pohybové aktivity.....                          | 27 |
| 2.5   | Přehled současných studií.....                                  | 29 |
| 3     | Cíl práce .....   | 35 |
| 3.1   | Výzkumné otázky a hypotézy.....                                 | 35 |
| 3.1.1 | Výzkumná otázka č. 1 .....                                      | 35 |
| 3.1.2 | Výzkumná otázka č. 2 .....                                      | 36 |
| 4     | Metodika výzkumu.....   | 37 |
| 4.1   | Charakteristika výzkumného souboru .....                        | 37 |
| 4.2   | Průběh výzkumu .....  | 38 |
| 4.3   | Použité metody výzkumu a hodnocené parametry .....              | 38 |
| 4.3.1 | Mezinárodní dotazník fyzické aktivity (IPAQ-SF).....            | 38 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3.2 | Posturografický systém TYMO® .....          | 39 |
| 4.4   | Metody statistického zhodnocení.....        | 39 |
| 5     | Výsledky měření .....                       | 40 |
| 5.1   | Výsledky dotazníku IPAQ-SF .....            | 40 |
| 5.2   | Výsledky k výzkumné otázce č. 1 .....       | 41 |
| 5.2.1 | Výsledky k hypotéze H <sub>01</sub> .....   | 41 |
| 5.2.2 | Výsledky k hypotéze H <sub>02</sub> .....   | 43 |
| 5.2.3 | Výsledky k hypotéze H <sub>03</sub> .....   | 44 |
| 5.2.4 | Výsledky k hypotéze H <sub>04</sub> .....   | 46 |
| 5.3   | Výsledky k výzkumné otázce č. 2 .....       | 47 |
| 6     | Diskuze.....                                | 49 |
| 6.1   | Diskuze výsledků.....                       | 49 |
| 6.2   | Pohyb a stabilita u osob vyššího věku ..... | 52 |
| 6.3   | Přínos pro praxi.....                       | 54 |
| 6.4   | Limity studie.....                          | 56 |
| 7     | Závěr.....                                  | 58 |
|       | Referenční seznam .....                     | 60 |
|       | Seznam zkratk .....                         | 73 |
|       | Seznam obrázků .....                        | 75 |
|       | Seznam tabulek .....                        | 76 |
|       | Seznam příloh.....                          | 77 |
|       | Přílohy.....                                | 78 |



# 1 Úvod

Díky pokroku v oblasti veřejného zdraví a zdravotní péče se lidé dožívají vyššího věku, a proto se podíl starších lidí v celosvětové populaci rychle zvyšuje. Stárnutí je spojeno se snižováním fyzických i kognitivních funkcí lidského těla, což s sebou nese i pravděpodobnost výskytu onemocnění souvisejících s věkem. Fyziologický úpadek může následně vést i ke snížení schopnosti udržet rovnováhu, a tím se zvyšuje riziko pádu, které je u této skupiny velkým problémem. Více než 30 % osob ve věku nad 65 let (chronologický věk, který definuje člověka jako staršího; Orimo et al, 2006, s. 149) zažije v průměru jeden pád ročně (Thomas et al., 2019, s. 1-2).

Pomocí pravidelné pohybové aktivity můžeme předejít předčasnému snižování fyzických funkcí, snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních a plicních onemocnění, rakoviny 2 typu a slouží jako prevence osteoporózy. Bylo také dokázáno, že pohyb může přispět k prevenci pádů. Při správně zvolené pohybové aktivitě, pravidelnosti a dostatečné délce trvání lze snížit toto riziko až o 42 % (Sherrington et al., 2020, s. 5). Proto je velmi důležité podporovat pohybovou aktivitu u osob vyššího věku, a tím předejít případným zdravotním komplikacím. Jako vhodné metody pro snižování rizika pádů jsou silové tréninky a tréninky rovnováhy. Zmapovat, jakým způsobem ovlivňuje úroveň fyzické aktivity posturální stabilitu u osob vyššího věku si za cíl klade i tato práce.

V teoretické části se zaměřuji na popis posturální stability, charakteristiku skupiny osob vyššího věku a změny, které u této populace probíhají. Dále se soustředím na analýzu vlivu těchto změn na udržení stability a možnosti, jakými lze těmto procesům předejít nebo je zastavit pomocí vhodné pohybové aktivity. V praktické části výzkumu jsem využila International Physical Activity Questionnaire – Short Form (IPAQ-SF) k hodnocení úrovně pohybové aktivity a posturografické zařízení TYMO<sup>®</sup> pro měření posturální stability.

Pro vyhledání odborných článků byly využity elektronické databáze PubMed, Cochrane, Google Scholar a Medline. Byly vyhledány studie publikované v rozmezí 2003-2023 na základě následujících klíčových slov: osoby vyššího věku, posturální stabilita, balance, pohybová aktivity, IPAQ-SF, TYMO<sup>®</sup>. V anglickém jazyce: Older Adults, Postural Stability, Balance, Physical Activity, IPAQ-SF, TYMO<sup>®</sup>. Celkem bylo v práci citováno z 94 elektronických článků nalezených na základě klíčových slov a ručního vyhledání. Dále bylo čerpáno z 7 knih a 5 webových stránek. Pro základní orientaci v problematice byla využita následující odborná literatura a studie:

JANČOVÁ, J., KOHLÍKOVÁ, E. 2007. Regresní změny stárnoucího organismu a jejich vliv na posturální stabilitu. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*. 14(4), 155-162. ISSN 1211-2658.

KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H., SUCHARDA, P. 2004. *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0548-6.

NAVRÁTIL, L., ŠEDINOVÁ, M. L. a kol. 2023. Léčebná rehabilitace v geriatricii. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3132-7.

NOVOTOVÁ, K., PAVLŮ, D., PÁNEK, D. 2021. Může pravidelná chůze u seniorů vést ke zlepšení jejich celkové posturální stability?. *Rehabilitation & Physical Medicine/Rehabilitace a Fyzikální Lékařství* [online]. 28(1), [cit. 2024-01-04]. ISSN 1211-2658. Dostupné z: doi:10.48095/ccrhfl20214.

SHERRINGTON, C., FAIRHALL, N., WING KWOK, W., WALLBANK, G., TIEDEMANN, A. et al. 2020. Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* [online]. 17(1), 144, [cit. 2022-12-28]. ISSN 14795868. Dostupné z: doi:10.1186/s12966-020-01041-3.

THOMAS, E., BATTAGLIA, G., PATTI, A., BRUSA, J., LEONARDI, V. et al. 2019. Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review. *Medicine* [online]. 98(27), e16218, [cit. 2022-12-28]. ISSN 1536-5964. Dostupné z: doi:10.1097/MD.00000000000016218.

VAŘEKA, I. 2002a. Posturální stabilita (I. část) - terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 115-121. ISSN 1805-4552. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/280087667\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_1](https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1).

VAŘEKA, I. 2002b. Posturální stabilita (II. část) – řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 122-129. ISSN 1805-4552. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/280087508\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_2](https://www.researchgate.net/publication/280087508_Posturalni_stabilita_Cast_2).

## 2 Přehled poznatků

### 2.1 Posturální stabilita

Posturální stabilitu můžeme definovat jako „*schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil*“ (Vařeka, 2002a, s. 116). Je důležité si uvědomit, že různé odborné oblasti k této problematice mohou přistupovat různým způsobem. Pro tuto práci je důležitá především definice z pohledu biomechaniky, v níž se hovoří o testování procesů, které zajišťují ochranu před pádem. Nejedná se ale pouze o kontrolu polohy, ale i kontrolu pohybu (Bizovská et al., 2017, s. 20).

Posturální stabilita je úzce spojena s dalšími pojmy, jako jsou atituda, postura, rovnováha a balance. Pro udržení rovnováhy je klíčová správná postura, tedy aktivní držení segmentů proti působení zevních sil. Atituda představuje nastavení postury tak, aby bylo možné provést plánovaný pohyb, přičemž pro většinu aktivit lidského organismu je to bipedální postoj (Janura & Janurová, 2011, s. 90). Udržování polohy by mělo spočívat v efektivním využití energie a vyváženém rozložení hmotnosti mezi různými tělesnými segmenty tak, aby nedocházelo ke zbytečnému přetěžování některých z nich (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 156).

Rovnováha a balance představují konkrétní strategie, jak zajistit posturální stabilitu, tedy schopnost organismu neustále měnit svalové napětí a pozici kloubů v reakci na působení vnějších sil, aby se předešlo pádu (Vařeka, 2002a, s. 116). V zahraniční literatuře jsou termíny balance a rovnováha chápány jako dvě rozdílné věci – rovnováha je stav, který vzniká díky bilanci. V češtině se spíše využívá pro bilanci jakožto funkci termín posturální stabilizace a pro samotný stav rovnováhy posturální stabilita (Bizovská et al., 2017, s. 23). Především v české literatuře se pak můžeme setkat ještě s termínem posturální reaktivita, který označuje stabilizační funkci kloubů, která je nutná pro optimální vykonání pohybu, tedy vytvoření dostatečně stabilní opory (*punctum fixum*) pro umožnění pohybu v jiných segmentech (Kolář et al., 2021, s. 47).

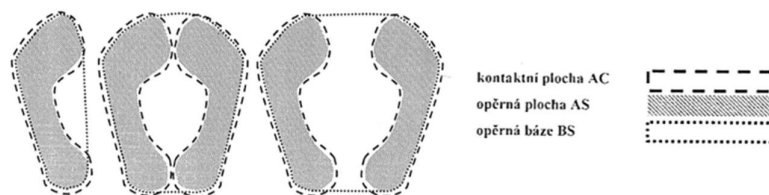
#### 2.1.1 Základní biomechanické pojmy

V rámci výzkumů posturální stability se využívá několika specifických pojmů. Vzhledem k tomu, že se této problematice věnuje i tato práce, je nutné tyto základní biomechanické termíny přesně definovat, aby je bylo možné v následujících kapitolách správně využívat. Díky tomu pak bude jednodušší i popisovat měření posturální stability v praktické části práce (Tabulka 1, s. 12; Vařeka, 2002a, s. 116-118).

**Tabulka 1** Biomechanické pojmy související s posturální stabilitou

|            |                           |                 |   |
|------------|---------------------------|-----------------|---|
| <b>AS</b>  | <i>Area of Support</i>    | Opěrná plocha   | plocha kontaktu podložky s povrchem těla, která je aktuálně využita k vytvoření opěrné báze |
| <b>AC</b>  | <i>Area of Contact</i>    | Plocha kontaktu | plocha kontaktu podložky s povrchem těla  |
| <b>BS</b>  | <i>Base of Support</i>    | Opěrná báze     | ohraničený prostor, který je mezi nejvzdálenějšími body plochy kontaktu                     |
| <b>COM</b> | <i>Center of Mass</i>     | Těžiště         | hypotetický hmotný bod, do kterého působí síly celého těla                                  |
| <b>COG</b> | <i>Center of Gravity</i>  |                 | průmět těžiště těla do opěrné báze  |
| <b>COP</b> | <i>Center of Pressure</i> | Centrum tlaku   | působíště vektoru reakční síly podložky   |

Důležité je dodat, že opěrná plocha tvoří pouze část plochy kontaktu, jelikož celou plochu kontaktu nelze využít k aktivní opoře a kontrole posturální stability (Obrázek 1). Opěrná báze je chápána jako ohraničený prostor, který se při stoji rozkročněm zvětšuje, naopak při stoji spojném nebo na jedné noze zmenšuje, a zároveň je shodný nebo mírně větší než opěrná plocha (Vařeka, 2002a, s. 116-118).



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

Pozici těžiště je nutné udržovat v daných mezích vzhledem k opěrné ploše. Tyto meze nazýváme limity stability. Každý lidský organismus má své vlastní limity stability, což jsou hranice, ve kterých se může naklánět v různých směrech, aniž by došlo ke ztrátě stability (Bizovská et al., 2017, s. 21). Lidské tělo ve stoji se často přirovnává k obrácenému kyvadlu, tedy labilní poloze, jelikož má tělo při stoji malou opěrnou bázi s poměrně vysoko uloženým těžištěm (Janura & Janurová, 2011, s. 90).

Vzhledem ke změně velikosti opěrné báze pak ještě rozlišujeme statickou a dynamickou rovnováhu. Statická rovnováha je schopnost udržet těžiště těla nad opěrnou bází. Při dynamické rovnováze je těžiště mimo opěrnou bázi a rovnováha je zajištěna působením vnitřních

a vnějších sil (Janura & Janurová, 2011, s. 89). Je tedy nutné realizovat konkrétní pohyb tak, aby byla udržena rovnováha, nebo aby došlo co nejdříve k obnovení stabilní polohy (Bizovská et al., 2017, s. 24).

### 2.1.2 Řízení posturální stability (posturální kontrola)

Posturální stabilita je zajištěna složitým procesem, který je označován jako posturální kontrola. Jedná se o mechanismy, díky kterým jsme schopni udržet polohu a provést účelný pohyb, jako je například chůze, přesun předmětů nebo zvednutí se ze židle. Jde však o velmi složitý a komplexní proces, který je zajišťován třemi složkami (Janura & Janurová, 2011, s. 90):

1. **Senzorická** – zrak, vestibulární a somatosenzorický systém
2. **Řídící** – centrální nervový systém (CNS; mozek a mícha)
3. **Výkonná** – pohybový systém

Multimodální senzorické vstupy jsou vysílány a následně vyhodnocovány v CNS, která vytváří jemně vyladěný motorický výstup sloužící k přizpůsobení se změnám prostředí a udržení posturální stability (Henry & Baudry, 2019, s. 525). Hlavní podmínkou udržení posturální stability je svalový tonus, který je regulován pomocí reflexů. Tyto reflexy jsou však modulovány na základě vnitřních a vnějších změn pro zajištění optimální balanční reakce. Zajištění posturální stability je tedy komplexní děj, na kterém se podílí především muskuloskeletální systém a CNS. Celý systém zajišťující stabilitu je proaktivní, adaptabilní a centrálně organizovaný, přičemž důležitou roli hraje i předešlá zkušenost. Na základě předchozích zkušeností totiž může již předem docházet k vytvoření vhodné strategie pro udržení posturální stability a není třeba reagovat na nečekané vnější vlivy (Bizovská et al., 2017, s. 32-33; Véle, 2006, s. 100).

Vestibulární a zrakový systém pomáhají upravovat prostorovou orientaci pro udržení posturální stability. Zrakový systém jakožto „distanční receptory“ poskytuje informace o okolním prostředí a zajišťuje orientaci v prostoru, zatímco vestibulární systém dodává informace o pohybech a poloze hlavy (Vařeka, 2002b, s. 122; Sim et al., 2018, s. 1-2). Vestibulární systém se skládá ze dvou čidel, statického (utríkulus a sakulus), které detekuje polohu hlavy v prostoru, a kinetického (polokruhovitě kanálky), které zajišťuje informace o rotačním zrychlení hlavy (Bizovská et al., 2017, s. 28).

Somatosenzorický systém poskytuje informace z mechanoreceptorů, které snímají mechanické podněty a následně je převádějí na činnost potenciálu. Zahrnují proprioceptory, které jsou uloženy ve svalech, šlachách a kloubních pouzdrech, a kožní receptory, které doplňují proprioceptivní vstupy o informace smyslové a hmatové.

Díky somatosenzorickému systému jsou do CNS dodány informace o pozici a poloze těla vzhledem k podložce nebo poloze segmentů vůči sobě (Henry & Baudry, 2019, s. 526).

Díky velkému množství sensorických vstupů si lidské tělo může v různých situacích vybrat jiné sensorické zdroje. Proto i při vymizení jednoho zdroje může dojít k adaptaci, upřednostnění jiných zdrojů nebo využití různých kompenzačních strategií (Counil et al., 2012, s. 51). Strategie pro zajištění posturální stability můžeme dělit na statické (hlezenní a kyčelní) a dynamické (mechanismus úkroku, uchopení pevné opory). Nejčastěji využíváme hlezenní strategii, tedy pohyb v předozadním směru, jelikož je tento pohyb často volnější a probíhá v něm přirozená lokomoce. Pokud dojde k většímu působení zevních sil, může být hlezenní strategie nedostačující a je nutné zapojit i kyčelní svaly, tedy kyčelní strategii. V případě selhání obou je nutné využít dynamických strategií (Vařeka, 2002b, s. 123-124).

### **2.1.3 Možnosti měření posturální stability**

Pro vyšetření posturální stability existuje mnoho možností. Lze využít jednoduchá klinická vyšetření, testové baterie, dotazníky nebo různá funkční vyšetření, ale i přístrojová vyšetření, kdy se nejčastěji setkáme se silovými nebo tlakovými plošinami. Nicméně je nutné podotknout, že posturální stabilita je velmi komplexní a složitý děj, proto jeho testování je velmi obtížné a je často možné testovat pouze jednotlivé aspekty a jaký mají vliv na bilanci (Bizovská et al., 2017, s. 43-78).

Při hodnocení posturální stability zkoumáme provedení sledované aktivity, schopnost udržet stabilitu v různých sensorických podmínkách po určitý čas, využití strategie pro obnovení stability, reakční schopnost a rychlost provedení. Základním vyšetřením může být hodnocení samostatného stání či chůze, kdy postupně upravujeme podmínky (např. stání na jedné noze, tandem), odebíráme sensorické vstupy (zavření očí, použití pěnové podložky nebo přidání úseče) nebo přidáme kognitivní úkoly. Příkladem konkrétního vyšetření může být pak Rombergův stoj (I., II., III.), nebo Trendeleburgova zkouška (stoj na jedné noze). Vyšetření chůze pak poskytuje další informace o posturální stabilitě, a lze ji také modifikovat k odhalení dalších patologií (Kolář et al., 2021, s. 28-29).

V rámci výzkumu se používají standardizované testy pro lepší vyhodnocení výsledků a následné porovnání s jinými autory, většinou jsou lehce vyhodnotitelné a není třeba žádné speciální vybavení. Velmi často se využívají funkční testy, lze využít například Functional Reach Test (FRT), který hodnotí dynamickou rovnováhu v jednom jednoduchém úkolu (Duncan et al., 1990, s. M193-196). Další možností je Time Up and Go test (TUG), který hodnotí funkční mobilitu, stabilitu při chůzi a možné riziko pádu (Podsiadlo & Richardson,

1991, s. 142-143). Dynamickou stabilitu a koordinaci lze také hodnotit pomocí The Four Square Step Test (FSST; Moore & Barker, 2017, s. 2).

Dále se můžeme setkat s různými škálami a bateriemi, jako je Berg Balance Scale (BBS), Balance Evaluation Systems Test (BESTest) a jeho zkrácená verze Mini-BESTest a Brief-BESTest. Jedná se o komplexní testy, které se používají k objektivnímu určení schopnosti (nebo neschopnosti) pacienta bezpečně udržet rovnováhu během předem stanovených úkolů, každý úkol je hodnocen podle škály (0-4 nebo 0-2). Testy jsou určeny převážně pro neurologické pacienty, je však možné je využít i u osob vyššího věku (Downs, 2015, s. 46; Michalčinová et al., 2022, s. 50; Viveiro et al., 2018, s. 2).

Mimo testové baterie je možné využít pro hodnocení stability i dotazníky, příkladem může být Activities-specific Balance Confidence Scale (ABC Scale), která poskytuje informace o jistotě rovnováhy při provádění různých každodenních činností. Tato škála byla vytvořena pro screening rizik pádu u starší populace (Moiz et al., 2017, s. 645-646). V nemocničním prostředí či sociálních zařízeních se pak používají dotazníky pro odhalení osob s vysokým rizikem pádu jako je Falls Risk Assessment Tool (FRAT), který se ptá na dřívější pády, medikace, psychologický a kognitivní stav (Stapleton et al., 2009, s. 140).

Z přístrojových vyšetření je možné využít akcelerometry a silové nebo tlakové plošiny. Akcelerometr je schopen zaznamenat úhlovou rychlost v jednom směru, v přístrojích se nejčastěji využívají 3 akcelerometry pro zaznamenání 3D pohybu. Často jsou přístroje doplněny i jinými měřicími zařízeními (teploměr, gyroskop, GPS a jiné) pro komplexnější výsledky. V rámci hodnocení posturální stability se senzor nejčastěji umísťuje na spodní část zad, nebo dorzální část chodidla (Bizovská et al., 2017, s. 75-76).

Pomocí silových plošin lze měřit vertikální, medio-laterální (ML), antero-posteriorní (AP) výchylky a trajektorii COP. Data jsou snímána pomocí piezoelektrických nebo tenzometrických čidel umístěných v rozích plošiny. Tlakové plošiny mají senzory rozmístěné po celé ploše a slouží k měření tlaku kontaktu těla a podložky. Dále se využívají i kombinace s balanční úsečí, kdy je pak výstupem úhel náklonu kontaktní plochy (Bizovská et al., 2017, s. 53-55). Komplexní vyšetření dílčích aspektů posturální stability je možné provést pomocí dynamických posturografů (např. NeuroCom). Hodnotí jak reaktivní, tak proaktivní složky stability, tedy jak je tělo schopné reagovat na vychýlení z rovnováhy, ale i jaké jsou reakce při neočekávaném vyrušení klidného stoje (translační pohyb plošiny vpřed, vzad, rotace, náklon), přičemž je možné přidat i změny vnějšího prostředí (Bizovská et al., 2017, 56-60; Kolářová et al., 2019, s. 14-16).

Pro výzkumnou část této diplomové práce bylo využito zařízení TYMO® od Tyromotion (Obrázek 2). Jedná se o přenosný posturografický systém, pomocí kterého lze provádět jak diagnostiku, tak i terapii. Lze využít statický nebo dynamický mód a přístroj je možné využívat ve stoje nebo v sedě jako oporu pro horní končetiny. Plošina snímá distribuci váhy a síly. Během testování či při terapii lze také využít pěnovou podložku nebo různé balanční úseče. Jednotlivé funkce jsou zohledněny v měřících programech a terapeutických modulech, díky tomu lze příslušné deficity pacienta zohlednit individuálním způsobem. V rámci testování je možné provést pět podrobných měření: balanční test, rozložení hmotnosti, měření síly, držení těla se zrakovou kontrolou a bez, aktivní přenášení hmotnosti a pedometr. Nejrozsáhlejší je balanční test, při kterém je osoba měřena ve 4 pozicích po dobu 30 s, vždy s otevřenýma i zavřenýma očima a poté se měření opakuje s pěnovou podložkou. Přístroj měří ujetou dráhu, ML a AP výchylky, plochu Center of Force (COF), rychlost pohybu, rozložení zátěže, cesty odezvy, Rombergův index a index reflexního a centrálního řízení (TYMO®; Farion-Navolska et al., 2023, s. 2042-2043).



**Obrázek 2** TYMO® (ectron.co.uk)

## 2.2 Stáří a stárnutí

Stáří je označováno jako období pozdní ontogenetické fáze. Jedná se o kontinuální a nevratný proces, během kterého dochází k mnoha změnám, a to jak funkčním, tak morfológickým. Tyto změny jsou ovlivněny mnoha faktory, jako je vliv prostředí, zdravotní stav, životní styl či mnohé socioekonomické a psychické faktory. Tyto faktory ovlivňují jedince různým způsobem a nastupují v různý čas, proto v rámci pojmu stáří rozlišujeme stáří kalendářní, sociální a biologické (Kalvach et al., 2004, s. 47).

