

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

**VĚKOVÉ ROZDÍLY V ÚROVNI POSTURÁLNÍ STABILITY HODNOCENÉ  
BĚHEM DUÁLNÍCH ÚKOLŮ**  
Diplomová práce

Autorka: Bc. Kateřina Staňková, fyzioterapie  
Vedoucí práce: Mgr. Mirka Musilová  
Olomouc 2020

**Jméno a příjmení autorky:** Bc. Kateřina Staňková

**Název diplomové práce:** Věkové rozdíly v úrovni posturální stability hodnocené během duálních úkolů

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Mirka Musilová

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2020

**Abstrakt:** Diplomová práce se zabývá posouzením vlivu kognitivních duálních úloh na úroveň posturální stability u mladých dospělých jedinců a seniorů. Účelem práce bylo ověřit, zda existují rozdíly v úrovni posturální stability mezi mladými jedinci a seniory a zda se tyto případné rozdíly zvyrazňují při použití duálních úkolů. Dále byla zkoumaná závislost úrovně posturální stability na dvou typech kognitivních úloh. Výzkumu se zúčastnilo celkem 41 probandů ve věku 21–78 let, kteří byli na základě věku rozděleni do dvou skupin. Měření posturální stability bylo provedeno pomocí silové plošiny. Výsledky studie poukazují na statisticky významně vyšší úroveň posturální stability mladých dospělých jedinců ve srovnání se seniory v situaci bez kognitivní úlohy i v případě provádění duálních úkolů. Nelze ale konstatovat, že by přidání kognitivní úlohy k posturální situaci ovlivnilo úroveň posturální stability některé z výzkumných skupin statisticky významně více. Úroveň posturální stability při použití kognitivní úlohy vyžadující vizuálně prostorovou složku paměti byla v některých parametrech statisticky významně vyšší než při použití kognitivní úlohy náročné na verbální složku paměti a to u obou výzkumných souborů.

**Klíčová slova:** stárnutí, pozornost, rovnováha, kognitivní úkol, pracovní paměť

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Kateřina Staňková

**Title of the diploma thesis:** Age differences in postural stability during dual tasks

**Department:** Department of Physiotherapy, Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc

**Supervisor:** Mgr. Mirka Musilová

**The year of presentation:** 2020

**Abstract:** This thesis focuses on the assessment of the impact of cognitive dual tasks on postural stability in young adults and the elderly. The aim of this thesis was to ascertain the presence of differences in postural stability between young individuals and the elderly and whether these potential differences may be accentuated during dual tasks. Furthermore, the correlation of postural stability with two types of cognitive tasks was investigated. A total of 41 subjects aged 21–78 years participated in the research and were divided into two groups based on their age. Postural stability was measured using a force plate. The study shows a statistically significantly higher postural stability in young adults compared to the elderly both in single task conditions and during dual tasks. However, we cannot conclude that the addition of cognitive load to the postural load has a statistically significant effect on postural stability of any of the study groups. The level of postural stability during a visuo-spatial memory task was statistically significantly higher (in some parameters) than during a verbal memory task in both study cohorts.

**Keywords:** aging, attention, balance, cognitive task, working memory

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Mirky Musilové, uvedla jsem všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 20. dubna 2020

.....

Děkuji Mgr. Mirce Musilové za vstřícnost a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Lucii Bizovské, Ph.D. za její ochotu a vytvoření zázemí pro realizaci výzkumu a RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při statistickém zpracování dat.