Nejjednodušší pro vymezení je **kalendářní stáří**. Za jeho počátek je považován věk 65 let. V rámci něj pak rozlišujeme tři období: mladí senioři (65-74 let), staří senioři (75-84 let)



a velmi staří senioři (85 a více let). Pojem **sociální stáří** zahrnuje změny sociální a ekonomické a za jeho počátek obvykle považujeme vznik nároku na starobní důchod. Dochází ke změně sociálních rolí, každodenní náplně, zájmů a potřeb a v důsledku těchto změn mohou nastat určitá rizika. Největšími hrozbami pro stárnoucího člověka jsou snížení životní úrovně, výrazná změna životního stylu, ztráta soběstačnosti, osamělost nebo diskriminace. V rámci **biologického stáří** hovoříme převážně o konkrétních změnách daného jedince, hodnotí funkční stav, výkonnost, kondici a patologie (Kalvach et al., 2004, s. 47-48). I v zahraniční literatuře se setkáme s termínem starší dospělý, který definuje National Institutes of Health (NIH; 2023) i World Health Organization (WHO; 2022) jako osoby ve věku 65 let a více. Proto se ve většině studií i literatuře setkáme s tímto věkem jakožto hranicí stáří.

Problematice stáří a stárnutí se věnuje obor gerontologie, což je nauka, která se zabývá jak funkčními, tak i morfologickými změnami, životem ve stáří a jakým způsobem zkvalitnit život starší populace. Poprvé tento termín použil nositel Nobelovy ceny I. I. Mečnikovovic v roce 1903, ale více se tento obor začal rozvíjet až ve 40. letech 20. století, kdy se začaly zakládat první gerontologické ústavy a publikace věnující se stáří. Tento obor můžeme rozdělit do tří podoborů: experimentální (výzkum, proč a jak živé organismy stárnou), sociální (vztahy mezi společnostmi a starší populací, jejich potřeby) a klinická gerontologie (zdravotní a funkční stav). Dále se můžeme setkat s pojmem geriatric, která již představuje specializační obor medicíny, který se věnuje zdravotnímu i funkčnímu stavu osob vyššího věku. Zaměřuje se na specifické potřeby, klinický obraz, průběh, vyšetření, léčbu a prevenci (Kalvach et al., 2004, s. 48 - 49).

V dnešní době jsou tyto obory velmi důležité, jelikož stále dochází k celkovému stárnutí populace. Stáří, stárnutí a s ním spojené biologické i sociální aspekty se tedy stávají stále důležitějšími tématy jak ve sféře výzkumné, tak vzdělávací. Díky zlepšení nejen zdravotních, ale i socioekonomických podmínek dochází k prodloužení lidského života, a to vede i k nárůstu počtu starších lidí a současně k poklesu počtu mladších lidí. Důležitou roli hraje i lepší celková prevence, povědomí o zdravé výživě, různá režimová opatření nebo vyšší fyzická aktivita a cvičení (Kalvach et al., 2004, s. 51-52; Navrátil et al., 2023, s. 81). Postupné stárnutí populace v České republice je zaznamenáno od počátku 80. let 20. století a demografické predikce ukazují, že v průběhu následujících 30 let významně naroste počet osob starších 60 a 65 let. V roce 2050 bude 31 % celkové populace starší 65 let (ČSÚ, 2019). Dlouhodobě je třetina těchto osob ve věku 65-69 let, ale vlivem stárnutí poválečné generace se zvyšuje i počet osob ve věku 70-74 a zároveň se i výrazně zvětšila skupina 90-94 let (Křesťanová & Kurkin, 2020, s. 161-163).

Podstatné je zmínit, že průměrný věk života ve zdraví je u žen 64 a u mužů 62,7 let (data z roku 2016), většina osob nad 65 let se tedy potýká s nějakým zdravotním omezením. Jedná se především o růst počtu osob s nádorovými onemocněními, nemocemi oběhové soustavy, diabetem a různými neurodegenerativními onemocněními. Vzhledem k těmto predikcím budou kladeny větší nároky na zdravotní péči a velká část populace bude závislá na dlouhodobé péči (ÚZIS, MCZR, 2019).

## **2.3 Změna posturální stability vlivem stáří**

Vlivem stárnutí dochází k mnoha změnám. Každá taková změna následně ovlivní i další struktury a především funkce. Během stáří dochází k postupnému snižování funkční mobility, schopnosti udržet polohu těla a zhoršuje se i schopnost posturální kontroly. S přibývajícím věkem se zvyšují nároky na udržení stoje, a to jak v rámci energetického výdeje, tak i nutnosti většího soustředění. Kvůli tomu dochází dříve k únavě jedince, to jak fyzické, tak i psychické (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 156-157).

Posturální stabilita je zajištěna především svalovou aktivitou řízenou z CNS, nicméně zhoršování kvality aferentních informací (z vizuálního, vestibulárního a somatosenzorického systému) má vliv na horší schopnost udržet rovnováhu a zvyšuje riziko pádu (Da Costa Barbosa & Fraga Viera, 2017, s. 726). Nestabilita, a zejména strach z ní, pak zapříčiní i strach z pohybu. Tím se sníží celková fyzická aktivita a kondice, naopak riziko pádu se zvýší (Mackay, 2021, s. 379). Právě pády jsou hlavní příčinou nemoci a úmrtnosti starších dospělých. Přibližně každý třetí člověk ve věku nad 65 let spadne alespoň jednou ročně, a toto riziko se s přibývajícím věkem zvyšuje (Jeon et al., 2014, s. 2284). Pády představují významnou sociální a ekonomickou zátěž pro jednotlivce, jejich rodiny i zdravotnické služby. Vzhledem k tomu, že podíl starších lidí celosvětově roste, náklady spojené s pády se budou zvyšovat. Národní zdravotnické orgány a mezinárodní směrnice podporují zavádění vhodně navržených intervenčních programů, o nichž je známo, že pádům u starších lidí zabraňují (Sherrington et al., 2020, s. 2).

### **2.3.1 Muskuloskeletální systém**

Pohybový systém je výkonná složka (kosti, svaly a klouby), která zajišťuje posturální stabilitu. S přibývajícím věkem, a zvláště od 65 let, se regresní procesy zrychlují a dochází tak k úbytku ve všech těchto tkáních (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 157). V důsledku osteoporotických změn dochází k deformaci páteře, zvyšuje se riziko zlomenin a snižují se rozsahy pohybu, což

vede k posunutí těžiště. Je pak nutné více využívat kompenzační strategie při udržení stoje a zhoršuje se celková posturální kontrola (Ucurum et al., 2020, s. 960).

Svalová tkáň podléhá sarkopenii, úbytku motorických jednotek a atrofii svalových vláken, a kvůli tomu se snižuje svalová síla. Dochází ke snížení počtu především bílých svalových vláken (typ II.), které zajišťují rychlou kontrakci. Dále se snižuje kapilarizace, a to až o 50% u neaktivních svalů, počet mitochondrií však zůstává stejný, což ovlivňuje aerobní uvolňování energie. Pomocí pohybové aktivity lze tento proces zpomalit, nebo dokonce některé tkáně obnovit (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 157-158). Zásadní jsou také změny v nervovém systému, které jsou doprovázeny celkovým poklesem motorických schopností, což se odráží i v poklesu maximální svalové výkonosti a přesnosti kontroly pohybu (Henry & Baudry, 2019, s. 525). S tím souvisí zvýšení reakční doby a zhoršení reflexů, nebo i kompenzačních strategií zejména v oblasti kotníku. Mění se i propiocepce, a díky tomu se zvyšují nároky na pozornost a kognitivní funkce při veškerých senzorio-motorických činnostech (Tavares et al, 2019, s. E81). Pomalejší přenos vzruchů tedy ovlivňuje i rychlost zajištění posturální stability, zpomalují se reakce na různé děje, a v důsledku dlouhé adaptace různých systémů způsobí i rychlejší únavu. V případě, že dojde k výpadku nebo poruše jedné ze složek zajišťující posturální stabilitu, může být pak reakce ostatních složek nedostačující (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 158).

Ve stáří také dochází k degenerativním změnám v kloubech, chrupavka ztrácí hydrataci a zvyšuje se obsah vápníku a dochází tak k artróze. Nejčastějšími projevy jsou bolest, omezený rozsah pohybu až ztuhnutí kloubu a postupně dochází k atrofii okolních tkání. Tyto projevy pak ovlivňují posturální stabilitu (Truszczyńska et al., 2014, s. 45). V důsledku změn v kloubu nicméně dochází i k narušení propiocepce. Ta je velmi důležitou součástí posturální kontroly, jelikož poskytuje informace o poloze a pohybu v kloubu (Knoop et al., 2011, s. 385-386).

### **2.3.2 Senzorický systém (zrak, vestibulární aparát, propiocepce)**

Senzorické informace ze zraku, vestibulárního aparátu a somatosenzorického systému jsou nezbytné pro zajištění posturální stability. U starší populace jsou vlivem involuce ovlivněny všechny tyto systémy a některé jejich funkce mohou být omezeny. V důsledku toho musí nutně docházet ke kompenzačním strategiím, nicméně adaptace systémů nemusí být vždy dostačující. Tím se zhoršuje posturální stabilita a výrazně se zvyšuje riziko pádu.

Zrak poskytuje jedny z nejdůležitějších informací pro zajištění posturální stability (Paulus et al., 1984, s. 1143). Obzvláště při udržení stability v náročných podmínkách je zrak velmi důležitý, protože zrakový systém zajišťuje detekci větších pohybů těla a má významnou roli

v celkovém vnímání pohybu (Lord & Menz, 2000, s. 307). Díky zraku je zároveň možné často kompenzovat zhoršení stavu somatosenzorického a vestibulárního systému. Bylo dokázáno, že stabilita u osob vyššího věku je významně snížena za podmínek, kdy je periferní vidění zakryto (Manchester et al., 1989, s. M119). Jelikož se s přibývajícím věkem zvyšuje výskyt různých očních vad jako je katarakta či glaukom, které často vedou ke zhoršené ostrosti zraku, změny zorného pole a citlivosti, dochází i k celkovému zhoršení posturální stability (Anand et al., 2003, s. 4674-4675). Vlivem degenerativních změn dochází k neschopnosti zajistit stabilní obraz, jelikož je nedostatečná schopnost kompenzace rychlých rotačních pohybů hlavy s korekčním pohybem očí. Dále se vyskytuje zhoršená akomodace, vnímání hloubky a může se vyskytovat nystagmus (Polívka & Potužník, 2021, s. 12). V rámci zajištění posturální stability jsou podstatné jak centrální, tak periferní zrakové signály. Pokud tyto informace nejsou dostačující, projeví se zvýšením posturálních výchylek (kolébání, titubací), které jsou projevem zhoršené stability a často hrozí i riziko pádu (Wood et al. 2022, s. 6).

Dále jsou podstatné informace z vestibulárního systému, přičemž všechny struktury důležité pro vestibulární funkce s věkem degenerují. Dochází především k úbytku vláskových buněk, u osob starších 70 let až o 40 %, zmenšují se krystalky v otolitových váčcích, ale zhoršuje se i aferentace v důsledku degenerace vestibulárního nervu (Ishiyama, 2009, s. 493; Rosenhall, 1973, s. 210). Z funkčního hlediska bývají nejvíce postiženy polokruhovitě kanálky, až poté utriculus a saculus. V důsledku těchto degenerativních změn se pacienti s vestibulárními poruchami za podmínek nepřesného vidění a somatosenzorického vnímání často nadměrně kývají a spoléhají se na kyčelní strategii (Manchester et al., 1989, s. M118). Od 75 let dochází také k poklesu vestibulookulárního reflexu, který zajišťuje stabilizaci obrazu a napomáhá tak udržet stabilitu (Ishiyama, 2009, s. 493). Vestibulární systém spolu se somatosenzorickým systémem, zajišťuje vnímání vertikální polohy, které se během stárnutí posouvá dozadu (Barbieri et al., 2010, s. 55). Dochází celkově ke snížení citlivosti vnímání vertikály a vyrovnání je tak méně přesné a účinné (Jahn, 2019, s. 144-145). Vestibulární poruchy se ve vyšším věku projevují především rozvojem nestability, nejistou chůzí a nejistotou při prudkých změnách poloh, neboť je zhoršená schopnost vnímání a kompenzace úhlového zrychlení (Polívka & Potužník, 2021, s. 12-13). Nicméně je nutné zmínit, že se velmi často nestabilita spojená se závratěmi vyskytuje v důsledku benigního paroxysmálního polohového vertiga, které je u osob vyššího věku kvůli degenerativním změnám v otolitovém orgánu velmi časté (Agrawal et al., 2019, s. 2252).

Velmi podstatné jsou i informace ze somatosenzorického systému. Vlivem stárání dochází ke zhoršení vnímání propriocepce, vibrací i diskriminačního cití (Shaffer & Harrison, 2007,

s. 204). Nastávají změny ve svalových vřeténkách, především pokles průměrného počtu intrafuzálních vláken (Liu et al., 2005, s. 446), ale i rychlost aferentace spolu s integrací signálu na supraspinální úrovni ovlivňuje u osob vyššího věku propioceptivní vnímání, citlivost a posturální kontrolu (Goble et al., 2011, s. 904-905). Pro udržení stability je důležitá propiocepce z dolních končetin, která se s věkem mění, projevuje se sníženou citlivostí, přesností a integrací informací z receptorů. Mění se tak vnímání polohy jednotlivých segmentů, ovládání pohybového aparátu a vzpřímeného stoje, zvětšuje se kolébání těla, objevují se větší výchyly v COP a klesá i relevance propioceptivních informací (Shaffer & Harrison, 2007, s. 198-200). Dochází tak ke zvýšené koaktivaci antagonistů, starší osoby se více spoléhají na svůj zrak a méně na automatickou kontrolu vzpřímeného stoje (Bugnariu & Fung, 2007, s. 5). Tyto změny přispívají ke snížení flexibility posturálního systému a mohly by v konečném důsledku zhoršit posturální kontrolu a adaptační schopnost, tedy čelit změnám vnitřních nebo vnějších podmínek (Henry & Baundry, 2019, s. 532-533). Jak již bylo zmíněno, dochází i ke změnám cití a vnímání vibrací. Degenerativní změny těchto receptorů ovlivňují posturální stabilitu, vliv ale mají i onemocnění jako polyneuropatie dolních končetin (Corriveau, 2000, s. 1190).

Integrace všech informací ze zrakového, vestibulárního a somatosenzorického systému jsou podstatné pro zajištění stability. I přesto, že vizuální informace jsou často upřednostňovány, i sluchové vjemy přispívají k zajištění posturální kontroly (Zhong & Yost, 2013, s. 787). A jelikož vlivem stáří dochází ke zhoršování sluchu, i tento fakt může přispívat ke zhoršené posturální kontrole (Davis et al., 2016, s. 257).

Důležité je také zmínit že nejen samotné informace, ale i jejich multisenzorická integrace má významný vliv na zajištění posturální stability. Multisenzorická integrace označuje proces, při kterém nervový systém integruje informace z různých sensorických zdrojů, jako je zrak, sluch a somatosenzorické informace, do jednotného, koherentního a stabilního multisenzorického procesu. Multisenzorická integrace navíc může kompenzovat nedostatečnost informací z jednoho smyslu a poskytovat informace, které přinášejí rychlejší reakce. Se stárnutím dochází k postupnému zhoršování multisenzorické integrace a organismus již není schopen vnímat pouze podstatné informace (Zhang et al., 2020, s. 6-9).

### **2.3.3 Nervový systém a kognitivní funkce**

Zdá se, že změny související s věkem, k nimž dochází v sensorickém a motorickém systému, zvyšují potřebu kognitivních zdrojů nebo pozornost při sensoricko-motorických činnostech. Úkoly, které vyžadují větší kognitivní schopnosti nebo pozornost, jako jsou duální úkoly, jsou

také ovlivněny procesem stárnutí a zvyšují obtíže s ohledem na posturální kontrolu (Tavares et al., 2019, s. E81-E82).

S přibývajícím věkem dochází ke zpomalení přenosu vzruchů, úbytku šedé a bílé hmoty mozkové a celkové reorganizaci korové a míšní kontroly držení těla, včetně snížené korové inhibice. Tato inhibice je regulována prostřednictvím různých korových a podkorových sítí a hraje rozhodující roli v řízení mnoha kognitivních a motorických funkcí jako je stoj, chůze a efektivní komunikace s okolím (Papegaaij et al., 2014, s. 3). V případě kognitivní kontroly lze inhibici vnímat jako proces, který blokuje šíření aktivace a udržuje pozornost ostře zaměřenou na daný úkol a schopnost ignorování irelevantních podnětů (Aron, 2007, s. 216-218).

Kognitivní i motorické inhibiční funkce jsou zprostředkovány překrývajícími se mozkovými sítěmi zahrnujícími prefrontální kortex a bazální ganglia. Tyto struktury jsou silně zapojeny do inhibice reakce při různých senzomotorických úkolech a zároveň je inhibice modulována během posturální svalové kontrakce, tedy kontrakce s cílem udržet stoj (Netz et al., 2017, s. 131). Ukázalo se, že s věkem související pokles posturální kontroly je spojen mimo jiné také se strukturálními změnami objemů středního frontálního gyru a bazálních ganglií, a právě tyto struktury jsou vlivem stárnutí narušeny ve větší míře než jiné oblasti mozku (Boisgontier et al., 2017, s. 57-58).

#### **2.3.4 Kardiovaskulární a respirační systém**

Stárnutí má významný vliv na kardiovaskulární systém a s přibývajícím věkem se zvyšuje i riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění jako je ateroskleróza, hypertenze infarkt myokardu a cévní mozkové příhody. Dochází totiž k hypertrofii a fibrotizaci tkání velkých cév, což má vliv na prokrvení a žilní návrat. Vyskytuje se pak snížená srdeční kapacita, pokles tepové frekvence (variability i maximální tepové frekvence), vzestup krevního tlaku, často se vyskytuje ortostatická hypotenze, nestabilita srdečního rytmu nebo až arytmie (North & Sinclair, 2011, s.1098). Tyto klinické projevy mají pak vliv i na posturální stabilitu. V důsledku zvýšeného krevního tlaku dochází ke změnám prokrvení mozku a objevuje se ortostatický syndrom, který způsobuje závratě. Dále poruchy srdečního rytmu, které jsou velmi často náhlé mohou zhoršovat stabilitu a zvyšovat riziko pádu (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 158).

Stárnutí organismu ovlivňuje i respirační systém, což se projevuje několika klíčovými změnami. Dochází k postupnému úbytku alveolů, což má za následek poruchy ventilace a perfuse. Tento proces dále negativně ovlivňuje samočistící proces plic, který spolu

se sníženým kašlacím reflexem vede k hromadění hlenu. Současně s tím dochází k úbytku kolagenu v páteři a svalové tkáni, což mění postavení hrudníku. Hrudník se nachází v inspiračním postavení, což vyžaduje větší úsilí při vydechování. V důsledku těchto změn v respiračním systému a postavení hrudníku se rozvíjí komplexní problémy (Jančová & Kohlíková, 2007, s. 158-159). Dochází k narušení dechového stereotypu, což přispívá k dechové insuficienci a postupné atrofii dechových svalů. Snížení svalové síly dechových svalů pak může přispívat k poruchám rovnováhy během každodenních činností jako je například zvedání se ze židle (Janssens et al., 2014 s. 4). Změny v respiračním systému však lze zpomalit, případně obnovit funkci jednotlivých svalů správným tréninkem či respirační fyzioterapií. To, že funkce respiračního systému ovlivňuje posturální stabilitu, bylo zkoumáno i ve výzkumu Ferraro et al. (2019), kde byla prokázána přímá souvislost mezi tréninkem respiračních svalů a posturální stabilitou u zdravých osob vyššího věku.

## **2.4 Pohybová aktivita**

Pohybová aktivita je jakýkoli tělesný pohyb, který vede ke zvýšenému energetickému výdeji a kterého lze dosáhnout různými volnočasovými, pracovními nebo dopravními aktivitami. Cvičení se pak vztahuje na fyzické aktivity, které jsou plánované, strukturované, opakované a jejich cílem je zlepšit nebo udržet kondici a zdraví (Caspersen et al., 1985, s. 126-127). V současné době existuje mnoho důkazů o tom, že pravidelná fyzická aktivita slouží jako nejlepší prevence zdravotních komplikací. Celkově je velmi důležitá pro zachování tělesných funkcí a mobility, což může oddálit nástup závažného zdravotního stavu a vzniku chronických onemocnění. Má především preventivní charakter, ale také slouží jako léčebný postup při mnoha onemocněních (DiPietro et al., 2019, s. 1304-1305).

### **2.4.1 Vliv pohybové aktivity ve stáří**

Mnoho degenerativních a nezvratných změn spojených se stářím bylo již popsáno v kapitole 1.3, je však důležité také zmínit, jakým způsobem lze pohybovou aktivitou jednotlivé změny zastavit či zpomalit.

Snížená pohybová aktivita je jedním z nejvýznamnějších rizikových faktorů u osob vyššího věku a sedavý způsob života zhoršuje nejen celkový fyzický, ale i psychický stav a kvalitu života (Mackay et al., 2021, s. 379). Naopak pravidelná pohybová aktivita zpomaluje, nebo až zastavuje některé projevy stárnutí. Především se jedná o snižování svalové síly, flexibility kloubů a kardiorespirační zdatnosti. Zároveň pravidelná pohybová aktivita slouží jako nejlepší prevence mnoha dalších zdravotních problémů, které se často vyskytují ve stáří,

jako je hypertenze, cukrovka, obezita, nespavost, deprese a úzkosti, a tím prodlužuje délku života ve zdraví. Díky pohybové aktivitě je také možné vytvořit energetickou rezervu pro lepší zvládnutí náročnějších fyzických aktivit, rekonvalescence po úrazu či závažnějších onemocnění. Také celkově připravuje organismus samostatně vykonávat každodenní činnosti, zlepšuje mobilitu a mimo jiné zvyšuje i sebevědomí a psychickou rovnováhu (Navrátil et al., 2023, s. 86; Eckstrom et al., 2020, s. 672).

Je mnoho studií, které poukazují na pozitivní účinky cvičení ve stáří a zároveň negativní dopad sedavého chování. Sedavé chování je hlavním faktorem způsobující svalovou slabost, která pak dále vede ke snížení pohybové aktivity a ztráty svalové tkáně a svalové síly (Landi et al., 2014, s. 26). Bylo zjištěno, že při nečinnosti po dobu 10 dnů u zdravých starších osob došlo k významnému poklesu svalové síly a vytrvalosti dolních končetin (Kortebein et al., 2008). Naopak cvičení je velmi účinné jako prevence úbytku svalové hmoty a síly spojeným se stářím. I přestože cvičení nezpomaluje úbytek svalových vláken, dochází ke zvětšování jejich objemu, a tím se i zpomaluje celkový úbytek svalové hmoty. Především silový trénink zlepšuje svalovou sílu, metabolickou kapacitu, zvyšuje zásobu glykogenu a aktivitu oxidačních enzymů (Eckstrom et al., 2020, s. 672).

Pomocí cvičení s vysokou zátěží či cíleného posilování, je možné zvýšit sílu svalů pro zajištění lepší stability osteoporotických kostí a snížit tak riziko zlomenin (Daly et al., 2019, s. 177). Adekvátní zátěž pro kosti je velmi důležitá pro vznik a přestavbu kosti nejen u dětí, ale i v pozdějším věku. Pokud dochází k nečinnosti, kosti nejsou zatěžovány a může docházet ke zhoršení struktury skeletu a osteoporotické změny jsou větší (Fontana & Lavříková, 2012, s. 136). Křehkost, velmi často spojována s osteoporózou, je významným zdravotním rizikem u starších dospělých, převážně u žen po menopauze. V důsledku těchto změn a zvýšenému riziku pádu častěji dochází k osteoporotickým (křehkým) zlomeninám, které tvoří 80 % všech zlomenin. Nejčastější jsou zlomeniny obratlů, dále jsou velmi časté zlomeniny hlavice femuru, předloktí či humeru (Cooper & Ferrari, 2019, s. 36; Navrátil et al., 2023, s. 51).

Vlivem stárnutí dochází i k poklesu schopnosti vykonávat náročnější aerobní aktivity, jelikož dochází ke snižování maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2$  Max).  $VO_2$  Max udává výkonnost, ale také přímo koreluje s rizikem kardiorespiračního onemocnění. Jeho postupný pokles je velmi individuální a úzce souvisí s množstvím a intenzitou pohybové aktivity. U osob s nízkou pohybovou aktivitou k tomuto poklesu dochází až dvakrát rychleji, proto je důležité dbát na dostatečné množství především vytrvalostních aktivit, jako je například rychlá chůze, plavání či jízda na kole. Zařazením dlouhodobé pravidelné aktivity je možné zvýšit  $VO_2$  Max



až o 20 %, a vytrvalost tak může být o mnoho vyšší než u mladších neaktivních jedinců (Navrátil et al., 2023, s. 87).

Riziko pádu je velmi důležitým tématem spojeným s přibývajícím věkem, jelikož v důsledku mnoha změn dochází k narušení stability (viz kapitola 1.3). Existují však přesvědčivé důkazy o tom, že vhodně navržené intervenční programy mohou pádům u starších osob předcházet. Podle systematického přehledu (DiPietro et al., 2019, s. 1306) fyzická aktivita snižuje riziko zranění v důsledku pádu o 32-40 %, jelikož obecně snižuje a oddaluje riziko ztráty fyzických funkcí v souvislosti s věkem.

Pohybová aktivita je velmi důležitá i pro udržení svalové konstituce. Jelikož vlivem stáří dochází ke snížení základního energetického výdeje, a to až o 37 %, ale energetický příjem často zůstává stejný, dochází ke zvýšení tukové a úbytku svalové tkáně. Pravidelným silovým tréninkem je možné zvýšit podíl aktivní hmoty a zároveň snížit množství tuku v těle. Zároveň však hrají důležitou roli i aerobní aktivity a strava (Navrátil et al., 2023, s. 85, 88-89).

Dále je možné pravidelným pohybem ovlivnit bolest, která je ve stáří velmi častá v důsledku zvýšeného počtu různých onemocnění, ale také kvůli snížené schopnosti inhibice. Bylo dokázáno, že pravidelná pohybová aktivita je účinnou prevencí, ale i léčbou bolesti. U osob vyššího věku, které se věnují střední nebo intenzivní vysoké aktivitě často dochází ke snížení bolesti. Zabraňuje tak i chronické bolesti, snižuje intenzitu a napomáhá odstranění bolestí z různých částí těla (Hirase et al., 2018, s. 5-6).

Zároveň pohybová aktivita, jako je například posilování a aerobní trénink, ale i běžný pohyb během dne, zlepšuje výkon v kognitivních testech a snižuje neuropsychické příznaky (Buchman et al., 2018, s. 7-9). Provozování pohybové aktivity tedy napomáhá například prevenci Alzheimerovy choroby, bylo totiž zjištěno zvýšené riziko choroby u osob se sedavým způsobem života. Jelikož při pohybové aktivitě dochází ke zvýšení prokrvení mozku, je také mnohem více podporována neurogeneze (Cass, 2017, s. 20). Celková úroveň denní aktivity jedince také souvisí se strukturálními změnami mozku typických například pro demenci, jako jsou makroinfarkty nebo úbytek neuronů a bílé hmoty. Pohyb je tedy důležitý nejen pro tělo, ale i pro mysl (Buchman et al., 2018, s. 7-9).

#### **2.4.2 Doporučené druhy pohybové aktivity**

V rámci pohybové aktivity u osob vyššího věku je většinou doporučováno zařadit aerobní cvičení, odporový trénink, trénink rovnováhy a flexibility (Mora & Valencia, 2018).

Aerobní cvičení snižuje riziko kardiovaskulárních a respiračních onemocnění, snižuje systolický tlak a zlepšuje prokrvení končetin, zároveň zlepšuje glukózovou toleranci, hustotu

kostních minerálů, snižuje zánět, oxidační stres, zlepšuje kvalitu mitochondriální biogeneze a syntézu bílkovin v kosterním svalstvu (Eckstrom et al., 2020, s. 674; Navrátil et al., 2023, s. 86-89). Účelná aerobní aktivita má stále významnější vliv na kardiovaskulární systém u starších osob, čímž napomáhá ke snížení úmrtnosti v této věkové kategorii. Typ aerobního cvičení ale není tak důležitý jako jeho frekvence, délka trvání a intenzita. I každodenní aktivity jako je chůze či přesouvání lehkých břemen jsou určitou formou aerobního cvičení, a mají tedy pozitivní vliv na kardiovaskulární systém (Samitz et al., 2011, s. 1393-1395). Současná doporučení pro fyzickou aktivitu starších lidí jsou alespoň 150 min/týden aerobní aktivity střední intenzity nebo 75 minut týdně intenzivní aktivity a dva nebo více dní v týdnu aktivity zaměřené na posilování svalů (WHO, 2022). I přes tato doporučení je stále velmi nízké procento osob vyššího věku, která je dodržuje (Piercy et al., 2018, s. 2025).

Cvičení střední intenzity je definováno jako aerobní cvičení, které je prováděno s vnímanou námahou na úrovni 5 nebo 6, kde 0 je definována jako námaha vsedě a 10 je definována jako maximální námaha. Intenzivní intenzita je vnímaná námaha na úrovni 7 nebo 8 (Mora & Valencia, 2018, s. 4; WHO, 2022). Nejčastěji se doporučuje chůze o střední až vysoké intenzitě, dále také cvičení ve vodě, které je prospěšné pro jedince se sníženou tolerancí zátěže, nebo cyklistika, při které je možné snadno dosáhnout i aktivity vysoké intenzity, je možné upravovat rychlost i sílu odporu. Důležité je nicméně podporovat aktivity, které daného jedince baví (Eckstrom et al., 2020, s. 674-675).

Silový trénink spočívá v použití odporu při vyvolání svalové kontrakce, to vede nejen ke svalové hypertrofii, ale také zvýšení anaerobní vytrvalosti, zvýšení svalové kapacity, zvýšení svalové síly, zvýšení hustoty kostí, snížení inzulínové rezistence, zlepšení pohyblivosti, snížení výskytu křehkosti a snížení úmrtnosti. Pro vytvoření odporu je možné použít činky, kettlebely, therabandy, posilovací stroje nebo lze cvičit pouze s vlastní vahou. Vícekloubové cviky patří mezi nejúčinnější, příkladem může být dřep, při kterých se zapojují všechny hlavní svalové skupiny. V kombinaci se správnou výživou se jedná pravděpodobně o nejúčinnější prevenci proti vzniku sarkopenie (Eckstrom et al., 2020, s. 675-676; Waters et al., 2010, s. 267). Při dlouhém odporovém tréninku se více stimulují vlákna typu II, která vlivem stárnutí ubývají nejvíce. Důležitý je správně naplánovaný individuální trénink, postupně pomalu přidávat zátěž a nechat dostatečný čas na zotavení a regeneraci. Dobře nastavený trénink pak vede ke zlepšení svalové síly a zvýšení výkonnosti (Baraki et al., 2023).

Podstatné je také cvičení pro zlepšení stability a mobility. Nicméně jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, i pravidelná pohybová aktivita má vliv na stabilitu. Autoři Sherrington et al. (2020, s. 3-5) ve svém přehledu uvádějí, že cvičení snižuje četnost pádů o 23 %. Konkrétně

u balančních cvičení je to o 24 %, pokud je balanční cvičení kombinováno i s odporovým tréninkem snižuje se riziko o 28 %. Nejlepších výsledků však dosahovali pacienti ve studiích, ve kterých byla intervence s celkovou dávkou více než tři hodiny týdně. V tomto případě se riziko snižovalo až o 42 %. Co se týče konkrétních pohybových aktivit, nejčastěji se doporučují aerobní cvičení, balanční cvičení a různé vícesložkové programy, typicky rovnovážná a funkční cvičení (DiPietro et al., 2019, s. 1306-1307). Další velmi prozkoumanou aktivitou je Tai chi, které, pokud je prováděno dvakrát týdně po dobu 1 hodiny, snižuje počet pádů o více než 50 % (Li et al., 2018, 1302). V přehledu od českých autorů bylo také uvedeno, že i pomocí pravidelné chůze je možné zajistit zlepšení posturální stability u osob vyššího věku (Novotová et al., 2021, s. 10). Obecně je ale zásadní pohybovou aktivitu u osob vyššího věku především podporovat a důležitost by měla být kladena na její intenzitu a pravidelnost.

### **2.4.3 Možnosti měření pohybové aktivity**

Pohybovou aktivitu lze měřit mnoha způsoby. Nejběžnější metodou jsou sebehodnotící dotazníky, dále se také využívají různé formy deníkových zápisů, pozorování, či přímé nebo nepřímé kalorimetry. Nicméně nejpřesnější a nejobektivnější metodou jsou přístrojová zařízení, která snímají pohyb. Je možné využít akcelerometry, krokoměry, monitory srdeční frekvence či kombinovaná zařízení která se nejčastěji vyskytují ve formě náramků (Sylvia et al., 2014, s. 200-201).

Sebehodnotící dotazníky spoléhají na schopnost účastníku si vybavit své pohybové aktivity. Existuje hned několik druhů a liší se tím, co měří (např. způsob, trvání nebo frekvence pohybové aktivity), jak jsou údaje uváděny (např. skóre aktivity, čas, kalorie), kvalitou údajů (např. měření intenzity, rozlišování mezi obvyklými a pouze nedávnými aktivitami, zahrnutí volnočasových a nevolnočasových aktivit) a způsobem získání údajů (např. hodnocení pomocí papíru a tužky, počítačový dotazník nebo rozhovor). I když validita těchto dotazníků v různých srovnávacích studiích není vždy konzistentní, stále poskytují mnoho výhod. Především se jedná o snadnou administrativu, nízkou nákladnost a rychlé stanovení kategorií dle úrovně pohybové aktivity (nízká, středně vysoká, vysoká). Nicméně je nutné zmínit, že jsou tyto dotazníky často méně spolehlivé v rozlišování nízké a středně těžké pohybové aktivity (Sylvia et al., 2014, s. 200; Silsbury, 2015, s. 8). Hlavní nevýhodou je pak potíž se vzpomínáním na podrobnosti o pohybové aktivitě, neschopnost některých respondentů zprůměrovat četnost a délku jejího trvání nebo podhodnocování aktivity účastníků. Mimo jiné výsledky často bývají ovlivněny vnějšími faktory jako je psychický stav, věk nebo sezónní výkyvy (Ainswortha et al., 2015, s. 388).

Mezi běžně používané dotazníky patří například Modifiable Activity Questionnaire – (MAQ), Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ), 7-day Physical Activity Recall (PAR), Physical Activity Scale for the Elderly (PASE), Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) a mnoho dalších.

Pro výzkumnou část této diplomové práce byl zvolen mezinárodní dotazník pohybové aktivity International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Jedná se o dotazník, který je navržen jako standardizovaný dotazník pro sebehodnocení fyzické aktivity a sedavého chování. Podle různých studií (Belgie, Japonsko, Hongkong, Velká Británie) se jedná o validní nástroj pro hodnocení daných parametrů i u starších dospělých (Cleland et al., 2018, s. 2). Česká verze dotazníku je v Příloze 2. IPAQ hodnotí fyzickou aktivitu prováděnou v komplexním souboru oblastí včetně volnočasových aktivit. Krátká forma dotazníku (IPAQ-SF) řeší tři specifické typy aktivit (chůze, činnost střední aktivity a činnost intenzivní aktivity) a sezení, jejich četnost a dobu trvání během týdne. Dle standartu dotazníku je možné následně vyhodnotit úroveň pohybové aktivity daného jedince. Jedná se o neaktivní, dostatečně aktivní a vysoce aktivní (IPAQ Research Committee, 2004).

Jak již bylo zmíněno na začátku této kapitoly, další možností měření pohybové aktivity jsou deníky. Vlastní deníky vyžadují, aby účastníci zaznamenávali aktivitu v reálném čase, což poskytuje nejpodrobnější údaje a může překonat některá omezení dotazníků, především náchylnost k chybám při vzpomínání. Příkladem takového dotazníku může být Bouchardův záznam fyzické aktivity (BAR). Jedná se o široce používaný deník, ve kterém účastníci zapisují pohybovou aktivitu v 15minutových intervalech po dobu tří dnů. Deník však může být zatěžující, zejména pro osoby s kognitivní dysfunkcí (Martínez-Gómez et al., 2010, s. 262).

V dnešní době se čím dál více používají snímače pohybu, přičemž nejčastěji se využívají krokoměry a akcelerometry. Krokoměry jsou jednoduchá zařízení, která měří počet kroků pomocí výchylek přístroje. Nezaznamenávají však intenzitu, frekvenci ani trvání pohybové aktivity a mají podstatně menší kapacitu pro ukládání dat než akcelerometr (Rachele et al., 2012, s. 211-212). Akcelerometry zaznamenávají zrychlení spojené s pohybem těla a poskytují objektivní odhad objemu fyzické aktivity, rychlosti a času stráveného různou intenzitou cvičení. Typický výstup měření akcelerometrem je vyjádřen počtem minut strávených aktivitou a data lze převést na kvantitativní odhady energetického výdeje, která se uvádí v kilokaloriích (kcal) nebo jako metabolický ekvivalent (MET; Rachele et al., 2012, s. 210-211). Vzhledem k tomu, že neexistuje jednotný protokol pro vyhodnocení výsledků a výstupní hodnoty z různých zařízení se liší, často je nelze porovnávat. Další nevýhodou může být složitější administrativa a vyšší cena potřebných nástrojů (Skender, 2016, s. 2).

Další možností je i monitorování srdeční frekvence. Ta poskytuje informace o energetickém výdeji, ale také o frekvenci, trvání a intenzitě pohybové aktivity v reálném čase (Sylvia et al., 2014, s. 201-202). V dnešní době se pro měření používají nejčastěji kombinovaná zařízení, která v sobě mají často zabudována jako akcelerometr, krokoměr, tak i měření tepové frekvence, ale i tělesné teploty, což zajistí přesnější měření (McNamara et al., 2016, s. 145).

## **2.5 Přehled současných studií**

Následující tabulka (Tabulka 2, s. 30-34) shrnuje přehled současných studií, které se zabývají vlivem pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku. Pro jejich vyhledání byly využity elektronické databáze PubMed, Cochrane, Google Scholar a Medline. Byla využita následující klíčová slova: osoby vyššího věku, posturální stabilita, balance, pohybová aktivity, IPAQ, TYMO<sup>®</sup>. V anglickém jazyce: Older Adults, Postural Stability, Balance, Physical Activity, IPAQ, TYMO<sup>®</sup>. Byly vyhledávány studie publikované v rozmezí 2003-2023. Celkem bylo zařazeno 17 studií v anglickém a 1 studie v českém jazyce.

V tabulce jsou vždy uvedeny základní údaje o studii a využitelnost pro diplomovou práci. Nejdříve jsou představeny systematické přehledy, které v sobě shrnují studie o různých pohybových aktivitách a jaký mají význam v prevenci pádu u starších osob. Dále jsou uvedeny příklady studií, které zkoumají jednotlivé aspekty, které narušují posturální kontrolu u osob vyššího věku. Nejvíce studií se pak zaměřuje na vliv pravidelné pohybové aktivity a její intenzity na posturální stabilitu.

**Tabulka 2** Přehled současných studií

| <i>Název studie</i>   | <i>Autor</i>  | <i>Rok publikace</i> | <i>Typ studie, počet probandů</i>   | <i>Využití metody, zaměření</i>   | <i>Použité testy, hodnocení</i> | <i>Výsledky, využitelnost pro DP</i>   |
|---|---|----------------------|---|---|---------------------------------|--|
| <b>Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis</b>  | Catherine Sherrington, Zoe A Michaleff, Nicola Fairhall, Serene S Paul, Anne Tiedemann et al. | 2017                 | Updated systematic review and meta-analysis: 88 studií (19 478 účastníků)                           | Randomizované kontrolované studie, které porovnávaly míru pádů u starších osob s cvičební intervencí ke kontrolní skupině |                                 | Celkově cvičení snížilo míru pádů u starších lidí o 21 %. Větší účinek byl pozorován u cvičebních programů náročných na rovnováhu a více než 3 hodiny cvičení týdně.   |
| <b>Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis</b>        | Seong-Hi Park   | 2018                 | Systematic review and meta-analysis: 33 studií  | Zahrnutý studie hodnotící nástroje předpovídající riziko pádu u starších osob (celkem 26 různých hodnotících nástrojů)    |                                 | Bergova škála a Mobility Interaction Fall chart vykazovaly vysokou specifickou, rovnováhy a mobility.  |
| <b>Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review</b> | Ewan Thomas, Giuseppe Battaglia, Antonino Patti, Jessica Brusa, Vincenza Leonardi et al.      | 2019                 | Systematic review: 8 randomizovaných kontrolních studií (celkem 200 starších osob, starších 65 let) | Aerobní cvičení, trénink rovnováhy, trénink T-bow, wobble board, aerobní step, trénink na stabilizačním míči, Wii Fit     |                                 | Rovnováhu lze účinně zvýšit fyzickou aktivitou (vhodné vicesložková cvičení, aerobní, anaerobní a balanční cvičení). Je zásadní podporovat pohybovou aktivitu u stárnoucích dospělých, v kontrolních skupinách bez intervence byl pozorován negativní vliv na výkonnost rovnováhy. |
| <b>Physical Activity, Injurious Falls, and Physical Function in Aging: An Umbrella Review</b>     | Loretta Dipietro, Wayne W Campbell, David M Buchner, Kirk I Erickson, Kenneth E Powell et al. | 2019                 | Umbrella Review: původních 111 článků (vydány 2006-2016) a 35 nových (vydány 2017-2018)             |   |                                 | Fyzická aktivita snižuje riziko zranění v souvislosti s pádem o 32–40 %. Fyzická aktivita obecně snižuje a oddaluje riziko ztráty fyzických funkcí v souvislosti s věkem. Nejvhodnější je aerobní cvičení, posilovací, vicesložkové programy.                                      |

| <i>Název studie</i>  | <i>Autor</i>   | <i>Rok publikace</i> | <i>Typ studie, počet probandů</i>  | <i>Využité metody, zaměření</i>   | <i>Použité testy, hodnocení</i>   | <i>Výsledky, využitelnost pro DP</i>   |
|--|--|----------------------|--|---|---|--|
| <b>Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour</b> | Catherine Sherrington, Nicola Fairhall, Wing Kwok, Geraldine Wallbank, Anne Tiedemann et al. | 2020                 | Systematic review: 116 studií (25 160 účastníků)   | Randomizované kontrolované studie hodnotící účinky jakékoliv formy fyzické aktivity jako jediné intervence na pády u osob starších 60 let |   | Cvičení snižuje četnost pádů o 23 %.<br>Konkrétně: balanční a funkční cvičení o 24 %, balanční v kombinaci s odporovými o 28 %, intervence s celkovou dávkou 3h+ týdně o 42 %  |
| <b>Může pravidelná chůze u seniorů vést ke zlepšení jejich celkové posturální stability?</b>   | Novotová K., Pavlů D., Pánek D.  | 2021                 | Přehledová studie: 8 studií (2012-2020)  | Vliv různých druhů chůze na posturální stabilitu (chůze, chůze po schodech, běžecký pás, nordicwalking, slackline, chůze a Tai Chi        |   | Chůze a různé druhy chůze při dostatečném opakování a intenzitě může zlepšit posturální stabilitu. Důležitý další výzkum pro přesné dávkování a druh chůze.  |
| <b>Postural Control of Elderly Adults on Inclined Surfaces</b>   | Renata Da Costa Barbosa<br>Marcus Fraga Vieira   | 2017                 | Cross-section study 17 starších osob, 18 mladších dospělých obou pohlaví   | Měření síly a reakce na plošinu v horizontále a v nakloněné poloze, 3 pokusy, 70 s, zavřené a otevřené oči                                | Průměrná rychlost Velm<br>Plocha elipsy– Area F80<br>stabilometrie  | Starší dospělí vykazovali významné rozdíly ve srovnání s mladými, ale věk sám o sobě nemusí nutně znamenat zhoršenou posturální kontrolu. Roli mohl hrát zmenšený rozsah a ztuhlost v hlezenních kloubech, což zamezilo využití kompenzačních strategií. |
| <b>Postural control and posture-unrelated attention control in advanced age-An exploratory study</b>   | Yal Netz<br>Aviva Zeev<br>Ayelet Dunskey   | 2018                 | Exploratory study: 112 probandů (jedna skupina mužů 77,2 ± 5,5 let, dvě skupiny žen 78,6 ± 3,5 let a 68,9 ± 3,7 let) | Souvislost mezi posturální kontrolou a kognicí u zdravých starších osob, využití vizuálních a zvukových distraktorů.                      | Posturografie statické rovnováhy (8 poloh), měření dynamické rovnováhy (Time Up-and-Go Test, Functional Reach Test) | Lepší statickou, ale nižší dynamickou rovnováhu mají ženy než muži. U žen změna držení těla nesouvisela při statické rovnováze, u mužů při dynamické.  |