# OBSAH

ÚVOD .....	8
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
1 POSTURÁLNÍ STABILITA A POSTURÁLNÍ KONTROLA.....	10
1.1 DEFINICE POJMŮ .....	10
1.2 SYSTÉMY POSTURÁLNÍ KONTROLY.....	14
1.2.1 Senzorická složka posturální kontroly .....	14
1.2.2 Strategie k zajištění stability stoje .....	16
1.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ POSTURÁLNÍ STABILITU .....	17
1.3.1 Vliv věku na úroveň posturální stability .....	18
1.3.2 Vliv pohlaví na úroveň posturální stability .....	19
1.4 HODNOCENÍ POSTURÁLNÍ STABILITY POMOCÍ PŘÍSTROJOVÝCH METOD .....	20
2 ZMĚNY ORGANISMU PROVÁZEJÍCÍ STÁŘÍ.....	22
2.1 VYMEZENÍ SENIORSKÉHO VĚKU .....	22
2.2 FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY VE STÁŘÍ.....	23
2.2.1 Změny nervového systému a kognitivních funkcí .....	23
2.2.2 Změny pohybového systému.....	24
2.2.3 Změny smyslového systému .....	25
2.2.4 Změny kardiovaskulárního systému.....	26
2.3 ROVNOVÁHA A PÁDY .....	27
2.3.1 Etiologie pádů a rizikové faktory .....	27
2.3.2 Důsledky pádů.....	28
2.3.3 Prevence pádů .....	29
3 KOGNITIVNÍ PROCESY V KONTEXTU POSTURÁLNÍ KONTROLY.....	31
3.1 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH KOGNITIVNÍCH PROCESŮ .....	31
3.1.1 Pozornost.....	32
3.1.2 Paměť .....	34
3.2 EXEKUTIVNÍ FUNKCE .....	36
3.3 VÝZNAM MULTI TASK A DUAL TASK V REHABILITACI .....	36
3.3.1 Prioritizování úkolů.....	38
3.3.2 Vizuálně prostorové a verbální úkoly .....	39

3.4	VLIV KOGNITIVNÍHO ÚKOLU NA POSTURÁLNÍ STABILITU .....	40
<b>II</b>	<b>VÝZKUMNÁ ČÁST .....</b>	<b>43</b>
4	CÍLE VÝZKUMU, VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY .....	43
4.1	CÍLE VÝZKUMU .....	43
4.2	VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY .....	43
5	METODIKA VÝZKUMU .....	47
5.1	REALIZACE VÝZKUMU .....	47
5.2	POPIS POUŽITÝCH METOD .....	47
5.2.1	Odběr anamnestických dat .....	48
5.2.2	Měření posturální stability .....	48
5.2.3	Kognitivní úlohy .....	49
5.3	ETICKÉ ASPEKTY VÝZKUMU .....	52
5.4	PRŮBĚH MĚŘENÍ .....	53
5.5	VÝZKUMNÝ SOUBOR .....	56
6	VÝSLEDKY .....	57
6.1	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H1 .....	57
6.1.1	Ověření hypotézy H1a .....	57
6.1.2	Ověření hypotézy H1b .....	58
6.2	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H2 .....	59
6.2.1	Ověření hypotézy H2a .....	59
6.2.2	Ověření hypotézy H2b .....	61
6.3	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H3 .....	62
6.3.1	Ověření hypotézy H3a .....	62
6.3.2	Ověření hypotézy H3b .....	64
6.4	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H4 .....	65
6.4.1	Ověření hypotézy H4a .....	65
6.4.2	Ověření hypotézy H4b .....	67
6.5	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H5 .....	68
6.5.1	Ověření hypotézy H5a .....	68
6.5.2	Ověření hypotézy H5b .....	69
6.6	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H6 .....	70
6.6.1	Ověření hypotézy H6a .....	70
6.6.2	Ověření hypotézy H6b .....	71

6.7	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H7 .....	72
6.7.1	Ověření hypotézy H7a.....	72
6.7.2	Ověření hypotézy H7b .....	73
6.8	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H8 .....	74
6.8.1	Ověření hypotézy H8a.....	74
6.8.2	Ověření hypotézy H8b .....	76
6.9	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H9 .....	77
6.9.1	Ověření hypotézy H9a.....	77
6.9.2	Ověření hypotézy H9b .....	79
6.10	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H10 .....	80
6.10.1	Ověření hypotézy H10a.....	80
6.10.2	Ověření hypotézy H10b .....	81
6.11	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ H11 .....	82
6.11.1	Ověření hypotézy H11a.....	83
6.11.2	Ověření hypotézy H11b .....	83
7	DISKUZE.....	85
	ZÁVĚR .....	97
	SOUHRN .....	99
	SUMMARY .....	100
	REFERENČNÍ SEZNAM .....	101
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	112
	PŘÍLOHY .....	113