| <i>Název studie</i>   | <i>Autor</i>  | <i>Rok publikace</i> | <i>Typ studie, počet probandů</i>   | <i>Využití metody, zaměření</i>   | <i>Použité testy, hodnocení</i>   | <i>Výsledky, využitelnost pro DP</i>  |
|---|---|----------------------|---|---|---|---|
| <b>Age-Related Changes in Postural Control in Physically Inactive Older Women</b>       | Juliana Teles Tavares, Daniela Aparecida Biasotto-Gonzalez, Nárlon Cássio Boa Sorte Silva, Frank Shiguemitsu Suzuki, Paulo Roberto Garcia Lucareli et al. | 2019                 | Cross-section study: 27 mladých (20-30 let) a 27 starších (60-80 let) žen | Zhodnotit adaptaci posturální kontroly při různě složitých úkolech u fyzicky neaktivních mladých a starších žen.                              | Mezinárodní dotazník fyzické aktivity, silová deska (6 úkolů – stoj, pěnová podložka, zavřené a otevřené oči)   | Při změně úkolu došlo ke zvýšení kývavých pohybů, u starších je významně větší při všech úkolech. Vzorce adaptace byly u všech účastníků podobné.   |
| <b>Effects of Regular Walking on Postural Stability in the Elderly</b>                  | I. Melzer, N. Benjuya, J. Kaplanski   | 2003                 | Observational study: 143 osob (22 pravidelná chůze, 121 bez chůze)        | Zhodnotit, zda pravidelná chůze od nástupu do důchodu má vliv na posturální kontrolu u osob vyššího věku (bez dalších zdravotních komplikací) | Silová plošina (8 statických postojů), postural limit test, isometric test  | Osoby ve skupině s pravidelnou chůzí mají lepší posturální stabilitu ve statických podmínkách a bez pádů v anamnéze za posledních 6 měsíců (druhá skupina minimálně dva). Nejsou velké rozdíly v postural limit test.                       |
| <b>Effects of a physical activity program on postural stability in older people</b>     | Olivier A. Hue, Olivier Seynnes, Delphine Ledrole, Serge S Colson, Pierre-Louis Bernard   | 2004                 | Non-randomized study: 77 osob (64-86 let)                                 | Zhodnotit vliv cvičebního programu PBM (3 měsíce, 2x týdně) na posturální stabilitu u osob vyššího věku                                       | Stabilometrické hodnocení – silová plošina – 4 postoje (jen plošina, pěnová podložka, latero-medální, antero-posteriorní) vždy zavřené i otevřené oči | Pevná žádná změna, pěnová, latero-mediální a anterioposteriorní podložka došlo ke zlepšení  |
| <b>The relationships between physical activity and Static balance in elderly people</b> | Yung-Hui Tien, Kuei-Fu Lin  | 2008                 | 37 osob (74.59 ± 5.40)  | Vztah mezi statickou rovnováhou a fyzickou aktivitou  | Physical Activity Scale for Elderly (PASE), silová plošina (stoj na jedné noze, stoj na obou nohou, u sebe, zavřené a otevřené oči)                   | Nebyl zjištěn významný rozdíl mezi statickou rovnováhou a úrovní fyzické aktivity, statická rovnováha však byla významně lepší s otevřenými očima než zavřenými, poukazuje na důležitost zraku při udržování rovnováhy u osob vyššího věku. |



| <i>Název studie</i>  | <i>Autor</i>   | <i>Rok publikace</i> | <i>Typ studie, počet probandů</i>   | <i>Využité metody, zaměření</i>  | <i>Použité testy, hodnocení</i>   | <i>Výsledky, využitelnost pro DP</i>   |
|--|--|----------------------|---|--|---|--|
| <b>Handgrip and functional mobility in elderly with different levels of physical activity</b>  | Dayane de Oliveira Macedo,<br>Leticia Mendes de Freitas,<br>Marcos Eduardo Scheicher   | 2014                 | 44 osob (60 let a více)   | 3 skupiny – seniorský volejbal, aktivní starší osoby a sedavé starší osoby | TUG, síla stisku  | TUG je lepší u skupiny seniorský volejbal oproti ostatním skupinám.  |
| <b>Elderly Use Proprioception Rather than Visual and Vestibular Cues for Postural Motor Control</b>  | Isabella Katherina Wiesmeier,<br>Daniela Dalin,<br>Christoph Mauer   | 2015                 | 20 osob (průměrný věk 74 let), 19 osob (průměrný věk 28 let), 16 osob (průměrný věk 48 let) | Měření spontánního kolébání a měření narušeného postoje                    | Silová plošina – amplituda, rychlost kolébání   | Amplituda a rychlost spontánního kývání byly významně větší a frekvence kývání byla vyšší u starších osob ve srovnání s mladými, osoby upřednostňují proprioceptivní podněty před vizuálními a vestibulárními podněty jinak než mladší osoby |
| <b>Relationship between physical activity level and balance in middle-aged and older women</b>   | Pedro Rafael de Souza Macêdo,<br>Sabrina Gabrielle Gomes Fernandes,<br>Ingrid Guerra Azevedo,<br>José Vilton Costa,<br>Dimitri Taurino Guedes,<br>Saionara Maria Aires da Câmara | 2022                 | Cross-section study, 589 osob (40-59 let, nad 60 let)                                       |  | IPAQ, stoj na jedné noze se zavřenými a otevřenými očima další: BMI, věk, vzdělání, příjem, počet dětí, komorbidity | Účastníci s nízkou fyzickou aktivitou vykazovali horší výsledky než účastníci s vysokou, není však potvrzena souvislost mezi běžnou fyzickou aktivitou a posturální stabilitou. Pro její zlepšení je vhodné zařadit specifické cvičení.      |
| <b>Changes in physical activity levels and relationship to balance performance, gait speed, and self-rated health in older Swedish women: a longitudinal study</b> | Marian E Papp,<br>Ann Charlotte Grahn-Kronhed,<br>Hans Rauch Lundin,<br>Helena Salminen  | 2022                 | 351 žen (69-79 let)   | 186 žen sledováno po dobu 8,5 let  |   | Větší fyzická aktivita je důležitým prediktorem pro udržení fyzické funkce.  |

| <i>Název studie</i>  | <i>Autor</i>   | <i>Rok publikace</i> | <i>Typ studie, počet probandů</i>  | <i>Využité metody, zaměření</i>   | <i>Použité testy, hodnocení</i>  | <i>Výsledky, využitelnost pro DP</i>  |
|--|--|----------------------|--|---|--|---|
| <b>The relationship between physical activity levels and balance levels in individuals living in nursing homes</b> | Muhammet Kesin, Muhammed Atak, Goezde Oezan, Halim Issever   | 2023                 | 67 osob žijících v domově seniorů (x komunikační problémy, speciální péče) | Zhodnotit, zda je souvislost mezi úrovní fyzické aktivity a posturální stabilitou | IPAQ-SF, Tinetti Balance and Gait Test   | U osob s vyšší fyzickou aktivitou bylo významně nižší riziko výskytu problémů s rovnováhou. |
| <b>Evaluation of postural balance indicators in healthy individuals</b>  | Olha Farion-Navolska, Igor R Mysula, Olha V Deneofil, Yuriy V Zavidnyuk, Andriy Sverstyuk, Natalya Sydliaruk | 2023                 | 30 osob (18-25 let)  | TYMO®   | distance traveled, medial-lateral deviation, anterior-posterior deviation, area of the statokinesiogram (COF), average speed, feedback system, Romberg index | Hodnoty z této studie lze brát jako referenční pro zdravou populaci 18-25 let.              |

### 3 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je zhodnotit vliv pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku a zmapovat, zda existuje souvislost mezi úrovní pohybové aktivity a kvalitou posturální stability.

#### 3.1 Výzkumné otázky a hypotézy

##### 3.1.1 Výzkumná otázka č. 1

*Existuje rozdíl v kvalitě posturální stability mezi skupinou 2 a 3 dle IPAQ-SF za různých posturálních podmínek?*

První výzkumná otázka je rozdělena do 4 hypotéz dle testovaných parametrů získaných pomocí posturografické plošiny TYMO<sup>®</sup>. Každá hypotéza je rozdělena dle jednotlivých testovaných situací do bodů a) až f). Vždy je k nulové hypotéze přiřazena i hypotéza alternativní.

**Hypotéza H<sub>01</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v ujeté dráze (cm) za testovaných situací:

- a) stoj na pevné podložce, otevřené oči,
- b) stoj na pevné podložce, zavřené oči,
- c) stoj na pěnové podložce, otevřené oči,
- d) stoj na pěnové podložce, zavřené oči,
- e) stoj na balanční úseči, otevřené oči,
- f) stoj na balanční úseči, zavřené oči.

**Hypotéza H<sub>A1</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v ujeté dráze (cm) za testovaných situací (viz H<sub>01</sub>).

**Hypotéza H<sub>02</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v ML vybočení (cm) za testovaných situací:

- a) stoj na pevné podložce, otevřené oči,
- b) stoj na pevné podložce, zavřené oči,
- c) stoj na pěnové podložce, otevřené oči,
- d) stoj na pěnové podložce, zavřené oči,
- e) stoj na balanční úseči, otevřené oči,
- f) stoj na balanční úseči, zavřené oči.

**Hypotéza H<sub>A2</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v ML vybočení (cm) za testovaných situací (viz H<sub>02</sub>).

**Hypotéza H<sub>03</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v AP vybočení (cm) za testovaných situací:

- a) stoj na pevné podložce, otevřené oči,
- b) stoj na pevné podložce, zavřené oči,
- c) stoj na pěnové podložce, otevřené oči,
- d) stoj na pěnové podložce, zavřené oči,
- e) stoj na balanční úseči, otevřené oči,
- f) stoj na balanční úseči, zavřené oči.

**Hypotéza H<sub>A3</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v AP vybočení (cm) za testovaných situací (viz H<sub>03</sub>).

**Hypotéza H<sub>04</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl plochy COF (cm<sup>2</sup>) za testovaných situací:

- a) stoj na pevné podložce, otevřené oči,
- b) stoj na pevné podložce, zavřené oči,
- c) stoj na pěnové podložce, otevřené oči,
- d) stoj na pěnové podložce, zavřené oči,
- e) stoj na balanční úseči, otevřené oči,
- f) stoj na balanční úseči, zavřené oči.

**Hypotéza H<sub>A4</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl plochy COF (cm<sup>2</sup>) za testovaných situací (viz H<sub>04</sub>).

### 3.1.2 Výzkumná otázka č. 2

*Existuje rozdíl mezi skupinami 2 a 3 dle IPAQ-SF v počtu úspěšně provedených testovaných pozic?*

**Hypotéza H<sub>05</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v počtu úspěšně provedených testovaných pozic.

**Hypotéza H<sub>A5</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v počtu úspěšně provedených testovaných pozic.

## 4 Metodika výzkumu

Tato diplomová práce byla zpracována v rámci projektu „Zjištění možností komplexního přístupu ke zlepšení kvality života u populace vyššího věku“. Celý projekt byl schválen etickou komisí v únoru 2021. Jedná se o kvantitativní výzkum, přičemž v rámci této diplomové práce byla využita data získaná z dotazníků hodnotících pohybovou aktivitu (IPAQ-SF) a z přenosného posturografického systému TYMO®. Data byla sbírána od dubna 2023 do ledna 2024.

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkum byl zaměřen na osoby vyššího věku z Olomouckého kraje. Ve spolupráci s Magistrátem města Olomouc byla šířena informace o průběhu měření v Olomouckých klubech seniorů. Dále byli osloveni účastníci cvičení v Centru Pohybu Olomouc. Během výzkumné doby bylo také na různých veřejných místech v Olomouci vyvěšeno několik letáčků o průběhu měření. Probandi tedy nebyli oslovováni přímo. U přihlášených zájemců následně proběhlo měření. Do vzorku byli zařazeni muži i ženy dle následujících kritérií.

Vstupní kritéria pro zařazení do vzorku byla následující:

1. věk na 65 let,
2. samostatnost,
3. kognitivní zdatnost,
4. dostatečná pohybová aktivita (pro samostatnou mobilitu),
5. ochota spolupráce,
6. dodržení podmínek výzkumu,
7. vyplnění informovaného souhlasu.

Kritéria pro vyloučení ze vzorku:

1. věk pod 65 let,
2. neschopnost samostatnosti,
3. kognitivní poruchy (př. Alzheimerova choroba),
4. muskuloskeletální onemocnění limitující pohybovou činnost,
5. neochota spolupracovat,
6. nedodržení podmínek výzkumu,
7. nesouhlas při zpracování a sběru dat.

Celkově se měření zúčastnilo 30 probandů, z toho bylo 22 žen a 8 mužů. Průměrný věk účastníků byl 75 let.

## 4.2 Průběh výzkumu

Nejprve byl proveden pilotní výzkum v dubnu 2023, aby byla ověřena validita zvolené metody výzkumu. Pilotního měření se zúčastnily 4 osoby a bylo zjištěno, že podle nastavené metodologie je možné výzkum provést. Data od těchto probandů tedy byla také zařazena do vzorku.

V rámci měření byli nejdříve probandi seznámeni s průběhem celého výzkumu a vyplnili informovaný souhlas (Příloha 1). Následně byl vyplněn Mezinárodní dotazník pohybové aktivity (IPAQ-SF; Příloha 2), který hodnotí individuální míru pohybové aktivity. Nakonec bylo provedeno měření na přenosném posturografickém zařízení TYMO<sup>®</sup>. Vyplňování dotazníků a měření probíhalo vždy v laboratoři na tř. Svobody.

V rámci získávání dat pomocí plošiny TYMO<sup>®</sup> byl využit rozsáhlý Test rovnováhy. Probandi byli při jednotlivých měřeních vždy instruováni dle pokynů daných softwarem měřicího zařízení: na plošinu stoupat bosou nohou, klidný vzpřímený stoj, volné dýchání, ruce podél těla dlaněmi dovnitř a pohled rovně dopředu zafixovaný na jeden bod. Test rovnováhy byl proveden celkem dvakrát, nejdříve na samotné plošině, poté byla pod plošinu přidána kulatá úseč. Při obou měřeních byly otestovány 4 pozice: stoj s otevřenýma a zavřenýma očima, následně na plošinu byla přidána pěnová podložka a proběhlo opětovné měření s otevřenýma a zavřenýma očima. V jednotlivých pozicích měl proband setrvat po dobu 30 s. Na provedení každé pozice měl proband pouze jeden pokus, nebylo prováděno opakované měření v případě nedokončení.

## 4.3 Použité metody výzkumu a hodnocené parametry

### 4.3.1 Mezinárodní dotazník fyzické aktivity (IPAQ-SF)

Dotazník IPAQ-SF řeší tři specifické typy aktivit (chůze, činnost střední aktivity a činnost intenzivní aktivity) a sezení, jejich četnost a dobu trvání během týdne. Data z dotazníku byla vyhodnocena podle příručky Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short Form pomocí počtu MET minut během týdne. Pomocí dotazníku IPAQ-SF byli probandi rozděleni do tří skupin podle intenzity pohybové aktivity (Tabulka 3, s. 39), kterou vykonávají jako součást každodenních činností (IPAQ Research Committee, 2004).

**Tabulka 3** Hodnocení IPAQ-SF

| IPAQ | MET-min/týden | Úroveň pohybové aktivity |
|------|---------------|--------------------------|
| 1    | 0-600         | Neaktivní                |
| 2    | 600-3000      | Dostatečně aktivní       |
| 3    | Více než 3000 | Vysoce aktivní           |

**Legenda:** MET – metabolický ekvivalent

#### 4.3.2 Posturografický systém TYMO®

Z měření balančního testu na posturografické plošině byly využity následující parametry:

1. *Ujetá dráha* (cm) – vzdálenost, kterou tělo urazí při udržování rovnováhy (Farion-Navolska et al., 2023, s. 2043).
2. *ML vybočení* (cm) – pohyby ve frontální rovině (Farion-Navolska et al., 2023, s. 2043). Vybočení v případě většího působení zevních sil, při kterém je nutnost zapojení kyčelních svalů (Vařeka, 2002b, s. 123).
3. *AP vybočení* (cm) – pohyb v sagitální rovině (Farion-Navolska et al., 2023, s. 2043). Značí využití hlezenní strategie, pohyb často volnější a probíhá v něm přirozená lokomoce (Vařeka, 2002b, s. 123).
4. *Plocha COF* (cm<sup>2</sup>) – plocha statokineziogramu při udržování rovnováhy (Farion-Navolska, 2023, s. 2043). V literatuře se častěji setkáváme s termínem plocha COP, tedy působiště vektoru reakční síly podložky (Vařeka, 2002a, s. 117), jedná se však o to stejné.

Příklad výstupu z posturografického systému je v Příloze 3.

#### 4.4 Metody statistického zhodnocení

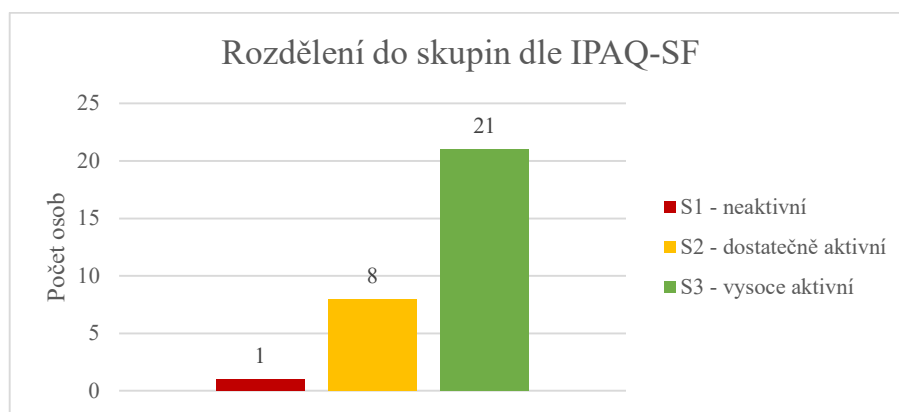
Data z posturografického systému byla z PDF formy přepsána do programu Microsoft Excel, všechna data byla anonymně zaznamenána a následně statisticky zpracována v programu SPSS. V rámci popisné statistiky byla vypočtena následující data: průměr, medián, maximum, minimum a směrodatná odchylka. U všech dat bylo testováno normální rozložení, normalita byla zjištěna pouze u jedné hodnoty, a proto v rámci statistického zpracování byl využit neparametrický test, a to Mann-Whitney U-test. Hladina statistické významnosti byla nastavena na 95 %. Za statisticky významný byl považován výsledek  $p \leq 0,05$ , kdy bylo možné zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní.

## 5 Výsledky měření

Tato kapitola se věnuje popisu výsledků výzkumu. Pro přehlednost jsou uvedeny tabulky a grafické zpracování. Nejdříve je popsáno rozdělení do skupin dle IPAQ-SF, další podkapitoly se pak věnují výzkumným otázkám a vyhodnocení jejich hypotéz.

### 5.1 Výsledky dotazníku IPAQ-SF

Podle výsledků z IPAQ-SF byli probandi rozděleni do 3 skupin podle toho, jak často a o jaké intenzitě vykonávali různé druhy pohybové aktivity během každodenních činností. Jeden proband spadl do skupiny neaktivní (S1), 8 do skupiny dostatečně aktivní (S2) a 21 do skupiny vysoce aktivní (S3). Rozdělení do skupin je znázorněno na Obrázku 3.



**Obrázek 3** Graf rozdělení propadů do skupin dle IPAQ-SF

Vzhledem k tomu, jakým způsobem data z dotazníků rozřadila výzkumný vzorek, byl vyřazen proband spadající do skupiny 1, neboť by jeho porovnání s ostatními skupinami nepřineslo reprezentativní výsledky v rámci výzkumu. Do výzkumu tedy bylo po vyhodnocení dotazníků nakonec zařazeno 29 osob z původních 30. Následující tabulka (Tabulka 4) uvádí průměrný věk a rozložení pohlaví v daných skupinách.

**Tabulka 4** Věk probandů a rozložení pohlaví ve sledovaných skupinách

|                          | S2 (n = 8)       | S3 (n = 21)      |
|--------------------------|------------------|------------------|
| <b>Věk – průměr (SD)</b> | 78 ( $\pm$ 4,47) | 74 ( $\pm$ 5,14) |
| <b>Ženy</b>              | 6                | 16               |
| <b>Muži</b>              | 2                | 5                |

**Legenda:** S2 – dostatečně aktivní; S3 – vysoce aktivní; SD – směrodatná odchylka



## 5.2 Výsledky k výzkumné otázce č. 1

*Existuje rozdíl v kvalitě posturální stability mezi skupinou 2 a 3 dle IPAQ-SF za různých posturálních podmínek?*

Přiřazené hypotézy ( $H_01 - H_04$ ) jsou rozděleny dle testovaných situací, dále uváděny pouze jako „(a-f)“:

- a) stoj na pevné podložce, otevřené oči,
- b) stoj na pevné podložce, zavřené oči,
- c) stoj na pěnové podložce, otevřené oči,
- d) stoj na pěnové podložce, zavřené oči,
- e) stoj na balanční úseči, otevřené oči,
- f) stoj na balanční úseči, zavřené oči.

V rámci testování byly měřeny ještě další dvě pozice (úseč s pěnovou podložkou s a bez kontroly zraku), nicméně zaznamenaná data nebyla vzhledem k malému množství dat zařazena do statistického zpracování.

### 5.2.1 Výsledky k hypotéze $H_01$

**Hypotéza  $H_01$ :** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v ujeté dráze (cm) za testovaných situací (a-f).

**Hypotéza  $H_{A1}$ :** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v ujeté dráze (cm) za testovaných situací (a-f).

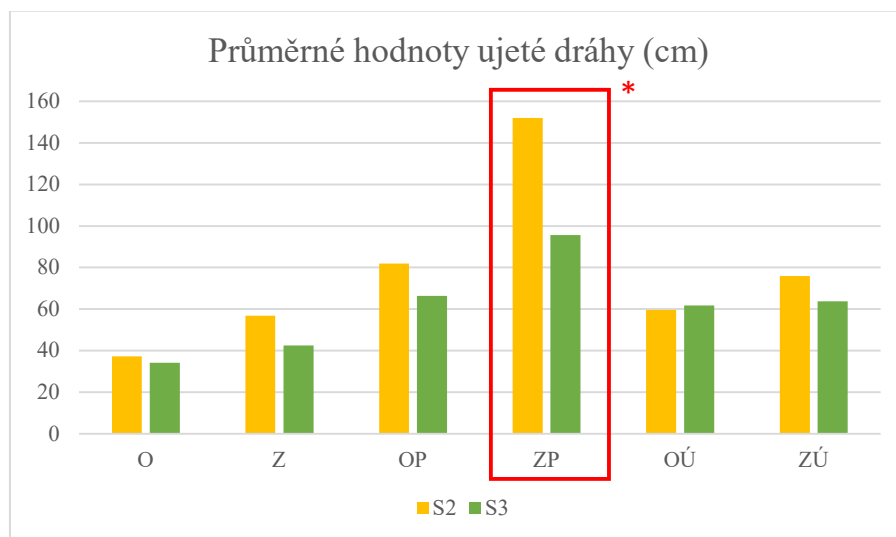
V následující tabulce (Tabulka 5, s. 42) je uvedena popisná statistika k ujeté dráze během jednotlivých testovaných situací. Pouze pro testovanou pozici na pěnové podložce bez kontroly zraku (d) lze zamítnout hypotézu  $H_01$  v prospěch alternativní ( $H_{A1}$ ). V ostatních případech výsledky nedosáhly hladiny statistické významnosti ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabulka 5** Popisná statistika naměřených hodnot ujeté dráhy (cm)

| UD (cm) | S2 (n = 8) |        |        |       |       | S3 (n = 21) |        |        |       |       | p            |
|---------|------------|--------|--------|-------|-------|-------------|--------|--------|-------|-------|--------------|
|         | Průměr     | Medián | Max    | Min   | SD    | Průměr      | Medián | Max    | Min   | SD    |              |
| O       | 37,25      | 38,00  | 54,00  | 20,00 | 10,91 | 34,10       | 34,00  | 44,00  | 25,00 | 5,37  | 0,328        |
| Z       | 56,88      | 52,50  | 100,00 | 28,00 | 24,04 | 42,48       | 41,00  | 54,00  | 29,00 | 7,10  | 0,107        |
| OP      | 81,88      | 71,00  | 138,00 | 50,00 | 34,25 | 66,33       | 68,00  | 93,00  | 42,00 | 13,61 | 0,479        |
| ZP      | 152,00     | 165,00 | 227,00 | 95,00 | 55,20 | 95,63       | 92,00  | 131,00 | 62,00 | 19,77 | <b>0,027</b> |
| OÚ      | 59,50      | 58,50  | 70,00  | 49,00 | 6,46  | 61,76       | 58,00  | 87,00  | 47,00 | 11,26 | 0,961        |
| ZÚ      | 76,00      | 76,00  | 80,00  | 72,00 | 5,66  | 63,71       | 60,50  | 92,00  | 50,00 | 12,31 | 0,112        |

**Legenda:** UD – ujetá dráha; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; Max – maximum; Min – minimum; SD – směrodatná odchylka; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč

Na Obrázku 4 jsou graficky znázorněny průměrné hodnoty ujeté dráhy u obou skupin v jednotlivých testovaných situacích. Červeně ohraničená je pozice, ve které byl naměřen statisticky významný rozdíl, nicméně je možné pozorovat rozdíly mezi jednotlivými skupinami i v ostatních pozicích. Až na jednu pozici (OÚ) u skupiny vysoce aktivních byly hodnoty ujeté dráhy během testování nižší.