# ÚVOD

Schopnost udržet rovnováhu je komplexní děj, který se skládá z několika fyziologických mechanismů, jež jsou tvořeny pomocí kooperace systému motorického, cerebellárního, vestibulárního a propioceptivního a z procesů na úrovni kognitivní. Tyto mechanismy mohou být negativně ovlivňovány věkem, což má za následek zhoršení posturální stability a zvyšuje se riziko pádu. Dobrá znalost funkce těchto prolínajících se systémů může významně napomoci ke zjištění příčin pádů a k jejich následné efektivnější prevenci. Podstatné je, že i u zdravých jedinců jsou přítomny funkční progresivní změny ve schopnosti udržet rovnováhu, které souvisí s narůstajícím věkem (Horak, Shupert, & Mirka, 1989). Tang a Woollacott (1996) popisují pád minimálně jedenkrát ročně u více než 30 % seniorů nad 65 let.

Právě prevence pádů je jednou z motivací pro realizaci výzkumů zabývajících se vlivem věku na posturální stabilitu. V posledních letech dopomáhá k rozklíčování příčin vedoucích k pádu použití duálních úkolů. Duální úkoly jsou používány především ke zjišťování role kognice v udržování posturální stability nebo k testování míry pozornosti, která je potřebná ať už při statických činnostech či při pohybu (například při chůzi). Ve výzkumech je obvykle využíváno zvyšování nároků na kapacitu pozornosti a zkoumá se schopnost distribuovat pozornost (Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008). Multitaskingové nebo duální činnosti si postupně nachází své místo i v rehabilitaci. V posledních letech je prosazován trénink posturálních funkcí v kombinaci s kognitivním úkolem stejně tak, jako to mnohdy vyžadují každodenní aktivity (například přemýšlení při chůzi, poslouchání zpráv v rádiu při řízení auta, aj.). Nácvik multitaskingu se využívá zejména u neurologických pacientů k trénování motorické kontroly (An et al., 2014), ale lze jej využít pro nácvik rovnováhy u seniorů nebo například i u mladých jedinců v pozdní fázi poúrazové či pooperační rehabilitace dolních končetin.

Hlavním cílem práce je ověřit rozdíly v úrovni posturální stability mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory a zjistit, zda se tyto případné rozdíly prohlubují při použití duálních úkolů. Druhým hlavním cílem práce je zjistit, zda je úroveň posturální stability během duálního úkolu ovlivněna odlišnými typy kognitivních úloh.

V návaznosti na stanovený hlavní záměr práce je teoretická část rozdělena do tří celků. První celek je věnován tématice posturální stability a základním mechanismům posturální kontroly. Druhý celek shrnuje změny organismu, které provázejí stáří se zaměřením na rovnováhu a pády v seniorské populaci. Třetí celek se věnuje kognitivním procesům v kontextu posturální kontroly. Výzkumná část práce se zabývá shrnutím použitých postupů a metod, interpretací naměřených dat a posouzením zjištěných výsledků.

# I TEORETICKÁ ČÁST

## 1 POSTURÁLNÍ STABILITA A POSTURÁLNÍ KONTROLA

Vzpřímené držení těla a bipedální lokomoce je to, čím se lidé odlišují od jiných savců. Stoj na dvou dolních končetinách je základní podmínkou motoriky člověka, avšak přináší s sebou určitá rizika. Vařeka (2002a) uvádí, že lidské tělo je ve vzpřímeném držení v podstatě velmi nestabilní. Udržování stability je komplexní motorickou činností, na které se podílí celá řada anatomických a funkčních struktur, a navíc je stabilita ovlivňována množstvím vnějších a vnitřních faktorů.

V následující kapitole jsou definovány jednotlivé pojmy, jež jsou k této tématice vázány. Prostor bude věnován systémům, které posturální kontrolu řídí a ovlivňují, budou rozebrány nejdůležitější faktory ovlivňující posturální stabilitu, a následovat bude krátké shrnutí možností přístrojového měření posturální stability.