**Obrázek 4** Graf průměrných hodnot ujeté dráhy v jednotlivých testovaných situacích

**Legenda:** O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; \* p < 0,05

## 5.2.2 Výsledky k hypotéze H<sub>02</sub>

**Hypotéza H<sub>02</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v ML vybočení (cm) za testovaných situací (a-f).

**Hypotéza H<sub>A2</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v ML vybočení (cm) za testovaných situací (a-f).

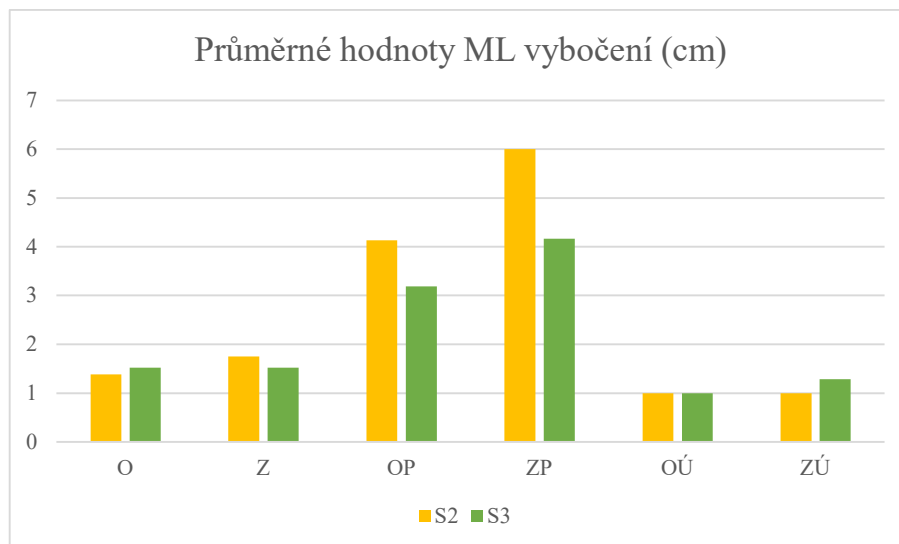
Tabulka 6 uvádí výsledky popisné statistiky ML vybočení. Statisticky významný rozdíl nebyl pomocí Mann-Whitney U-testu zjištěn mezi skupinami v žádné testované situaci, proto nelze H<sub>02</sub> zamítnout ve prospěch alternativní při stanovené hladině významnosti 95 %.

**Tabulka 6** Popisná statistika naměřených hodnot ML vybočení (cm)

| ML (cm) | S2 (n = 8) |        |      |      |      | S3 (n = 21) |        |      |      |      | P     |
|---------|------------|--------|------|------|------|-------------|--------|------|------|------|-------|
|         | Průměr     | Medián | Max  | Min  | SD   | Průměr      | Medián | Max  | Min  | SD   |       |
| O       | 1,38       | 1,00   | 2,00 | 1,00 | 0,52 | 1,52        | 1,00   | 3,00 | 1,00 | 0,68 | 0,674 |
| Z       | 1,75       | 2,00   | 3,00 | 1,00 | 0,71 | 1,52        | 1,00   | 3,00 | 1,00 | 0,68 | 0,385 |
| OP      | 4,13       | 4,50   | 6,00 | 2,00 | 1,36 | 3,19        | 3,00   | 5,00 | 1,00 | 1,12 | 0,093 |
| ZP      | 6,00       | 7,00   | 8,00 | 2,00 | 2,55 | 4,16        | 4,00   | 7,00 | 2,00 | 1,54 | 0,097 |
| OÚ      | 1,00       | 1,00   | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 1,00        | 1,00   | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 1,000 |
| ZÚ      | 1,00       | 1,00   | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 1,29        | 1,00   | 4,00 | 1,00 | 0,83 | 0,581 |

**Legenda:** ML – medio-laterální vybočení; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; Max – maximum; Min – minimum; SD – směrodatná odchylka; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč; ZÚ – zavřené oči, úseč

Grafické znázornění průměrných hodnot ML vybočení (Obrázek 5, s. 44) ukazuje, že i přestože nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl pomocí zvoleného statistického testu, mezi skupinami lze pozorovat značné rozdíly. Především v pozicích s pěnovou podložkou, a to jak s kontrolou zraku, tak bez ní, u skupiny vysoce aktivních dosahovaly průměrné hodnoty ML vybočení nižších hodnot. Ačkoliv u většiny testovaných pozic dosahovala vyšších průměrných hodnot ML vybočení skupina 2, u dvou pozic měla horší výsledky skupina 3 (O, ZÚ).



**Obrázek 5** Graf průměrných hodnot ML vybočení v jednotlivých testovaných situacích

**Legenda:** ML – medio-laterální; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč; ZÚ – zavřené oči, úseč; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní

### 5.2.3 Výsledky k hypotéze H<sub>03</sub>

**Hypotéza H<sub>03</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl AP vybočení (cm) za testovaných situací (a-f).

**Hypotéza H<sub>A3</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl AP vybočení (cm) za testovaných situací (a-f).

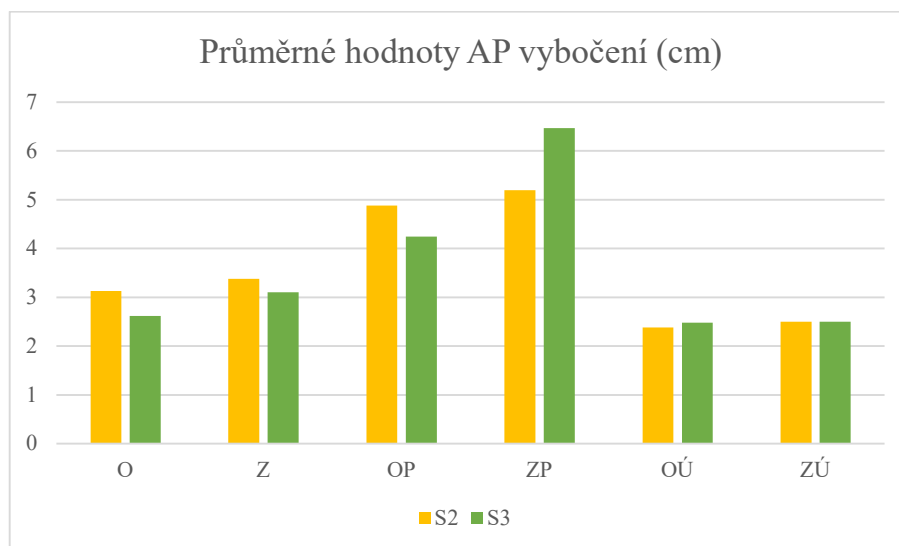
Popisná statistika dat AP vybočení jsou zaznamenána v Tabulce 7 (s. 45). Nulovou hypotézu H<sub>03</sub> nelze zamítnout, jelikož ani v jedné z testovaných pozic nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

**Tabulka 7** Popisná statistika naměřených hodnot AP vybočení (cm)

| AP (cm) | S2 (n = 8) |        |      |      |      | S3 (n = 21) |        |      |      |      | p     |
|---------|------------|--------|------|------|------|-------------|--------|------|------|------|-------|
|         | Průměr     | Medián | Max  | Min  | SD   | Průměr      | Medián | Max  | Min  | SD   |       |
| O       | 3,13       | 3,00   | 5,00 | 2,00 | 1,13 | 2,62        | 3,00   | 4,00 | 1,00 | 0,74 | 0,296 |
| Z       | 3,38       | 3,00   | 5,00 | 2,00 | 1,19 | 3,10        | 3,00   | 5,00 | 2,00 | 0,89 | 0,601 |
| OP      | 4,88       | 4,50   | 8,00 | 3,00 | 1,73 | 4,24        | 4,00   | 6,00 | 2,00 | 1,14 | 0,422 |
| ZP      | 5,20       | 5,00   | 8,00 | 1,00 | 2,68 | 6,47        | 7,00   | 9,00 | 4,00 | 1,74 | 0,367 |
| OÚ      | 2,38       | 2,00   | 3,00 | 2,00 | 0,52 | 2,48        | 2,00   | 3,00 | 2,00 | 0,51 | 0,630 |
| ZÚ      | 2,50       | 2,50   | 3,00 | 2,00 | 0,71 | 2,50        | 2,50   | 3,00 | 2,00 | 0,52 | 1,000 |

**Legenda:** AP – antero-posteriorní vybočení; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; Max – maximum; Min – minimum; SD – směrodatná odchylka; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč

Následující graf (Obrázek 6) znázorňuje průměrné hodnoty AP vybočení. U tohoto parametru nejsou zřejmé žádné významné rozdíly mezi skupinami. Nižší hodnoty dosahovala skupina vysoce aktivní v prvních třech testovaných situacích. V dalších dvou tomu bylo naopak a v nejobtížnější situaci nebyly naměřeny žádné rozdíly.



**Obrázek 6** Graf průměrných hodnot AP vybočení v jednotlivých testovaných situacích

**Legenda:** AP – antero-posteriorní; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní

## 5.2.4 Výsledky k hypotéze H<sub>04</sub>

**Hypotéza H<sub>04</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl plochy COF (cm<sup>2</sup>) za testovaných situací (a-f).

**Hypotéza H<sub>A4</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl plochy COF (cm<sup>2</sup>) za testovaných situací (a-f).

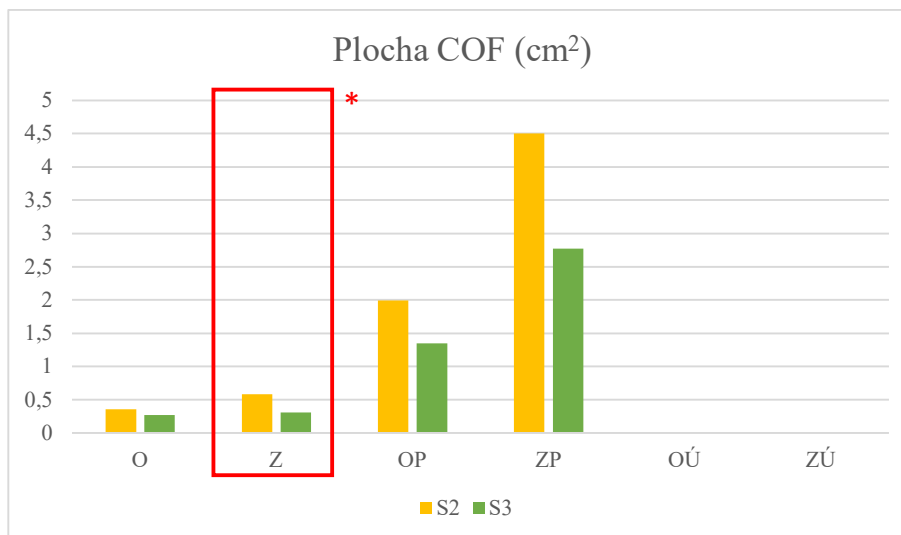
V Tabulce 8 je uvedena popisná statistika dat plochy COF naměřených na posturografu v jednotlivých pozicích. Nulovou hypotézu v prospěch alternativní můžeme zamítnout pouze v jedné testované situaci (zavřené oči). V ostatních pozicích nebyl prokázán statisticky významný rozdíl  $p \leq 0,05$ . Data naměřená v pozicích na úseči (OÚ, ZÚ) nelze považovat jako validní, neboť přístroj nebyl schopen data správně zaznamenat.

**Tabulka 8** Popisná statistika naměřených hodnot plochy COF (cm<sup>2</sup>)

| COF (cm <sup>2</sup> ) | S2 (n = 8) |        |      |      |      | S3 (n = 21) |        |      |      |      | p            |
|------------------------|------------|--------|------|------|------|-------------|--------|------|------|------|--------------|
|                        | Průměr     | Medián | Max  | Min  | SD   | Průměr      | Medián | Max  | Min  | SD   |              |
| O                      | 0,36       | 0,35   | 0,60 | 0,10 | 0,19 | 0,27        | 0,20   | 0,60 | 0,10 | 0,15 | 0,213        |
| Z                      | 0,58       | 0,65   | 1,00 | 0,10 | 0,32 | 0,31        | 0,30   | 0,70 | 0,10 | 0,16 | <b>0,044</b> |
| OP                     | 1,99       | 1,50   | 4,60 | 0,90 | 1,22 | 1,35        | 1,10   | 2,90 | 0,50 | 0,78 | 0,087        |
| ZP                     | 4,50       | 5,20   | 8,20 | 1,00 | 2,76 | 2,77        | 2,30   | 5,60 | 0,90 | 1,60 | 0,154        |
| OÚ                     | 0,00       | 0,00   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,000        |
| ZÚ                     | 0,00       | 0,00   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01        | 0,00   | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,705        |

**Legenda:** COF – plocha Center of Force; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; Max – maximum; Min – minimum; SD – směrodatná odchylka; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč

Zvoleným statistickým testem (Mann-Whitney U-testem) byl prokázán statisticky významný výsledek  $p \leq 0,05$  pouze v jedné pozici. Průměrné hodnoty (Obrázek 7, s. 47) nicméně naznačují rozdíly i v dalších pozicích, a to především v pozicích na pěnové podložce jak s kontrolou zraku, tak bez ní.



**Obrázek 7** Graf průměrných hodnot plochy COF vybočení v jednotlivých testovaných situacích

**Legenda:** COF – plocha Center of Pressure; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč; ZÚ – zavřené oči, úseč; S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; \*  $p < 0,05$

### 5.3 Výsledky k výzkumné otázce č. 2

*Existuje rozdíl mezi skupinami 2 a 3 dle IPAQ-SF v počtu úspěšně provedených testovaných pozic?*

**Hypotéza H<sub>05</sub>:** Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl v počtu úspěšně provedených testovaných pozic.

**Hypotéza H<sub>A5</sub>:** Mezi skupinami je statisticky významný rozdíl v počtu úspěšně provedených testovaných pozic.

Pro tuto výzkumnou otázku byla využita data ze všech naměřených pozic, jelikož šlo pouze o to, zda danou pozici proband byl či nebyl schopen provést během měřeného času.

V Tabulce 9 (s. 48) je zaznamenáno, kolik z naměřených osob zvládlo danou pozici udržet po celou dobu měření. Zároveň byly hodnoty převedeny i na procentuální úspěšnost. Ve výsledcích můžeme sledovat rozdíly mezi skupinami v pozicích bez kontroly zraku v náročnějších situacích (pěnová podložka i úseč). Testování na úseči bez kontroly zraku ve skupině dostatečně aktivních zvládlo 25 % a ve skupině vysoce aktivních 71,23 %. Pozici na úseči s pěnovou podložkou bez kontroly zraku nezvládl nikdo ze skupiny dostatečně aktivních a 47,62 % ze skupiny vysoce aktivních. V těchto dvou případech lze zamítnout

nulovou hypotézu v prospěch alternativní, neboť došlo ke statisticky významnému rozdílu  $p < 0,05$ .

**Tabulka 9** Procentuální úspěšnost zvládnutých pozic

|     | S2 (n = 8) |                | S3 (n = 21) |                | P            |
|-----|------------|----------------|-------------|----------------|--------------|
|     | počet osob | počet osob (%) | počet osob  | počet osob (%) |              |
| O   | 8          | 100            | 21          | 100            | 1,000        |
| Z   | 8          | 100            | 21          | 100            | 1,000        |
| OP  | 8          | 100            | 21          | 100            | 1,000        |
| ZP  | 5          | 62,5           | 19          | 90,48          | 0,080        |
| OÚ  | 8          | 100            | 21          | 100            | 1,000        |
| ZÚ  | 2          | 25             | 15          | 71,23          | <b>0,048</b> |
| OPÚ | 7          | 87,5           | 19          | 90,48          | 0,817        |
| ZPÚ | 0          | 0              | 10          | 47,62          | <b>0,044</b> |

**Legenda:** S2 – dostatečně aktivní, S3 – vysoce aktivní; SD – směrodatná odchylka; O – otevřené oči; Z – zavřené oči; OP – otevřené oči, pěnová podložka; ZP – zavřené oči pěnová podložka; OÚ – otevřené oči, úseč, ZÚ – zavřené oči, úseč; OPÚ – otevřené oči, pěnová podložka, úseč; ZPÚ – zavřené oči, pěnová podložko, úseč



## 6 Diskuze

Snížená stabilita u osob vyššího věku je v dnešní době velkým problémem. Nestabilita se s přibývajícím věkem zhoršuje, a tím se zvyšuje i riziko pádu a s ním spojená zranění. Vlivem stárnutí také dochází k mnoha změnám v lidském organismu. Pomocí pohybové aktivity jsme schopni jim do jisté míry předejít či zpomalit jejich průběh, a tím zamezit případným komplikacím. Snížená pohybová aktivita je jedním z nejvýznamnějších rizikových faktorů u osob vyššího věku. Sedavý způsob života zhoršuje nejen celkový fyzický, ale i psychický stav a kvalitu života (Mackay et al., 2021, s. 379). Pravidelná pohybová aktivita je nejlepší prevencí kardiovaskulárních či respiračních onemocnění (Eckstrom et al., 2020, s. 674), slouží jako prevence osteoporózy (Daly et al., 2019, s. 177), zabraňuje ztrátě svalové síly a flexibility (Landi et al., 2014, s. 26) a zároveň snižuje riziko zranění v souvislosti s pádem až o 40 % (DiPietro et al., 2019, s. 1306).

Problematika vlivu pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku má stále rostoucí význam. Cílem této diplomové práce bylo provést zhodnocení vztahu mezi úrovní pohybové aktivity a posturální stabilitou u této populace. Práce se zaměřuje na identifikaci možných rozdílů v udržení posturální stability mezi jednotlivými skupinami probandů s různou úrovní pohybové aktivity, zjištěnou pomocí dotazníku IPAQ-SF.

První výzkumná otázka se soustředí na rozdíly v konkrétních parametrech naměřených posturografem v různých podmínkách testování, zatímco druhá otázka zkoumá, jaká je úspěšnost provedení jednotlivých pozic, při kterých se odebírají senzorické zdroje.

### 6.1 Diskuze výsledků

**Výzkumná otázka č. 1** byla rozdělena do 4 hypotéz ( $H_01$ - $H_04$ ) podle měřených parametrů (ujetá dráha, ML vybočení, AP vybočení a plocha COF). U nich bylo vždy testováno 6 situací. U jednotlivých parametrů naměřených posturografem byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi skupinami pouze v několika situacích. Hladinu významnosti pod 0,05 bylo možné sledovat ve dvou situacích, a to konkrétně v ujeté dráze v pozici na pěnové podložce bez kontroly zraku ( $H_01$  d) a u plochy COF na normální podložce bez kontroly zraku ( $H_04$  b). Celkově ale nebylo možné zamítnout žádnou nulovou hypotézu ve prospěch alternativní, jelikož ani u jednoho z parametrů nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve všech testovaných situacích.

U všech parametrů při odebrání senzorických zdrojů však docházelo ke zvyšování naměřených hodnot. Zhoršování statické rovnováhy při zvyšování náročnosti na vestibulární,

zrakový a somatosensorický systém byly zaznamenány i ve studii od Netz et al. (2018), kde autoři porovnávali dynamickou a statickou rovnováhu u mužů a žen zdravé starší populace. Zvyšování hodnot AP a ML vybočení při změně náklonu plošiny či kontroly zraku pozorovali ve své studii také Da Costa Barbosa a Fraga Viera (2017), kteří se zaměřili na zjišťování posturální stability na nakloněných plošinách. Zjistili, že vyšší hodnoty AP a ML jsou zaznamenány na nakloněných plošinách než na horizontálních, přičemž u starších osob byly tyto hodnoty vyšší než u mladých. Zároveň zjistili, že frekvence AP výkyvů je u starších osob vyšší, což lze přisuzovat zvýšené aktivitě podkolenních svalů, která zase může představovat častější posturální korekce. To vede ke snížení pomalého posturálního kývání. Při testování bez kontroly zraku byly zaznamenány vyšší hodnoty měřených parametrů ve všech podmínkách, přičemž relativní nárůst byl větší u osob vyššího věku. Ve studii od Tavares et al. (2017) se také zvyšovala rychlost titubací v ML a AP směru při odstranění vizuální zpětné vazby či použití pěnové podložky. Zároveň starší ženy vykazovaly ve srovnání s mladšími ženami výrazně větší výkyvy, což naznačuje, že proces stárnutí má vliv na posturální stabilitu. Stejně výsledky lze pozorovat i ve studii Wiesmeier et al. (2015).

Výsledky z posturografického systému tedy korelují s uvedenými studiemi, při deficitu informací z jakéhokoli sensorického systému (zrakový, vestibulární nebo somatosenzorický) dochází ke zhoršování výsledků jednotlivých parametrů a zároveň se tyto rozdíly ještě prohlubují s přibývajícím věkem probandů. To můžeme pozorovat i ve výsledcích studie Farion-Navolska et al. (2023), kde autoři stanovili referenční hodnoty pro měření na posturografické plošině TYMO<sup>®</sup> pro zdravou mladou populaci. Díky tomu, že byla v této práci použita stejná metoda měření jako v právě uvedené studii, lze přímo porovnávat získaná data. Autoři sbírali data u zdravé mladé populace, a tak můžeme usuzovat, že při měření starší populace se budou jednotlivé hodnoty zvyšovat. Tomu by odpovídala i data naměřená v této diplomové práci, kdy všechny měřené parametry dosahovaly vyšších hodnot. Příkladem můžou být hodnoty plochy COF, kde bylo možné pozorovat největší rozdíly, a to především u měření na pěnové podložce kde jsou průměrné hodnoty mladé populace dvakrát menší než u S3 a skoro třikrát menší než u S2. Je tedy zjevné, že s přibývajícím věkem se posturální stabilita zhoršuje.