### 1.1 Definice pojmů

#### **Postura**

Posturou rozumíme aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil. V každodenním životě je podstatnou zevní silou především síla tíhová. Hlavní úlohu v zajištění postury má svalový systém řízený centrálním nervovým systémem. Postura neznamena pouze stoj na dvou nohách, zaujímáme ji také vsedě, vleže na břiše například zvednutím hlavy nad podložku, a také během chůze a dalších způsobů lokomoce. Postura vždy vyžaduje zpevnění osového orgánu, tedy trupu, krku a hlavy (Vařeka, 2002a).

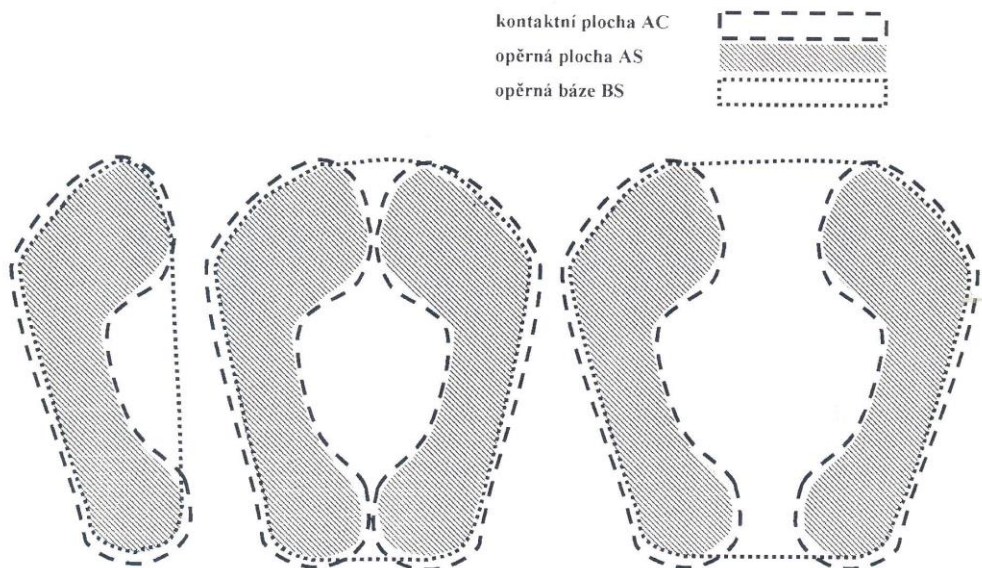
#### **Atituda**

Atituda je postura, která bezprostředně předchází provedení pohybu. Jde o cíleně nastavenou polohu tak, aby bylo možné provést pohyb (Véle, 2006).

Shumway-Cook a Woollacott (2012) obdobně charakterizují termín posturální orientace (angl. postural orientation), kterou definují jako schopnost udržet požadovaný vzájemný vztah mezi jednotlivými segmenty těla, a také vztah mezi segmenty těla a okolním prostorem. Tato schopnost je zásadní pro vykonání účelného pohybu.

### **Plocha kontaktu, opěrná plocha, opěrná báze**

Plocha kontaktu (angl. area of contact) je část těla, která se bezprostředně dotýká podložky. Opěrnou plochou (angl. area of support) se rozumí ta část plochy kontaktu, jež je aktuálně využívána k vytvoření opory. Opěrná báze (angl. base of support) je plocha, která vzniká spojením všech vnějších hranic opěrné plochy (Bizovská, Janura, Míková, & Svoboda, 2017; Vařeka, 2002a). Snadnější pochopení umožní grafické zobrazení (Obrázek 1).