Ačkoli u **hypotéz H<sub>02</sub> a H<sub>03</sub>** nebylo možné pozorovat žádné statisticky významné rozdíly mezi skupinami, lze pozorovat zhoršující se trend při odebrání sensorických zdrojů, který odpovídá i jiným zahraničním studiím. Weismeler at al. (2015) uvádějí, že hodnoty ML vybočení jsou u osob vyššího věku vyšší než AP, a oproti mladší populaci jsou tyto rozdíly znatelnější. V této studii nelze pozorovat stejné výsledky, naopak hodnoty AP vybočení jsou často vyšší oproti ML, stejně jako u referenčních hodnot pro mladou populaci (Farion-Navolska

et al., 2023). Z průměrných hodnot lze však pozorovat narůstající tendenci u ML, a to jak mezi skupinami, tak oproti mladé zdravé populaci. Lze tedy předpokládat, že hodnoty ML vybočení se s přibývajícím věkem zvyšují, ale je možné tomu předejít zvýšenou pohybovou aktivitou. ML vybočení u skupiny S2 dosahovalo značně vyšších hodnot než u S3, především u měření na pěnové podložce. Tato skutečnost poukazuje na nutnost využití kyčelní strategie pro zajištění posturální stability, jelikož hlezenní již nebyla dostačující. U AP vybočení jsou průměry naměřených hodnot nejednoznačné. Rozdíly mezi skupinami jsou menší, a ve dvou případech jsou hodnoty S3 značně vyšší než S2. Je tedy možné usuzovat, že u skupiny S3 docházelo v některých případech více k zapojení hlezenní strategie než kyčelní. Častěji je využívána hlezenní strategie, jelikož pohyb v předozadním směru bývá často volnější a probíhá v něm přirozená lokomoce (Vařeka, 2002b, s. 123-124). Je ale možné, že v důsledku nedostatku pohybu dochází k tuhosti v hlezenních kloubech a není tak možné strategii plně využít a je nutné zapojit kyčelní, jak i ukazuje rostoucí potenciál hodnot ML vybočení.

U **hypotéz H01 a H03** sice bylo možné pozorovat statisticky významný rozdíl, ale pouze ve 2 případech z celkových 12. Významný rozdíl byl zaznamenán v ujeté dráze v pozici na pěnové podložce bez kontroly zraku a v ploše COF na rovné podložce bez kontroly zraku, kdy skupina vysoce aktivních dosahovala lepších výsledků. Ujetou dráhu a plochu COF hodnotili ve svém výzkumu Melzer et al. (2003), kde zjistili významné rozdíly mezi dvěma skupinami. Účastníci výzkumu byli rozděleni na ty, kteří pravidelně chodili a na ty, co pravidelně nechodili. U neaktivních jedinců byla ujetá dráha během testovaných situací výrazně delší, u plochy COF nebyl nalezen statisticky významný rozdíl, i přestože u skupiny s pravidelnou chůzí byla plocha menší. Zároveň se také ukazují lepší hodnoty u osob mladých či ve středních letech než u starších (Wiesmeier et al., 2015). Lze tedy předpokládat, že čím více je zařazena pohybová aktivita do života jedince, tím dochází k lepším výsledkům, stejně jako ukazuje tato práce.

**Výzkumná otázka č. 2** byla zaměřena na úspěšné provedení pozic, tedy zda probandi zvládli setrvat v jednotlivých pozicích při odebrání sensorických zdrojů. Zde byla hladina významnosti pod 0,05 zaznamenána pouze u dvou případů, a to při měření na úseči bez kontroly zraku s pěnovou podložkou a bez ní. Skupina S3 byla úspěšnější v pozicích bez kontroly zraku, jinak nejsou žádné nebo jen minimální rozdíly.

Wiesmeier et al. (2015) ve své studii zjistil, že se starší lidé při udržování stability více spoléhají na proprioceptivní informace než na vizuální či vestibulární signály. Toto zjištění naznačuje, že starší lidé mají tendenci stabilizovat a orientovat své tělo vzhledem k povrchu opory, a proto se více spoléhají na proprioceptivní než na vestibulární nebo vizuální podněty.

Toto tvrzení koreluje s výsledky naší studie, jelikož největší rozdíly byly znatelné v pozicích s pěnovou podložkou a úsečí, kde byl kladen velký důraz právě na proprioceptivní systém. Výsledek, že S3 zvládá jednotlivé pozice lépe ukazuje, že pomocí zvýšené fyzické aktivity je možné posílit právě proprioceptivní složku.

Jedinci s dostatečnou aktivitou se při zavřených očích nemohli tak dobře spoléhat na propriocepci a bez zrakové kontroly nebyli schopni pozici provést. To, že se zhoršují jednotlivé parametry naznačují i již dříve zmíněné studie (Netz et al., 2018; Da Costa Barbosa & Fraga Viera, 2017; Tavares et al., 2017; Farion-Navolska et al., 2023). I přes to, že se žádná z nich nezaměřuje konkrétně na vyhodnocení zvládnutí jednotlivých pozic, lze usuzovat, že zhoršení parametrů poukazuje na vyšší pravděpodobnost, že testovaný člověk danou pozici nemusí vůbec nedokončit.

## **6.2 Pohyb a stabilita u osob vyššího věku**

Zda pohybová aktivita u osob vyššího věku zlepšuje stabilitu, bylo již mnohokrát předmětem zkoumání. Z přehledových studií vyplívá, že pro zlepšení posturální stability jsou vhodná vícesložková cvičení, aerobní a anaerobní cvičení a balanční cvičení (Thomas et al., 2019; Sherrington et al., 2017). Méně prozkoumáno je, zda má úroveň pohybové aktivity (zahrnuta je i chůze a každodenní činnosti, tedy obecně míra aktivit během dne), vliv na stabilitu u osob vyššího věku. To si za cíl klade i tato práce.

Výsledky tohoto výzkumu naznačují, že neexistuje statisticky významný rozdíl v udržení statické stability ( $H_{01}$ - $H_{04}$ ) mezi skupinami S2 a S3. I přes tyto výsledky je však možné sledovat určité rozdíly mezi skupinami z průměrných naměřených hodnot. Ve většině případů se dařilo lépe skupině S3, tedy vysoce aktivním, ale ne vždy tomu tak bylo. Co se týče úspěšného provedení pozic ( $H_{05}$ ), je patrné, že skupina S3 jednotlivé situace zvládala lépe, ale statisticky významný rozdíl byl zaznamenán pouze ve 2 z 8 měřených pozic. I výsledky předchozích studií jsou značně rozporuplné.

Zjištění studie z Thaj-wanu, kde bylo měřeno 37 probandů (věk  $74.59 \pm 5.40$ ), jsou taková, že není rozdíl mezi skupinami (měřeno pomocí dotazníku PASE) ve statické rovnováze. Výsledky testování bez kontroly zraku byly ale opět vždy horší než s ní (Tien & Lin, 2008). K rozdílným výsledkům se dopracovali Macêdo et al. (2022), kteří hodnotili stabilitu stoje u žen na jedné noze s kontrolou zraku a bez ní. S přibývajícím věkem se stabilita jak s otevřenými, tak zavřenými očima zhoršovala a zároveň čím vyšší byla úroveň pohybové aktivity, tím lepší byly výsledky ve stabilitě. Výsledky však naznačují, že činnosti denního života nejsou dostatečné k zajištění dobré statické rovnováhy ve stoji u žen středního a vyššího

věku. To by odpovídalo i zjištění této práce, jelikož nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi různě aktivními skupinami. Je tedy možné, že v případě, že by jedna ze skupin provozovala nějakou cílenou pohybovou aktivitu, mohli bychom získat signifikantnější rozdíly.

Zda míra fyzické aktivity (měřeno pomocí IPAQ-SF) souvisí se stabilitou zjišťoval i Kesin et al. (2023) na skupině probandů žijících v domově pro seniory. Autoři využili Tinnettiho test rovnováhy a chůze a zjistili, že s rostoucím skóre fyzické aktivity jsou výsledky testu lepší. V rámci tohoto výzkumu byly porovnávány zástupci všech tří kategorií dle IPAQ-SF, kdy největší rozdíly byly zaznamenány mezi skupinami neaktivních osob a těch dostatečně aktivních. Mezi druhou jmenovanou kategorií a vysoce aktivními osobami již rozdíly nebyly tak zjevné. Ke stejným výsledkům dochází i tato práce.

Doporučení WHO pro fyzickou aktivitu starších lidí jsou alespoň 150 min/týden aerobní aktivity střední intenzity nebo 75 minut týdně intenzivní aktivity a dva nebo více dní v týdnu aktivity zaměřené na posilování svalů (WHO, 2022). Tato doporučení korelují i s dotazníkem IPAQ-SF, do skupiny dostatečně aktivní spadají jedinci, kteří splňují daná doporučení. Pokud je jejich aktivita vyšší, řadí se pak dle dotazníku do skupiny vysoce aktivní. V rámci předkládaného výzkumu bylo možné porovnávat pouze dvě skupiny, a to dostatečně aktivní a vysoce aktivní. Do skupiny s nízkou pohybovou aktivitou byl zařazen pouze jeden účastník výzkumu, a proto byla tato skupina ze statistického zpracování dat vyřazena.

Z výsledků dotazníku IPAQ-SF však není možné vyčíst, jakou konkrétní pohybovou aktivitu účastníci vykonávali, pouze její intenzitu a množství chůze během dne. Proto není možné v rámci tohoto výzkumu hodnotit, jakou měrou přispívají konkrétní pohybové aktivity k lepší posturální stabilitě. Macedo et al. (2014) zjistili, že funkční mobilitu (měřeno pomocí TUG) mají lepší jedinci, kteří provozují konkrétní sport (v tomto případě volejbal), než ti jen fyzicky aktivní, nicméně stále uspokojivé oproti osobám vyššího věku se sedavým způsobem života.

Podle získaných výsledků lze usuzovat, že zvýšená pohybová aktivita v rámci každodenních činností nad rámec doporučení WHO není dostačující pro lepší posturální stabilitu. Nicméně je potřeba zmínit, že probandi ze skupiny S3 do jisté míry splňují doporučení pro zlepšení stability, která vyplývají ze systematického přehledu Thomase et al. (2019), tedy především provádění aerobních a anaerobních cvičení. To můžeme vyvodit z dotazníku, kdy účastníci odpovídali, zda se při jednotlivých provozovaných aktivitách zadýchají či ne, a případně jak moc (rozdělení na vysoce intenzivní a středně intenzivní zátěž). Dalo by se tedy argumentovat, že probandi z S3 splňují doporučená cvičení, která by jim měla pomoci zvýšit posturální stabilitu oproti těm, kteří takové aktivity nevykonávají – S2. Vzhledem k tomu,

že nebyl nalezen signifikantní rozdíl mezi posturální stabilitou mezi těmito skupinami můžeme vyvodit, že buď není aktivita, kterou probandi z S3 vykonávají nad rámec standardních pohybových aktivit přínosná pro posturální stabilitu, nebo jejich aktivita nebyla dostačující, aby došlo k větším rozdílům. Možné je také to, že probandi byli chybně rozřazeni dle jejich vlastních odpovědí do neodpovídající skupiny. Dá se tedy předpokládat, že vhodnější je zařadit i jiné vícesložkové programy a balanční cvičení, která přispívají ke zlepšení stability a prevenci pádů u osob vyššího věku (Thomas et al., 2019; Dipietro et al.; Sherrington et al. 2017; Sherrington et al. 2020).

Jak uvádějí ve svém přehledu studií Dipietro et al. (2019) fyzická aktivita snižuje riziko zranění v souvislosti s pádem o 32–40 % a oddaluje riziko ztráty fyzických funkcí v souvislosti s věkem. Autoři Sherrington et al. (2020) uvádějí, že cvičení by měla být výzvou pro rovnováhu třemi různými způsoby: změnou velikosti základny, těžiště a snížením používání horních končetin. Aby však toto cvičení mělo výsledky, musí být stanovena doba trvání alespoň dvě hodiny týdně.

Je nutné podotknout, že v rámci tohoto výzkumu testování probandi nebyli tázáni na to, jakou konkrétní pohybovou aktivitu provozují, dotazníkem bylo zaznamenáno pouze to, zda během týdne měli nějakou vysoce intenzivní, středně intenzivní pohybovou aktivitu a množství chůze. Na základě výsledků bylo zhodnoceno, zda splňují doporučení pro dostatečnou pohybovou aktivitu. Další možností zkoumání výsledků by mohlo být skupinu S3 rozdělit podle toho, zda mají i vysoce intenzivní a středně intenzivní aktivitu v dotazníku, nebo jen chůzi, a tak docílit přesnějších výsledků pro konkrétnější doporučení.

### **6.3 Přínos pro praxi**

V rámci tohoto výzkumu sice nebylo dosaženo mnoha statisticky významných rozdílů mezi testovanými skupinami, ale při srovnání průměru jednotlivých hodnot byly vidět značné rozdíly v jednotlivých parametrech měřených na posturografu. Ve skupině vysoce aktivních byly jednotlivé naměřené hodnoty často nižší, což odpovídá lepším schopnostem zajistit posturální stabilitu. Lze tedy usuzovat, že úroveň pohybové aktivity do jisté míry ovlivňuje posturální stabilitu. Nicméně rozdíly mezi skupinami nebyly dostatečně výrazné, aby bylo možné zamítnout nulové hypotézy. Výsledky práce tedy naznačují, že zvýšení míry pohybové aktivity nad rámec doporučení WHO nemá přímý vliv na posturální stabilitu u osob vyššího věku.

Z jiných výzkumů vyplývá, že zařazení pohybové aktivity přispívá ke zlepšení posturální stability u osob vyššího věku. Důležité je, aby byla správně dávkována především její pravidelnost a intenzita. Existuje mnoho důkazů o konkrétních druzích pohybové aktivity či

cvičební programech, které zlepšují stabilitu u osob vyššího věku. Nejčastěji jsou doporučovány vícesložkové cvičební programy, aerobní, anaerobní a balanční cvičení (Thomas et al., 2019; Sherrington et al., 2017) s důrazem na intenzitu, a to minimálně 3 hodiny týdně (Sherrington et al., 2020), dále je doporučováno Tai chi (Li et al., 2021) či pravidelná chůze (Novotová et al., 2021), ale byla také zjištěna souvislost mezi obvyklou fyzickou aktivitou a posturální kontrolou. Ve studii od Freitas et al. (2013) se ukázalo, že sedavě žijící ženy vykazují vyšší posturální nestabilitu než aktivnější jedinci.

Tím se otevírá možnost dalšího zkoumání, kdy bylo by vhodné porovnat všechny tři skupiny dle IPAQ-SF, dále by bylo možné v jednotlivých skupinách lépe specifikovat konkrétní pohybové aktivity, nebo alespoň u skupiny vysoce aktivních zhodnotit, jaké aktivitě se věnují nejvíce.

I přes to, že výsledky naší studie nedosahovaly hladiny statistické významnosti, je samotný způsob měření obohacením oblasti výzkumu posturální stability. Častěji se využívají silové plošiny či dynamický posturograf, nicméně tato práce dokazuje, že je možné zajistit validní výsledky i pomocí menšího a přenosného zařízení, což může být pro terapeuta i pro zkoumanou osobu jednodušší a příjemnější.

Výzkum byl zpracován jako součást projektu „Zjištění možností komplexního přístupu ke zlepšení kvality života u populace vyššího věku“. Vzhledem k tomu tato práce přispěla také k obecné informovanosti probandů v oblasti přínosů pohybové aktivity, její frekvence a intenzity. Zkoumané osoby, které byly do výzkumu zahrnuty, také vždy dostaly zpětnou vazbu k analyzovaným datům získaným z posturografické plošiny TYMO<sup>®</sup>. Ta obsahovala nejen zhodnocení jejich posturální stability, ale také další doporučení, jakým způsobem stabilitu zlepšit a na jaké konkrétní činnosti se v tomto ohledu zaměřit. Probandi byly také edukovány o různých preventivních opatřeních pro předcházení pádů či jiných zranění.

## 6.4 Limity studie

V diskuzi je nezbytné reflektovat také limity této studie. Navzdory snaze minimalizovat nesrovnalosti jsme se setkali s určitými omezeními, které je důležité zohlednit a zhodnotit.

Jako první je třeba uvést samotný výzkumný vzorek a následné rozdělení do skupin. Do výzkumu se probandi hlásili samostatně, neproběhl tedy cílený výběr probandů. Vzhledem k tomu, že tato diplomová práce je součástí většího projektu a probandi byli o výzkumu informováni pomocí letáčku „Aktivní stáří“ nebo byli osloveni v klubech seniorů, je zřejmé, že se do projektu hlásili více aktivní lidé, kteří se zajímají o svůj zdravotní stav a pohybovou aktivitu. Proto rozdělení do skupin dle IPAQ-SF bylo velmi nerovnoměrné a převažovalo zastoupení ve skupině vysoce aktivní. Pouze jednoho probanda bylo možné zařadit do skupiny neaktivní, 8 do skupiny dostatečně aktivní, a 21 do skupiny vysoce aktivní. Výsledné porovnávání pouze dvou skupin (dostatečně aktivní a vysoce aktivní) vzhledem k velkým rozdílům v počtu probandů tak bylo jistě do určité míry ovlivněno. Je pravděpodobné, že vzhledem k signifikantnímu rozdílu v počtu probandů mezi skupinami nebylo možné dosáhnout reliabilních výsledků v naměřených parametrech.

Dále je nutné zmínit zvolenou formu rozřazování do skupin. Byl zvolen dotazník IPAQ-SF jakožto validní nástroj pro hodnocení pohybové aktivity i u osob vyššího věku (Cleland et al., 2018, s. 2). Při vyplňování měli někteří probandi problémy s identifikací jednotlivých pohybových aktivit. Bylo nutné upřesňovat, jaké aktivity jsou činnosti střední aktivity a jaké intenzivní aktivity, pro některé probandy bylo obtížné vzpomenout si, kolik času jednotlivými aktivitami stráví. Vyplňování dotazníku také mohlo být ovlivněno časem sběru dat. Vzhledem k tomu, že sběr dat probíhal od dubna 2023 do ledna 2024 a v dotazníku se zaznamenává aktivita v předchozích 7 dnech, je zřejmé že pohybová aktivita probandů by se mohla v jednotlivých měsících významně lišit. Většina probandů ze skupiny S2 byli měřeni na podzim či v zimě, u skupiny S3 bylo měření více rozprostřeno. V případě, že by všichni probandi vyplňovali dotazník v jeden den, mohlo by rozřazení do skupin vyjít jinak.

Bylo zjištěno, že při vyplňování dotazníku probandi často vykazují více intenzivní pohybové aktivity a méně sedavého času ve srovnání s akcelerometrem (Dyrstad et al., 2014, s. 105-106). Mohlo tedy dojít k ovlivnění výsledků dotazníku probandem, například v důsledku studu z toho, že by jim výsledky zařazení mohly vyjít špatně nebo se nechtěli cítit jako málo aktivní vůči osobě fyzioterapeuta, který na ně dohlíží. Zda byl dotazník vyplněn správně nebylo možné ověřit, jelikož byly využita data pouze z tohoto dotazníku nikoli z žádné jiné objektivní formy měření pohybové aktivity.



Po rozdělení do skupin byly také zjištěny značné rozdíly ve věkovém rozložení. Průměrný věk skupiny středně aktivních byl  $78 \pm 4,47$  a ve skupině vysoce aktivních byl  $74 \pm 5,14$ . Tento rozdíl mohl také ovlivnit výsledky výzkumu, jelikož není zřejmé, zda byly rozdílné výsledky dány různou mírou pohybové aktivity či rozdílným věkovým rozložením.

Samotné měření na posturografické plošně probíhalo vždy v laboratoři na tř. Svobody v Olomouci. Během měření byla snaha zajistit stejné podmínky pro všechny probandy, nicméně občas v místnosti bylo více lidí a nečekaný hluk. Mohlo tak dojít k rozrušení probanda, především v pozicích bez kontroly zraku. Při takovémto vyrušení nebylo provedeno nové měření, jelikož by to bylo v rozporu se stanovenou metodologií. Také je nutné zmínit, že měření s úsečí i pěnovou podložkou ne vždy podávalo přesné a kompletní výsledky, i to byl důvod proč část těchto dat nebyla v práci použita. V těchto případech bylo tedy možné hodnotit pouze zda proband pozici zvládl, či nezvládl. Zároveň nebyl však změřen přesný čas setrvání v dané pozici, pouze pokud ji zvládl nebo ne po dobu 30 s. Přesné měření doby, po kterou probandi zvládali setrvat v jednotlivých pozicích za daných podmínek, by mohlo odhalit komplexnější výsledky. Dále by bylo lepší pro vyšší validitu dat probandy změřit vždy např. 3x a hodnotit průměry naměřených hodnot.

Dále je nutné zmínit nejasné zaznamenání výsledků v případě měření s úsečí. Zde nebylo možné pozorovat rostoucí potenciál hodnot, naopak hodnoty se snižovaly, jelikož je možné, že přístroj nebyl schopný data správně zaznamenat v případě měření s úsečí a pěnovou podložkou. Nejasné výsledky lze vidět především u ML vybočení a plochy COF.

V rámci statistického zpracování lze považovat za limit studie neúplnost dat. Pokud proband v pozici nevydržel, nebyla zaznamenána žádná data, a tudíž ne vždy v rámci výzkumné otázky č. 1 bylo počítáno se všemi testovanými probandy. V dalším výzkumu by bylo možné zvážit při větším množství chybějících dat implementaci výsledků (průměr či medián) do chybějících hodnot.

Dle různých studií je doporučeno pro měření posturální stability využít různé dynamické testy a ne pouze statické měření. Pro lepší prozkoumání této problematiky by bylo vhodné přidat ještě další možnosti testování a provést výzkum na větším vzorku probandů, aby šlo lépe zhodnotit, zda obecně úroveň pohybové aktivity hraje roli v udržení posturální stability u osob vyššího věku. Zároveň pro zajištění většího vzorku probandů do dalšího výzkumu by bylo vhodné zařadit i probandy z jiných krajů a měst, snažit se oslovit i méně aktivní osoby vyššího věku, a tak zajistit lepší rozložení do skupin. Zároveň by se tím zvýšila i reprezentativnost vzorku vůči populaci.

## 7 Závěr

V dnešní době je stárnutí populace velkým tématem. Je zřejmé, že v důsledku zlepšení zdravotnických služeb a socioekonomické situace dochází k prodlužování délky života a zvětšování skupiny osob vyššího věku. V důsledku těchto změn jsou kladeny větší nároky na zdravotní péči i na ekonomiku státu. U osob vyššího věku často dochází k mnoha životním změnám, mění se náplň dne, snižuje se sociální kontakt a často dochází k sedavějšímu způsobu života. I proto je důležité klást velký důraz na pravidelnou pohybovou aktivitu, jelikož se jedná o jedno z nejlepších preventivních opatření proti ztrátě funkce, mobility, ale také kardiovaskulárním a respiračním onemocněním a sociální izolaci.