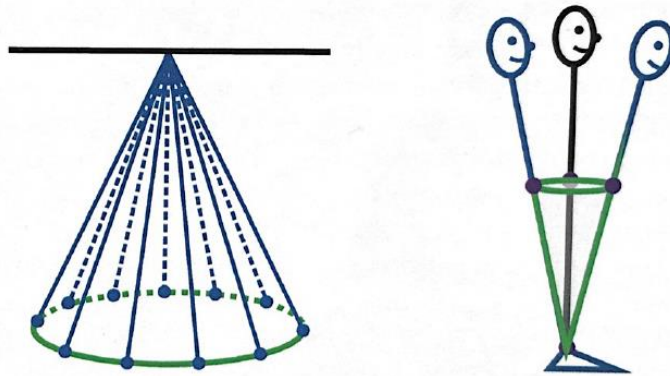
Obrázek 1. Vztah kontaktní plochy, opěrné plochy a opěrné báze (Vařeka, 2002a).

### **Těžiště**

Těžiště (COM, center of mass) je působiště výslednice tíhových sil na jednotlivé části tělesa. Jde o hypotetický bod, vůči němuž je výsledný moment tíhových sil působících na segmenty daného tělesa roven nule. Vertikální projekce COM do opěrné báze je označováno jako COG (center of gravity) (Bizovská et al., 2017).

COP (center of pressure) je charakterizováno jako působíště vektoru výsledné reakční síly podložky. COG a COP jsou za předpokladu statického stavu, tedy zjednodušeně například při klidovém stoji, v těsném fyzikálním vztahu (Winter, 1995). Avšak zcela shodné jsou tyto veličiny pouze v případě dokonale tuhého tělesa, čímž lidské tělo tvořeno řadou segmentů není (Vařeka & Vařeková, 2009).

Winter (1995) používá k vysvětlení vztahů COG a COP biomechanický model převráceného kyvadla. Pozice COG musí být ve stoji udržována ve specifických hranicích, aby nedošlo ke ztrátě stability. Jedinec se tedy může naklánět v kterémkoliv směru, ale pouze v rámci takzvaných limitů stability, tedy maximálních vzdáleností (úhlů), při kterých nedojde ke změně opěrné báze. Tyto titubace tvoří ve vzpřímeném stoji právě tvar kužele (Obrázek 2).



Obrázek 2. Grafické znázornění modelu převráceného kyvadla (Bizovská et al., 2017).

### **Posturální stabilita**

Termínem stabilita je z fyzikálního hlediska označována schopnost ustálit se při působení podnětu v rovnovážném stavu (v limitech stability) a po odeznění podnětu se vrátit zpět do původního nastavení. Pojmem stabilita se tedy rozumí míra úsilí, která je nutná k opětovnému získání rovnováhy tělesa bezprostředně po jejím narušení v gravitačním poli. Jedná-li se o stojícího člověka, pak jde o schopnost udržet COG v opěrné bázi. V tomto případě je preferován pojem posturální stabilita (Bizovská et al., 2017; Soderberg, 1997; Watkins, 2010).

Vařeka (2002a) definuje posturální stabilitu jednak jako schopnost zajištění vzpřímeného držení těla, a dále jako schopnost udržet vzpřímené držení těla i přes působení zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému nebo neřízenému pádu.

## **Rovnováha a balance**

Těmito pojmy je označován soubor statických a dynamických strategií s cílem ochrany jedince před pádem. Jde o neustálé přizpůsobování svalové aktivity a polohy kloubů funkčním požadavkům pro udržení těla nad opěrnou bází. K těmto dějům se řadí například takzvané vzpřimovací reflexy (Vařeka, 2002a).

V cizojazyčné literatuře jsou oddělovány termíny balance a rovnováha (angl. postural equilibrium). Rovnováha charakterizuje okamžitý stav systému, jehož bylo dosaženo pomocí mechanismů balance (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). V češtině lze tuto balanční funkci nazvat termínem posturální stabilizace a pro okamžitý stav systému lze použít termín posturální stabilita (Bizovská et al., 2017).

## **Posturální kontrola**

Posturální kontrola je komplexní motorická činnost, která pramení z interakce mnoha senzomotorických systémů (Horak, 1996). Dvěma základními funkcemi posturální kontroly jsou zajištění posturální orientace (angl. postural orientation) a rovnováhy (angl. postural equilibrium) (Horak, 2006). Posturální kontrolu ve vztahu k posturální orientaci a rovnováze obdobně vymezují také autoři Shumway-Cook a Woollacott (2012).

Posturální orientace představuje aktivní kontrolu nastavení těla (tedy vzájemné postavení jednotlivých tělních segmentů) a svalového tonu s ohledem na gravitaci, okolní prostředí a vnitřní podmínky jedince. Orientace v prostoru je zajištěna pomocí informací ze systémů posturální kontroly: somatosenzorického, vestibulárního a zrakového. Rovnováha představuje koordinaci senzomotorických strategií s cílem udržení stabilního COM při narušení posturální stability (ať už z vnějších či z vnitřních příčin) (Horak, 2006).

## 1.2 Systémy posturální kontroly

Posturální kontrolou se rozumí neurální mechanismy, pomocí nichž je možné udržet polohu a provést účelný pohyb v gravitačním poli. Klíčovou roli hraje nervový systém, který případnou instabilitu detekuje (feedback) a předvídá (feedforward). Vzprámené držení těla je v zásadě udržováno (kontrolováno) třemi hlavními složkami – složkou senzoricou (zrak, propiocepce a exterocepce, vestibulární systém), řídicí (centrální nervová soustava) a výkonnou (pohybový systém). Svou úlohu má i autonomní nervový systém, limbický systém a frontální kortex. Posturální kontrola, jejímž úkolem je udržování postury je základním požadavkem pro všechny motorické aktivity. Z funkčního hlediska lze posturální kontrolu vztáhnout k aktivitám denního života, jako je chůze, vstávání ze židle nebo manipulace s předměty, pro které je zcela stěžejní (Bizovská, 2017; Carr & Shepherd, 1998; Konrad, Girardi, & Helfert, 1999; Vařeka, 2002a).

Horak (2006) uvádí 6 základních zdrojů, jež úzce souvisí s posturální kontrolou a zásadně ovlivňují schopnost udržení posturální stability a posturální orientace:

1. **Senzorické strategie** (například integrace senzoricých systémů a jejich schopnost přizpůsobit se);
2. **Pohybové strategie** (reaktivní, anticipační a volní strategie);
3. **Biomechanické vlivy** (například omezení stupňů volnosti);
4. **Kognitivní zpracovávání** (role pozornosti a učení);
5. **Schopnost posturální kontroly při dynamických procesech** (například při chůzi);
6. **Prostorová orientace** (například schopnost prostorového vnímání, vliv gravitace).

Omezení jedné či více ze složek vede k posturální instabilitě a může mít vliv na zvýšený výskyt pádů u seniorů. Horak (2006) na základě výčtu zdrojů upozorňuje na to, že příčina pádů je velmi individuální a specifická pro každého jedince. Etiologii pádů, jejich důsledkům a prevenci je věnována podrobněji kapitola Rovnováha a pády (kapitola 2.3).

### 1.2.1 Senzorická složka posturální kontroly

Senzorická složka posturální kontroly je zásadní pro udržení posturální stability. Vzprámené držení, respektive postura, je zajišťována multisenzorickou integrací ze systému somatosenzorického, vestibulárního a zrakového (Horak, 2006; Králíček, 2011).

Aference somatosenzorického systému je zajištěna propioceptory a exteroceptory. Zahrnuje tedy kožní cití a informace z kloubních a svalových receptorů, z ligament a periostu. Proprioceptory posílají do centrální nervové soustavy (CNS) informace o pozici (statestie) a pohybu (kinestezie) těla vůči podložce nebo jinému segmentu těla. Podstatnou funkci zastávají receptory ve svalech a šlachách – svalové vřetenko a Golgiho šlachové tělísko, které informují o délce a napětí svalu (Králíček, 2011; Proske & Gandevia, 2009).