Fyzická aktivita snižuje riziko zranění v souvislosti s pádem až o 40 % a celkově oddaluje riziko ztráty fyzických funkcí v souvislosti s věkem (DiPietro et al., 2019, s. 1306), a proto je nutné podporovat pohybovou aktivitu u osob vyššího věku. Byla také zjištěna souvislost mezi obvyklou fyzickou aktivitou a posturální kontrolou, například ve výzkumu od Freitas et al. (2013) u žen se sedavým zaměstnáním. Tato diplomová práce se zaměřila právě na zhodnocení úrovně pohybové aktivity a posturální stability. I přesto, že pouze u několika parametrů bylo dosaženo hladiny statistické významnosti, lze předpokládat že zvýšená fyzická aktivita do jisté míry zlepšuje stabilitu u osob vyššího věku, neboť průměrné hodnoty naměřené při testování u skupiny s dostatečnou fyzickou aktivitou byly vyšší než u skupiny vysoce aktivních jedinců. Nicméně každodenní fyzická aktivita, i přes to, že se může jednat o aerobní či anaerobní formu cvičení, nebude dosahovat takových výsledků, kterých by bylo možné dosáhnout konkrétní formou cíleného cvičení, jako například vícesložkových cvičebních programů či různých balančních cviků (Thomas et al., 2019; Sherrington et al., 2017) s důrazem na intenzitu, a to minimálně 3 hodiny týdně (Sherrington et al., 2020).

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob vyššího věku a zmapovat, zda existuje souvislost mezi úrovní pohybové aktivity a kvalitou posturální stability. Cíl se do jisté míry podařilo naplnit, jelikož bylo potvrzeno, že testovaní probandi s vyšší fyzickou aktivitou dosahovali lepších výsledků než ti s dostatečnou aktivitou. Výsledky však nedosáhly hladiny statistické významnosti. Jelikož nebylo možné srovnat tyto dvě skupiny s neaktivními jedinci, je možné, že by výzkum přinesl významnější výsledky a rozdíly by byly markantnější. Dalším možným výzkumem by tedy mohlo být srovnání všech 3 skupin dle IPAQ-SF na větším vzorku probandů s tím, že by bylo vhodné více prozkoumat, které konkrétní aktivity starší osoby provozují, aby bylo možné lépe

porozumět, která forma pohybové aktivity má největší vliv na posturální stabilitu u osob vyššího věku.

Zásadní je zvyšovat povědomí o důležitosti pohybové aktivity nejen pro tělo, ale také pro psychiku, spánek a celkově kvalitu života. Především je podstatné podporovat aktivity, na které je člověk zvyklý a které ho baví, a zaměřit se spíše na pravidelnost a její intenzitu. Edukaci a motivaci k pohybu je podstatné zahrnout do individuálních terapií, dát konkrétní doporučení a také doporučit různá skupinová cvičení, která poskytnou nejen fyzické, ale i sociální a psychické benefity. V rámci skupinových cvičení je možné sdílet radost z pohybu a navázat nové sociální vztahy, nebo podpořit ty stávající.

V rámci podpory aktivního životního stylu a doporučování pohybové aktivity je také důležité dbát na spolupráci jak mezi fyzioterapeuty, tak lékaři, nutričními terapeuty a dalšími zdravotníky, zvyšovat povědomí o různých programech a projektech na podporu aktivního stárnutí a aktivně edukovat tyto osoby o významu pravidelné pohybové aktivity pro zachování zdraví a kvality života u osob vyššího věku.

## Referenční seznam

AGRAWAL, Y., VAN DE BERG, R., WUYTS, F., WALTHER, L., MAGNUSSON, M. et al. 2019. Presbyvestibulopathy: Diagnostic criteria Consensus document of the classification committee of the Bárány Society. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation* [online]. 29(4), 161–170, [cit. 2023-12-14]. ISSN 0957-4271. Dostupné z: doi:10.3233/VES-190672.

AINSWORTH, B., CAHALIN, L., BUMAN, M., ROSS, R. 2015. The Current State of Physical Activity Assessment Tools. *Progress in Cardiovascular Diseases* [online]. 57(4), 387-395, [cit. 2023-11-27]. ISSN 0033-0620. Dostupné z: doi:10.1016/j.pcad.2014.10.005.

ANAND, V., BUCKLEY, J. G., SCALLY, A., ELLIOTT, D. B. 2003. Postural stability changes in the elderly with cataract simulation and refractive blur. *Investigative ophthalmology & visual science* [online]. 44(11), 4670–4675, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1552-5783. Dostupné z: doi:10.1167/iovs.03-0455.

ARON, A. R. 2007. The Neural Basis of Inhibition in Cognitive Control. *The Neuroscientist* [online]. 13(3), 214-28, [cit. 2023-11-24]. ISSN 1089-4098. Dostupné z: doi:10.1177/1073858407299288.

BARAKI, A., FEIGENBAUM, J., SULLIVA, M. S. J. 2023. Practical guidelines for implementing a strength training program for adults. *UpToDate* [online]. [cit. 2024-01-05]. Dostupné z: <https://medilib.ir/uptodate/show/116613>.

BARBIERI, G., GISSOT, A. S., PÉRENNOU, D. 2010. Ageing of the postural vertical. *Age (Dordrecht, Netherlands)* [online]. 32(1), 51–60, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1574-4647. Dostupné z: doi:10.1007/s11357-009-9112-5.

BIZOVSKÁ, L., JANURA, M., MÍKOVÁ, M., SVOBODA, Z. 2017. *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Monografie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5259-3.

BOISGONTIER, M. P., CHEVAL, B., CHALAVI, S., VAN RUITENBEEK, P., LEUNISSEN, I. et al. 2017. Individual differences in brainstem and basal ganglia structure predict postural control and balance loss in young and older adults. *Neurobiology of Aging* [online]. 50, 47-59, [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: doi:10.1016/j.neurobiolaging.2016.10.024.

BUGNARIU, N., FUNG, J. 2007. Aging and selective sensorimotor strategies in the regulation of upright balance. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 4(19), [cit. 2023-12-14]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/1743-0003-4-19.

BUCHMAN, A. S., DAWE, R. J., YU, L., LIM, A., WILSON, R. S. et al. 2018. Brain pathology is related to total daily physical activity in older adults. *Neurology* [online]. 90(21), e1911–e1919, [cit. 2024-01-03]. ISSN 1526-632X. Dostupné z: doi:10.1212/WNL.0000000000005552.

CASPERSEN, C. J., POWELL, K. E., CHRISTENSON, G. M. 1985. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 100(2), 126–131. ISSN 0149-5992.

CASS, S. P. 2017. Alzheimer's Disease and Exercise: A Literature Review. *Current Sports Medicine Reports* [online]. 16(1), 19–22, [cit. 2024-01-03]. ISSN 1537-8918. Dostupné z: doi:10.1249/JSR.0000000000000332.

CLELAND, C., FERGUSON, S., ELLIS, G., HUNTER, R. F. 2018. Validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) for assessing moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behaviour of older adults in the United Kingdom. *BMC Medical Research Methodology* [online]. 18(1), 176, [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: doi:10.1186/s12874-018-0642-3.

COOPER, C., FERRAR, S. 2019. IOF Compendium of Osteoporosis. *International Osteoporosis Foundation* [online]. [cit. 2024-01-05]. Dostupné z: <https://www.osteoporosis.foundation/educational-hub/topic/epidemiology>.

CORRIVEAU, H., PRINCE, F., HÉBERT, R., RAICHE, M., TESSIER, D. et al. 2000. Evaluation of postural stability in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes care*. 23(8), 1187–1191. ISSN 0149-5992. Dostupné z: doi:10.2337/diacare.23.8.1187.

COUNIL, L., KERLIRZIN, Y., DIETRICH, G. 2012. Cognitive Style in Attainment of an Upside-Down Posture in Water with and without Vision. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 114(1), 51-58, [cit. 2022-12-30]. ISSN 1558-688X. Dostupné z: doi:10.2466/04.05.PMS.114.1.51-58.

ČSÚ. 2019. Proměny věkového složení obyvatelstva ČR - 2001-2050. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/promeny-vekoveho-slozeni-obyvatelstva-cr-2001-2>.

DA COSTA BARBOSA, R., FRAGA VIEIRA, M. 2017. Postural Control of Elderly Adults on Inclined Surfaces. *Annals of biomedical engineering* [online]. 45(3), 726–738, [cit. 2022-12-29]. ISSN 00906964. Dostupné z: doi:10.1007/s10439-016-1718-z.

DALY, R. M., DALLA VIA, J., DUCKHAM, R. L., FRASER, S. F., HELGE, E. W. 2019. Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription. *Brazilian Journal Physical Therapy* [online]. 23(2), 170-180, [cit. 2024-01-03]. ISSN 1413-3555. Dostupné z: doi:10.1016/j.bjpt.2018.11.011.

DAVIS, A., MCMAHON, C. M., PICHORA-FULLER, K. M., RUSS, S., LIN, F. et al. 2016. Aging and Hearing Health: The Life-course Approach. *The Gerontologist* [online]. 56(2), S256–S267, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1758-5341. Dostupné z: doi:10.1093/geront/gnw033.

DIPIETRO, L., CAMPBELL, W. W., BUCHNER, M. D., ERICKSON, K. I., POWELL, K. et al. 2019. Physical Activity, Injurious Falls, and Physical Function in Aging: An Umbrella Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 51, 1303-1313, [cit. 2022-12-28]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000001942.

DOWNS, S. 2015. The Berg balance scale. *Journal of physiotherapy* [online]. 61, 46-46, [cit. 2023-11-29]. ISSN 1836-9561. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphys.2014.10.002.

DUNCAN, P. W., WEINER, D. K., CHANDLER, J., STUDENSKI, S. 1990. Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology*. 45(6), M192-197. ISSN 1079-5006. Dostupné z: doi:10.1093/geronj/45.6.m192.

DYRSTAD, S. M., B. H. HANSEN, I. M. HOLME a S. A. ANDERSSSEN, 2014. Comparison of self-reported versus accelerometer-measured physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 46(1), 99-106 [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0b013e3182a0595f.

ECKSTROM, E., NEUKAM, S., KALIN, L., WRIGHT, J. 2020. Physical Activity and Healthy Aging. *Clinics in Geriatric Medicine* [online]. 36(4), 671–683, [cit. 2024-01-02]. ISSN 0749-0690. Dostupné z: doi:10.1016/j.cger.2020.06.009.

ELECTRON. TYMO – The therapy board. *Ectron* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://www.electron.co.uk/timo-therapy-plate1>.

FARION-NAVOLSKA, O., MYSULA, I. R., DENEFIL, O. V., ZAVIDNYUK, Y. V., SVERSTYUK, A. et al. 2023. Evaluation of postural balance indicators in healthy individuals. *Wiadomości Lekarskie* [online]. 76(9), 2041-2046, [cit. 2023-11-08]. ISSN 2719-342X. Dostupné z: doi:10.36740/WLek202309120.

FERRARO, F. V., GAVIN, J. P., WAINWRIGHT, T., MCCONNELL, A. 2019. The effects of 8 weeks of inspiratory muscle training on the balance of healthy older adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Physiological reports* [online]. 7(9), e14076, 1-10, [cit. 2023-12-13]. ISSN 2051-817X. Dostupné z: doi:10.14814/phy2.14076.

FONTANA, J., LAVRÍKOVÁ, P. Metabolismus a remodelace kostní tkáně. *Funkce buněk a lidského těla* [online]. [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://fbt.cz/skripta/iv-pohybova-soustava/3-metabolismus-a-remodelace-kostni-tkan>.

FREITAS, E. R. F. S., PAPALIA, R., BALZANI, L. A. D., TORRE, G., ZAMPOGNA, B. et al. 2013. Does usual practice of physical activity affect balance in elderly women?. *Fisioterapia em Movimento* [online]. 26(4), 813-821, [cit. 2023-05-21]. ISSN 1980-5918. Dostupné z: <https://www.scielo.br/j/fm/a/wg3GtxKZNYwWCCtWRFcKmQM/abstract/?lang=en#ModalTutors>.

GOBLE, D. J., COXON, J. P., VAN IMPE, A., GEURTS, M., VAN HECKE, W. et al. 2012. The neural basis of central proprioceptive processing in older versus younger adults: an important sensory role for right putamen. *Human Brain Mapping* [online]. 33(4), 895-908, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1097-0193. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.21257.

HENRY, M., BAUDRY, S. 2019. Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. *JNP Journal of Neurophysiology* [online]. 122(2), 525-538, [cit. 2022-12-30]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00067.2019.

HIRASE, T., KATAOKA, H., INOKUCHI, S., NAKANO, J., SAKAMOTO, J. et al. 2018. Effects of Exercise Training Combined with Increased Physical Activity to Prevent Chronic Pain in Community-Dwelling Older Adults: A Preliminary Randomized Controlled Trial. *Pain Research and Management* [online]. 2018:2132039, [cit. 2024-01-03]. ISSN 1918-1523. Dostupné z: doi:10.1155/2018/2132039.

HUE, A. O., SEYNNES, O., LEDROLE, D., COLSON, S. S., BERNARD, P. L. 2004. Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging Clinical and Experimental Research* [online]. 16(5), 356-62, [cit. 2023-11-08]. ISSN 17208319. Dostupné z: doi:10.1007/BF03324564.

IPAQ Research Committee. 2004. Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - Short Form [online]. [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.physio-pedia.com/>.

ISHIYAMA, G. 2009. Imbalance and vertigo: the aging human vestibular periphery. *Seminars in neurology* [online]. 29(5), 491–499, [cit. 2023-12-14]. ISSN. Dostupné z: doi:10.1055/s-0029-1241039.

JAHN, K. 2019. The Aging Vestibular System: Dizziness and Imbalance in the Elderly. *Advances in oto-rhino-laryngology* [online]. 82, 143–149, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1662-2847. Dostupné z: doi:10.1159/000490283.

JANČOVÁ, J., KOHLÍKOVÁ, E. 2007. Regresní změny stárnoucího organismu a jejich vliv na posturální stabilitu. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*. 14(4), 155-162. ISSN 1211-2658.

JANSSENS, L., BRUMAGNE, S., MCCONNELL, A. K., CLAEYS, K., PIJNENBURG, M. et al. 2014. Impaired postural control reduces sit-to-stand-to-sit performance in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *PloSone* [online]. 9(2), e88247, [cit. 2023-12-13]. ISSN 1544-9173. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0088247.

JANURA, M., JANUROVÁ, E. 2011. *Biomechanika I*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-099-5.

JEON, M. Y., JEONG, H., PETROFSKY, J., LEE, H., YIM, J. 2014. Effects of a randomized controlled recurrent fall prevention program on risk factors for falls in frail elderly living at home in rural communities. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research* [online]. 20, 2283–2291, [cit. 2024-01-04]. ISSN 1643-3750. Dostupné z: doi:10.12659/MSM.890611.

KALVACH, Z., ZADÁK, Z., JIRÁK, R., ZAVÁZALOVÁ, H., SUCHARDA, P. 2004. *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0548-6.



KESIN, M., ATAK, M., ÖZTAN, G., İŞSEVER, H. 2023. The relationship between physical activity levels and balance levels in individuals living in nursing homes. *Nobel Medicus* [online]. 19(2), 128-135, [cit. 2023-11-08]. ISSN 13052381. Dostupné z: <https://www.nobelmedicus.com/en/article/767>.

KNOOP, J., STEULTJENS, M. P. M., VAN DER LEEDEN, M. VAN DER ESCH, M., THORSTENSSON, C. A. et al. 2011. Proprioception in knee osteoarthritis: a narrative review. *Osteoarthritis and cartilage* [online]. 19(4), 381-388, [cit. 2023-12-13]. ISSN 1063-4584. Dostupné z: doi:10.1016/j.joca.2011.01.003.

KOLÁŘ, P., MÁČEK, M. et al. 2021. *Základy klinické rehabilitace*. Druhé vydání. Základy. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-509-2.

KOLÁŘOVÁ, B., STACHO, J., JIRÁČKOVÁ, M., KONEČNÝ, P., NAVRÁTILOVÁ, L. 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 2., přepracované a doplněné vydání. Monografie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5403-0.

KORTEBEIN, P., SYMONS, T. B., FERRANDO, A., PADDON-JONES, D., RONSEN, O. et al. 2008. Functional impact of 10 days of bed rest in healthy older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* [online]. 63(10), 1076–1081, [cit. 2024-01-02]. ISSN 1758-535X. Dostupné z: doi:10.1093/gerona/63.10.1076.

KŘEŠŤANOVÁ, J., KURKIN, R. 2020. Populační vývoj v České republice v roce 2019. *Demografie* [online]. 62, 159-181, [cit. 2023-11-10]. ISSN 1805-2991.

LANDI, F., MARZETTI, E., MARTONE, A. M., BERNABEI, R., ONDER, G. 2014. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* [online]. 17(1), 25–31, [cit. 2024-01-02]. ISSN 1535-3885. Dostupné z: doi:10.1097/MCO.0000000000000018.

LI, F., HARMER, P., FITZGERALD, K., ECKSTROM, E., AKERS, L. et al. 2018. Effectiveness of a Therapeutic Tai Ji Quan Intervention vs a Multimodal Exercise Intervention to Prevent Falls Among Older Adults at High Risk of Falling: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Internal Medicine* [online]. 178(10), 1301-1310, [cit. 2024-01-04]. ISSN 2168-6114. Dostupné z: doi:10.1001/jamainternmed.2018.3915.

LIU, J. X., ERIKSSON, P. O., THORNELL, L. E., PEDROSA-DOMELLÖF, F. 2005. Fiber content and myosin heavy chain composition of muscle spindles in aged human biceps

brachii. *The journal of histochemistry and cytochemistry* [online]. 53(4), 445–454, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1551-5044. Dostupné z: doi:10.1369/jhc.4A6257.2005.

LORD, S. R., MENZ, H. B. 2000. Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology* [online]. 46(6), 306–310, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1423-0003. Dostupné z:doi 10.1159/000022182.

MACEDO, D. D. O., FREITAS, L. M. D., SCHEICHER, M. E. 2014. Handgrip and functional mobility in elderly with different levels of physical activity. *Fisioterapia e Pesquisa* [online]. 21(2), 151-155, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1809-2950. Dostupné z: doi:10.1590/1809-2950/47321022014.

MACÊDO, P. R. S., FERNANDES, S. G. G., AZEVEDO, I. G., COSTA, J. V., GUEDES, D. T. et al. 2022. Relationship between physical activity level and balance in middle-aged and older women. *Fisioterapia em Movimento* [online]. 35, [cit. 2023-11-08]. ISSN 1980-5918. Dostupné z: doi:10.1590/fm.2022.35126.

MACKAY, S., EBERT, P., HARBINGE, C., HOGAN, D. B. 2021. Fear of falling in older adults: a scoping review of recent literature. *Canadian geriatrics journal* [online]. 24(4), 379-394, [cit. 2023-12-08]. ISSN 1925-8348. Dostupné z: doi:10.5770/cgj.24.521.

MANCHESTER, D., WOOLLACOTT, M., ZEDERBAUER-HYLTON, N., MARIN, O. 1989. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of gerontology*. 44(4), M118–M127. ISSN 0022-1422. Dostupné z: doi:10.1093/geronj/44.4.m118.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, D., WÄRNBERG, J., WELK, G. J., SJÖSTÖM, M., VEIGE, O. L. et al. 2010. Public Health Nutrition Article contents Abstract Objective Design Results Conclusions Methods Results Discussion References Validity of the Bouchard activity diary in Spanish adolescents. *Public Health Nutrition* [online]. 13(2), 261 – 268, [cit. 2023-11-27]. ISSN 1475-2727. Dostupné z: doi:10.1017/S1368980009990681.

MCNAMARA, R. J., TSAI, L. L. Y., WOOTTON, S. L., NG, L. W. C., DÁLE, M. T. et al. 2016. Measurement of daily physical activity using the SenseWear Armband: Compliance, comfort, adverse side effects and usability. *Chronic Respiratory Disease* [online]. 13(2), 144-54, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1479-9731. Dostupné z: doi:10.1177/1479972316631138.

- MELZER, I., BENJUYA, N., KAPLANSKI, J. 2003. Effects of Regular Walking on Postural Stability in the Elderly. *Gerontology* [online]. 49(4), 240-5, [cit. 2023-11-08]. ISSN 1423-0003. Dostupné z: doi:10.1159/000070404.
- MICHALČINOVÁ, K., JENÍČEK, J., ROGALEWICZ, V., JALOVCOVÁ, K., KEJHOVÁ, E. et al. 2022. Česká verze nástroje Mini-BESTest a doporučení pro jeho klinické použití. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie* [online]. 85(1), 49-58, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: doi:10.48095/cccsnn202249.
- MOIZ, J. A., BASAL, V., NOOHU, M. M., GUAR, S. N., HUSSAIN, M. E. et al. 2017. Activities-specific balance confidence scale for predicting future falls in Indian older adults. *Clinical interventions in aging* [online]. 12, 645-651, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1178-1998. Dostupné z: doi:10.2147/CIA.S133523.
- MOORE, M., BARKER, K. 2017. The validity and reliability of the four square step test in different adult populations: a systematic review. *Systematic Reviews* [online]. 6, 187, [cit. 2023-11-29]. ISSN 2046-4053. Dostupné z: doi: 10.1186/s13643-017-0577-5.
- MORA, J. C., VALENCIA, W. M. 2018. Exercise and Older Adults. *Clinics in Geriatric Medicine* [online]. 34(1), 145–162, [cit. 2024-01-03]. ISSN 0748-0690. Dostupné z: doi:10.1016/j.cger.2017.08.007.
- NAVRÁTIL, L., ŠEDINOVÁ, M. L. a kol. 2023. *Léčebná rehabilitace v geriatrii*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3132-7.
- NETZ, Y., ZEEV, A., DUNSKY, A. 2018. Postural control and posture-unrelated attention control in advanced age-An exploratory study. *Maturitas* [online]. 116, 130-136, [cit. 2022-12-30]. ISSN 0378-5122. Dostupné z: doi:10.1016/j.maturitas.2018.08.003.
- NIH. 2023. Age. *The National Institute of Health* [online]. [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://www.nih.gov/nih-style-guide/age>.
- NORTH, B. J., SINCLAIR, D. A. 2012. The intersection between aging and cardiovascular disease. *Circulation research* [online]. 110(8), 1097–1108, [cit. 2023-12-13]. ISSN 1524-4571. Dostupné z: doi:10.1161/CIRCRESAHA.111.246876.
- NOVOTOVÁ, K., PAVLŮ, D., PÁNEK, D. 2021. Může pravidelná chůze u seniorů vést ke zlepšení jejich celkové posturální stability?. *Rehabilitation & Physical Medicine/Rehabilitace*

*a Fyzikální Lékařství* [online]. 28(1), [cit. 2024-01-04]. ISSN 1211-2658. Dostupné z: doi:10.48095/ccrhfl20214.

ORIMO, H., ITO, H., SUZUKI, T., ARAKI, A., HOSOI, T. et al. 2006. Reviewing the definition of “elderly”. *Geriatric & Gerontology International* [online]. 6, 149-158, [cit. 2022-12-28]. ISSN 1447-0594. Dostupné z: doi:10.1111/j.1447-0594.2006.00341.x.

PAPEGAAIJ, S., TAUBE, W., BAUDRY, S., OTTEN, E., HORTOBÁGYI, T. 2014. Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture. *Frontiers in Aging Neuroscience* [online]. 6(26), 1-15, [cit. 2023-11-22]. ISSN 1663-4365. Dostupné z: doi:10.3389/fnagi.2014.00028.

PAPP, M. E., GRAHN-KRONHED, A. C., LUNDIN, H. R., SALMINEN, H. 2022. Changes in physical activity levels and relationship to balance performance, gait speed, and self-rated health in older Swedish women: a longitudinal study. *Aging Clinical and Experimental Research* [online]. 34(4), 775-783, [cit. 2023-11-08]. ISSN 17208319. Dostupné z: doi:10.1007/s40520-021-02016-5.