Vestibulární aparát je složen ze statického čidla, které tvoří blanité váčky sakulus a utrikulus a z čidla kinetického, jež je složeno ze tří sobě navzájem kolmých polokruhovitých kanálků. Hlavní funkcí vestibulárního aparátu je detekce polohy hlavy v prostoru, její orientace v gravitačním poli a registrování lineárního a úhlového zrychlení hlavy. Aferentní signály labyrintu vnitřního ucha zajišťují posturální reflexní reakce, které udržují hlavu a trup ve vzpřímené poloze (Králíček, 2011; Kuo, 2005).

Zrakem přijímáme až 90 % vjemů o okolním prostředí. Receptory umístěné v sítnici zajišťují nejen informace o poloze hlavy a orientaci těla v prostoru, ale informují nás také o rychlých změnách v rámci zorného pole, čímž napomáhají ke spuštění příslušných anticipačních mechanismů (Králíček, 2011; Vařeka, 2002b).

Názory jednotlivých autorů na podíl jednotlivých sensorických složek při udržování posturální stability se různí. Peterka (2002) uvádí, že zdravé osoby se za normálních podmínek spoléhají ze 70 % na somatosenzorický systém, z 20 % na systém vestibulární a 10 % připadá na kontrolu pomocí zrakového systému. Při stoje na nestabilním povrchu však dochází k utlumení aference z propioceptorů, a proto se zvyšují nároky na vestibulární aparát a zrak (Grigg, 1994; Maurer, Mergner, Bolha, & Hlavacka, 2000; Peterka, 2002). El-Kahky, Kingma, Dolmans a de Jong (2000) popisují, že u zdravých osob přispívá k udržení vzpřímeného stoje propioceptivní systém minimálně z 26 %. Zraková kontrola se uplatňuje maximálně z 37 % a vestibulární aparát maximálně z 44 %. Autoři nicméně připouští výraznou inter-individuální variabilitu. Latash (2008) přisuzuje dominantní úlohu systému vestibulárnímu.



Schopnost zvyšovat či snižovat nároky na jednotlivé složky sensorického systému posturální kontroly poskytuje jistou variabilitu možností a umožňuje přizpůsobit se proměnlivým podmínkám prostředí (například změna povrchu po kterém jdeme či změna viditelnosti). Lidé s poškozením některého ze sensorických systémů (například s periferním postižením vestibulárního aparátu nebo se sníženým čítím na dolních končetinách v důsledku neuropatie) mají tedy velmi omezené možnosti v regulování posturální kontroly, a jsou proto ve specifických posturálních situacích, jež vyžadují pro udržení posturální stability postiženou sensorickou složku, ohroženi pádem. Riziko pádu se však zvyšuje i u osob s postižením CNS (například Alzheimerova choroba), u kterých je sice sensorický systém intaktní, nicméně změny nároků na jednotlivé složky sensorického systému nejsou tak pružné (Horak, 2006).

### **1.2.2 Strategie k zajištění stability stoje**

Udržování vzpřímeného držení je proces, který vyžaduje souhru jednotlivých svalových skupin. Svaly jsou řízeny pomocí CNS, jenž zajišťuje nejen stabilitu zaujaté polohy při práci rukou, ale musí stabilizovat i průběh změny držení a tuto situaci krátkodobě předvídat. V nouzi musí být umožněno vyvinout i poměrně velkou sílu v krátkém čase, aby nedošlo k náhlé změně polohy, a tím k narušení rovnováhy, přetížení nebo k pádu (Véle, 1995).

K popisu způsobu, jakým je tělo udržováno ve vzpřímené poloze v gravitačním poli, bylo kdysi využíváno hierarchického modelu organizace reflexních reakcí. Základem byl svalový tonus, dále napínací reflexy, tonické šijové reflexy, vzpřimovací reakce a reakce rovnovážně či ochranné (Bizovská, 2017). Nový systémový přístup je založen na interakci jedince v prostoru a bere zřetel na zamýšlený pohybový úkol. Jedná se tedy o účelově orientovaný organizovaný model. Posturální kontrola v tomto kontextu nepředstavuje pouze stereotypní reflexy a předprogramované reakce, ale jedná se především o funkční adaptabilní chování, které je zajišťováno pomocí aferentních a eferentních vstupů (Bizovská et al., 2017; Enoka, 2008; Horak, 1987; Latash, 2008; Shumway-Cook & Woollacott, 2012; Véle, 2006).