PARK, S. H. 2018. Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research* [online]. 30(1), 1–16, [cit. 2022-12-29]. ISSN 17208319. Dostupné z: doi:10.1007/s40520-017-0749-0.

PAULUS, W. M., STRAUBE, A., BRANDT, T. 1984. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain : a journal of neurology*. 107(4), 1143–1163. ISSN 1460-2156. Dostupné z: doi:10.1093/brain/107.4.1143.

PIERCY, K. L., TROIANO, R. P., BALLARD, R. M., CARLSON, S. A., FULTON, J. E. et al. 2018. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*[online]. 320(19), 2020-2028, [cit. 2022-12-30]. ISSN 0098-7484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.2018.14854.

PODSIADLO, D., RICHARDSON, S. 1991. The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 39(2), 142-148. ISSN 0002-8614. Dostupné z: doi:10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x.

POLÍVKA, J., POTUŽNÍK, P. 2021. Závratě a posturální instabilita ve stáří. *Neurologie pro praxi* [online]. 22(1), 11-16, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1803-5280. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2021.008.

RACHELE, J. N., MCPHAIL, S. M., WASHINGTON, T. L., CUDDIHY, T. F. 2012. Practical physical activity measurement in youth: a review of contemporary approaches. *World Journal of Pediatrics* [online]. 8(3), 207-16, [cit. 2023-11-29]. ISSN 18670687. Dostupné z: doi:10.1007/s12519-012-0359-z.

Rehabilitation in Multiple Sclerosis. 2015. [on-line]. Dostupné z: International\_Physical\_Activity\_questionnaire\_(IPAQ)\_Czech\_version.pdf.

ROSENHALL U. 1973. Degenerative patterns in the aging human vestibular neuro-epithelia. *Acta oto-laryngologica*. 76(2), 208–220. ISSN 0001-6489. Dostupné z: doi:10.3109/00016487309121501.

SAMITZ, G., EGGER, M., ZWAHLEN, M. 2011. Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology* [online]. 40(5), 1382–1400, [cit. 2024-01-03]. ISSN 0300-5771. Dostupné z: doi:10.1093/ije/dyr112.

SHAFFER, S. W., HARRISON, A. L. 2007. Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical therapy* [online]. 87(2), 193–207, [cit. 2023-12-14]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20060083.

SHERRINGTON, C., FAIRHALL, N., WING KWOK, W., WALLBANK, G., TIEDEMANN, A. et al. 2020. Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* [online]. 17(1), 144, [cit. 2022-12-28]. ISSN 14795868. Dostupné z: doi:10.1186/s12966-020-01041-3.

SHERRINGTON, C., MICHALEFF, Z. A., FAIRHALL, N., PAUL, S. S., TIEDEMANN, A. et al. 2017. Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 51(24), 1750-1758, [cit. 2022-12-28]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2016-096547.

SILSBURY, Z., RUSHTON, A., RUSHTON, R. 2015. Systematic review of the measurement properties of self-report physical activity questionnaires in healthy adult populations. *BMJ Open* [online]. 5, e008430, [cit. 2023-11-29]. ISSN 2044-6055. Dostupné z: doi:10.1136/bmjopen-2015-008430.

SIM, T., YOO, H., LEE, D., SUH, S. W., YANG, J. H. et al. 2018. Analysis of sensory system aspects of postural stability during quiet standing in adolescent idiopathic scoliosis patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 15(54), [cit. 2022-30-12]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/s12984-018-0395-6.

SKENDER, S., OSE, J., CHANG-CLAUDE, J., PASKOW, M. BRÜHMANN, B. et al. 2016. Accelerometry and physical activity questionnaires - a systematic review. *BMC Public Health* [online]. 16:515, 1-10, [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: doi:10.1186/s12889-016-3172-0.

STAPLETON, C., HOUGH, P., OLDMEADOW, L., BULL, K., HILL, K. et al. 2009. Four-item fall risk screening tool for subacute and residential aged care: The first step in fall prevention. *Australasian Journal on Ageing* [online]. 28(3), 139-43, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1741-6612. Dostupné z: doi:10.1111/j.1741-6612.2009.00375.x.

SYLVIA, L. G., BERNSTEIN, E. E., HUBBARD, J. L., KEATING, L., ANDERSON, E. J. 2014. A Practical Guide to Measuring Physical Activity. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* [online]. 114(2), 199-208, [cit. 2023-11-25]. ISSN 2212-2672. Dostupné z: doi:10.1016/j.jand.2013.09.018.

TAVARES, J. T., BIASOTTO-GONZALEZ, D. A., SILVA, N. C. B. S., SUZUKI, F. S., LUCARELI, P. R. G. et al. 2019. Age-Related Changes in Postural Control in Physically Inactive Older Women. *Journal of Geriatric Physical Therapy* [online]. 42(3), E81-E86, [cit. 2023-11-24]. ISSN 2152-0895. Dostupné z: doi:10.1519/JPT.000000000000169.

THOMAS, E., BATTAGLIA, G., PATTI, A., BRUSA, J., LEONARDI, V. et al. 2019. Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review. *Medicine* [online]. 98(27), e16218, [cit. 2022-12-28]. ISSN 1536-5964. Dostupné z: doi:10.1097/MD.0000000000016218.

TIEN, Y. H., LIN, K. F. 2008. The relationships between physical activity and Static balance in elderly people. *Journal of Exercise Science & Fitness* [online]. 6(1), 21-25, [cit. 2023-11-08]. ISSN 1728869X. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=9f37981d52dc1cbac6a91a35fdf20e17b1c8ff23>.

TRUSZCZYŃSKA, A., RAPAŁA, K., GMITRZYKOWSKA, K., TRZASKOMA, Z., DRZAŁ-GRABIEC, J. 2014. Postural stability disorders in patients with osteoarthritis of

the hip. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* [online]. 16(1), 45-50, [cit. 2023-12-13]. ISSN 1509409X. Dostupné z: doi:10.5277/abb140106.

TYMO®. *Tyromotion.com* [online]. [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://tyromotion.com/en/products/tymo/>.

UCURUM, S. G., ALTAS, E. U., KAYA, D. O. 2020. Comparison of the spinal characteristics, postural stability and quality of life in women with and without osteoporosis. *Journal of Orthopaedic Science* [online]. 25(6), 960-965, [cit. 2023-12-08]. ISSN 1436-2023. Dostupné z: doi:10.1016/j.jos.2019.12.015.

ÚZIS, MZCR. 2019. Zdraví2030. *ZDRAVÍ2030* [online]. [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://zdravi2030.mzcr.cz/>.

VAŘEKA, I. 2002a. Posturální stabilita (I. část) - terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 115-121. ISSN 1805-4552. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/280087667\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_1](https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1).

VAŘEKA, I. 2002b. Posturální stabilita (II. část) – řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 122-129. ISSN 1805-4552. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/280087508\\_Posturalni\\_stabilita\\_Cast\\_2](https://www.researchgate.net/publication/280087508_Posturalni_stabilita_Cast_2).

VÉLE, F. 2006. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton. ISBN 80-7254-837-9.

VIVEIRO, L. A. P., GOMEZ, G. C. V., BACHA, J. M. R., JUNIOR, N. C., KALLAS, M. E. et al. 2019. Reliability, validity, and ability to identify fall status of the Berg Balance Scale, Balance Evaluation Systems Test (BESTest), Mini-BESTest, and Brief-BESTest in older adults who live in nursing homes. *Journal of geriatric physical therapy* [online]. 00, 1-10, [cit. 2023-12-06]. ISSN 2152-0895. Dostupné z: doi:10.1519/JPT.0000000000000215.

WATERS, D. L., BAUMGARTNER, R. N., GARRY, P. J., VELLAS B. 2010. Advantages of dietary, exercise-related, and therapeutic interventions to prevent and treat sarcopenia in adult patients: an update. *Clinical Interventions in Aging* [online]. 7(5), 259-70, [cit. 2024-01-04]. ISSN 1178-1998. Dostupné z: doi:10.2147/cia.s6920.

- WHO. 2022. Physical activity. *World Health Organization* [online]. [cit. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
- WIESMEIER, I. K., DALIN, D., MAURER, C. 2015. Elderly Use Proprioception Rather than Visual and Vestibular Cues for Postural Motor Control. *Front Aging Neurosci* [online]. 7(97), 1-14, [cit. 2024-04-10]. ISSN 2673-4087. Dostupné z: doi:10.3389/fnagi.2015.00097.
- WOOD, J. M., KILLINGLY, C., ELLIOTT, D. B., ANSTEY, K. J., BLACK, A. A. 2022. Visual Predictors of Postural Sway in Older Adults. *Translational vision science & technology* [online]. 11(8), 24, [cit. 2024-04-10]. ISSN 2164-2591. Dostupné z: doi:10.1167/tvst.11.8.24.
- ZHANG, S., XU, W., ZHU, Y., TIAN, E., KONG, W. 2020. Impaired Multisensory Integration Predisposes the Elderly People to Fall: A Systematic Review. *Front Neurosci* [online]. 14:411, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1662-453X. Dostupné z: doi:10.3389/fnins.2020.00411.
- ZHONG, X., YOST, W. A. 2013. Relationship between postural stability and spatial hearing. *Journal of the American Academy of Audiology* [online]. 24(9), 782–788, [cit. 2023-12-06]. ISSN 1050-0545. Dostupné z: doi:10.3766/jaaa.24.9.3.
- ŽOFKOVÁ, I. 2012. Měkké tkáně, hormony a skelet. *Vnitřní lékařství* [online]. 58(2), 135-139, [cit. 2024-01-04]. ISSN 1801-7592. Dostupné z: [https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/artkey/vnl-201202-0010\\_soft-tissues-hormones-and-the-skeleton.php](https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/artkey/vnl-201202-0010_soft-tissues-hormones-and-the-skeleton.php).



## Seznam zkratek

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>ABC Scale</b> | Activities-specific Balance Confidence Scale               |
| <b>AC</b>        | Area of Contact  |
| <b>AP</b>        | anterio-posteriorní  |
| <b>AS</b>        | Area of Support  |
| <b>BAR</b>       | Bouchardův záznam fyzické aktivity                         |
| <b>BBS</b>       | Berg Balance Scale   |
| <b>BESTest</b>   | Balance Evaluation Systems Test                            |
| <b>BS</b>        | Base of Support  |
| <b>CNS</b>       | centrální nervová soustava                                 |
| <b>COF</b>       | Center of Force  |
| <b>COG</b>       | Center of Gravity  |
| <b>COM</b>       | Center of Mass   |
| <b>COP</b>       | Center of Pressure   |
| <b>ČSÚ</b>       | Český statistický úřad                                     |
| <b>FRAT</b>      | Falls Risk Assessment Tool                                 |
| <b>FSST</b>      | The Four Square Step Test                                  |
| <b>GPAQ</b>      | Global Physical Activity Questionnaire                     |
| <b>IPAQ – SF</b> | International Physical Activity Questionnaire – Short Form |
| <b>kcal</b>      | kilokalorie  |
| <b>MAQ</b>       | Modifiable Activity Questionnaire                          |
| <b>MET</b>       | metabolický ekvivalent                                     |
| <b>ML</b>        | medio-laterální  |
| <b>MZCR</b>      | Ministerstvo zdravotnictví České republiky                 |
| <b>NIH</b>       | National Institutes of Health                              |
| <b>O</b>         | otevřené oči   |
| <b>OP</b>        | otevřené oči, pěnová podložka                              |
| <b>OPÚ</b>       | otevřené oči, pěnová podložka, úseč                        |
| <b>OÚ</b>        | otevřené oči, úseč   |
| <b>PAR</b>       | 7-day Physical Activity Recall                             |
| <b>PASE</b>      | Physical Activity Scale for the Elderly                    |
| <b>RFT</b>       | Functional Reach Test                                      |
| <b>RPAQ</b>      | Recent Physical Activity Questionnaire                     |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>S2</b>                 | skupina dostatečně aktivní                  |
| <b>S3</b>                 | skupina vysoce aktivní                      |
| <b>SD</b>                 | směrodatná odchylka                         |
| <b>TUG</b>                | Time Up and Go test                         |
| <b>ÚZIS</b>               | Ústav zdravotnických informací a statistiky |
| <b>VO<sub>2</sub> Max</b> | maximální spotřeba kyslíku                  |
| <b>WHO</b>                | World Health Organization                   |
| <b>Z</b>                  | zavřené oči                                 |
| <b>ZP</b>                 | zavřené oči, pěnová podložka                |
| <b>ZPÚ</b>                | zavřené oči, pěnová podložko, úseč          |
| <b>ZÚ</b>                 | zavřené oči, úseč                           |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| <b>Obrázek 1</b> Vztah kontaktní plochy, opěrné plochy a opěrné báze (Vařeka, 2002a, s.117) ....       | 12 |
| <b>Obrázek 2</b> TYMO® (ectron.co.uk).....   | 16 |
| <b>Obrázek 3</b> Graf rozdělení propadů do skupin dle IPAQ-SF .....                                    | 40 |
| <b>Obrázek 4</b> Graf průměrných hodnot ujeté dráhy v jednotlivých testovaných situacích .....         | 42 |
| <b>Obrázek 5</b> Graf průměrných hodnot ML vybočení v jednotlivých testovaných situacích.....          | 44 |
| <b>Obrázek 6</b> Graf průměrných hodnot AP vybočení v jednotlivých testovaných situacích .....         | 45 |
| <b>Obrázek 7</b> Graf průměrných hodnot plochy COF vybočení v jednotlivých testovaných situacích ..... | 47 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabulka 1</b> Biomechanické pojmy související s posturální stabilitou .....           | 12 |
| <b>Tabulka 2</b> Přehled současných studií .....   | 30 |
| <b>Tabulka 3</b> Hodnocení IPAQ-SF .....   | 39 |
| <b>Tabulka 4</b> Věk probandů a rozložení pohlaví ve sledovaných skupinách .....         | 40 |
| <b>Tabulka 5</b> Popisná statistika naměřených hodnot ujeté dráhy (cm).....              | 42 |
| <b>Tabulka 6</b> Popisná statistika naměřených hodnot ML vybočení (cm) .....             | 43 |
| <b>Tabulka 7</b> Popisná statistika naměřených hodnot AP vybočení (cm).....              | 45 |
| <b>Tabulka 8</b> Popisná statistika naměřených hodnot plochy COF (cm <sup>2</sup> )..... | 46 |
| <b>Tabulka 9</b> Procentuální úspěšnost zvládnutých pozic.....                           | 48 |

## **Seznam příloh**

|   |    |
|---|----|
| <b>Příloha 1</b> Informovaný souhlas.....   | 78 |
| <b>Příloha 2</b> Mezinárodní dotazník k pohybové aktivitě .....                             | 79 |
| <b>Příloha 3</b> Ukázka výstupu z Testu rovnováhy na posturografickém přístroji TYMO® ..... | 81 |

# Přílohy

## Příloha 1 Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt:

Období realizace:

Řešitelé projektu:

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je .....(autor projektu vysvětlí cíle, popíše předmět výzkumu a výzkumné metody – srozumitelně pro laika, včetně popisu průběhu a délky testování). Z účasti na výzkumu pro Vás vyplývají tyto výhody či rizika.....(autor projektu popíše detailní výčet a poučení o všech výhodách a rizicích – srozumitelně pro laika).

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

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

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

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

**Vyplněním tohoto dotazníku souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu.**

## **Příloha 2** Mezinárodní dotazník k pohybové aktivitě

(Rehabilitation in Multiple Sclerosis. 2015. [on-line] dostupné z: [International\\_Physical\\_Activity\\_questionnaire\\_\(IPAQ\)\\_Czech\\_version.pdf](#))

### **International Physical Activity Questionnaire - Short Form**

Zajímáme se o pohybovou aktivitu, kterou vykonáváte jako součást Vašeho každodenního života. V otázkách se Vás budeme ptát na čas, který jste strávili aktivitou v posledních 7 dnech. Prosíme Vás o zodpovězení všech otázek, i když se nepovažujete za pohybově aktivního člověka. Zamyslete se prosím nad aktivitami, které provádíte v zaměstnání, jako součást domácích prací, na zahradě, při přemísťování z místa na místo a ve Vašem volném čase při rekreaci, cvičení či sportu.

#### *Intenzivní pohybová aktivita*

Zamyslete se nad intenzivní pohybovou aktivitou (tělesně náročná), kterou jste prováděl/a v posledních 7 dnech. Intenzivní pohybová aktivita se vyznačuje těžkou tělesnou námahou a zadýcháním (výrazně rychlejší a těžší dýchání než normálně). Berte v úvahu pouze tu pohybovou aktivitu, která trvala nepřetržitě alespoň 10 minut.

1. V kolika z uplynulých sedmi dní jste ve svém volném čase vykonával/a náročnou fyzickou činnost jako je zvedání těžkých břemen, kopání (rytí), aerobik nebo rychlá jízda na kole?
  - a) 1/7 dní
  - b) 2/7 dní
  - c) 3/7 dní
  - d) 4/7 dní
  - e) 5/7 dní
  - f) 6/7 dní
  - g) Každý den.
2. Kolik času (hodin-minut) obvykle věnujete náročné fyzické aktivitě v jednom z těchto dnů?

#### *Středně zatěžující pohybová aktivita*

Zamyslete se nad veškerou středně zatěžující pohybovou aktivitou, kterou jste prováděl/a v posledních 7 dnech. Středně zatěžující pohybová aktivita se vyznačuje střední tělesnou námahou, při níž dýcháte trochu více než normálně. Berte v úvahu pouze tu pohybovou aktivitu, která trvala nepřetržitě alespoň 10 minut.

3. V kolika dnech během posledních 7 dnů, jste prováděl/a středně zatěžující pohybovou aktivitu, například nošení lehčích břemen, jízdu na kole běžnou rychlostí nebo čtyřhru v tenise? Nezahrnujte chůzi. Pokud je Vaše odpověď 0, přejděte k otázce číslo 5.
  - a) 1/7 dní
  - b) 2/7 dní

- c) 3/7 dní
- d) 4/7 dní
- e) 5/7 dní
- f) 6/7 dní
- g) Každý den.

4. Kolik času jste obvykle strávili/a při středně zatěžující pohybové aktivitě v jednom z těchto dnů (v průměru za jeden den)?

#### *Čas strávený chůzí*

Zamyslete se nad časem, který jste za posledních 7 dnů strávili/a chůzí. Zahrňte chůzi v zaměstnání, v rámci školní docházky i doma, přesuny (cestování) chůzí z místa na místo, ale i jinou chůzi, kterou vykonáváte výhradně pro rekreaci, sport, cvičení, nebo vyplnění volného času.

5. V kolika z posledních 7 dní jste chodil/a alespoň 10 minut v kuse?

- a) 1/7 dní
- b) 2/7 dní
- c) 3/7 dní
- d) 4/7 dní
- e) 5/7 dní
- f) 6/7 dní
- g) Každý den.

6. Kolik času jste obvykle strávili/a chůzí v jednom z těchto dnů (v průměru za jeden den)?

#### *Čas strávený sezením*

Poslední otázka této části se týká času, který jste strávili/a sezením v pracovních dnech, během posledních 7 dnů. Zahrňte čas strávený sezením v zaměstnání, v rámci školní docházky, doma, při plnění domácích úkolů a během volného času. Zahrňte také čas strávený sezením u stolu, na návštěvě přátel, u čtení nebo také sezením či ležením při sledování televize.

7. Kolik času denně jste obvykle strávili/a sezením v pracovních dnech (v průměru za jeden pracovní den)?



**Příloha 3** Ukázka výstupu z Testu rovnováhy na posturografickém přístroji TYMO®  
(zdroj vlastní)

**tyromotion**

Test rovnováhy TYMO®

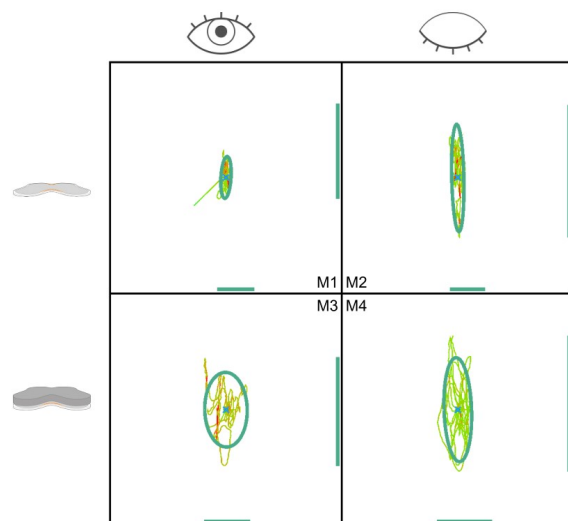
Zpráva

Data pacienta

Jméno  
Datum 05.05.2023  
Čas 12:44  
Šířka rozkročení: C  
Délka chodidla: 7  
Terapeut:

Obecný komentář

Center of force track



Přehled měření

|  |            |            |
|--|------------|------------|
|  |            |            |
|  | WH: 2<br>✓ | WH: 2<br>✓ |
|  | M1         | M2         |
|  | ✓          | ✓          |
|  | M3         | M4         |
|  | WH: 2      | WH: 2      |

- Centrum
- Odchylka
- Plocha
- × Silové centrum
- Rychlost

Komentář M1

Komentář M2

Komentář M3

Komentář M4

### Analýza dráhy

#### Ujetá dráha



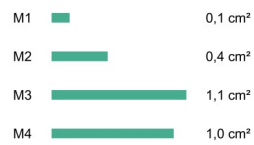
#### Mediolaterální vybočení



#### Anterior-posteriální vybočení



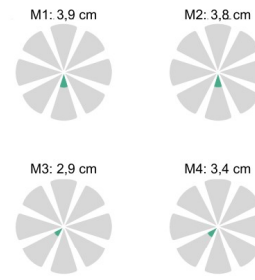
#### Plocha COF Track



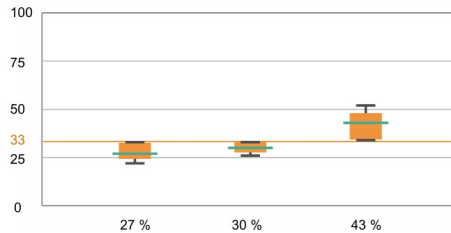
#### Průměrná rychlost



#### Rozložení zátěže



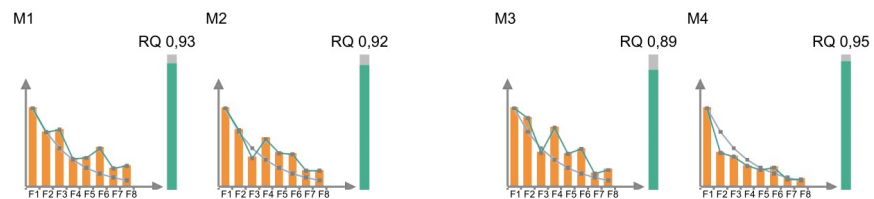
### Cesty odezvy



Centrálně: 1,63

Reflex: 0,64

### Analýza frekvence



Rombergův příznak (M1/M2),01

Rombergův příznak (M3/M4)

0,93