Posturální kontrola vyžaduje komplexní reakce muskuloskeletálního a nervového systému. V rámci pohybového aparátu mají na posturální stabilitu vliv biomechanické vlastnosti tkání, tedy kloubní rozsah, flexibilita vazů a svalů aj. Mezi nervové komponenty posturální kontroly se řadí již zmíněné senzorické procesy, tedy kontrola vestibulární, zraková a somatosenzorická, a dále pak motorické procesy vyúsťující v reakční synergii. Svůj vliv mají i tzv. vyšší integrační centra, která zajišťují adaptabilitu a anticipační funkci posturální kontroly. Do tohoto typu neurálních procesů je řazen i vliv pozornosti, motivace a soustředění (Bizovská et al., 2017).

Těžiště lidského těla je uloženo poměrně vysoko a plocha opěrné báze je vzhledem k čtyřnožcům malá. Nečekané vnější či vnitřní vlivy, které by mohly narušit stabilitu stoje, spustí centrálně programované stereotypní odpovědi. Pokud je vychýlení těla očekávané, jednotlivé segmenty těla se nastaví tak, aby nedošlo k narušení posturální stability. Posturální kontrola se tak nespolehá pouze na periferní senzorické informace, ale i na schopnost CNS vyhodnotit informace a funkčně přizpůsobit koordinované posturální reakce (Gatev, Thomas, Kepple & Hallett, 1999; Shupert & Horak, 1999).

Gatev et al. (1999) uvádějí, že posturální odpověď na malé a pomalé podněty vychází především z oblasti svalů nohy a bérce. Oblast kolene a kyčle se v případě malých výchylek na udržení stability podílí jen velmi málo. Tento mechanismus je nazýván kotníkovou strategií. Je-li zevní podnět silnější, zapojí se strategie kyčelní, která vzhledem k větší síle a velikosti svalů a pák umožňuje vyrovnat i větší výchylky. Pokud je vychýlení těla tak silné, že se COG dostane k hranicím opěrné báze, využije tělo k udržení stability strategii krokovou. Dle Wintera (1995) i Vařeky (2002a) se ve stoji spojném uplatňuje zejména kotníková strategie ve směru anteroposteriorním a kyčelní strategie ve směru mediolaterálním. Při tandemovém stoji je tomu však naopak. V mediolaterálním směru se podílí na udržení stability především pronátory a supinátory nohy a ve směru předozadním převažuje strategie kyčelní. Tyto tři základní typy reakcí jsou však velice zjednodušené.

### **1.3 Faktory ovlivňující posturální stabilitu**

Véle (1995) rozděluje faktory, které mají vliv na posturální stabilitu na dvě základní skupiny: faktory fyzikální a faktory neurofyzilogické.

Mezi faktory fyzikální Véle (1995) řadí:

- opěrnou plochu,
- hmotnost těla a polohu těžiště,

- charakter kontaktu těla s opěrnou plochou,
- postavení a vlastnosti hybných segmentů.

Faktory neurofyziologické lze dělit na procesy (Véle, 1995):

- psychické a vlivy vnitřního prostředí,
- nastavující excitabilitu,
- spouštějící pohybové programy,
- zpětnovazebné.

Je známo, že držení těla souvisí s psychickým stavem člověka. Při depresivním ladění má tělo tendenci být převážně ve flekčním držení, při stavech elastičného charakteru bývá tendence k extenčnímu držení těla. Obdobně se uplatňují i vlivy vnitřního prostředí (například chorobných stavů) – jiné je držení těla u kardiaka a jiné u astmatika. Procesy nastavující excitabilitu souvisí s tzv. stavem „připravenosti“ či stavem „odpočinku“. Řídí se podle současného stavu organismu a stavu vnějšího prostředí. Procesy spouštějící pohybové programy jsou spojené především s výchozí pozicí, kterou musí organismus před provedením pohybu zaujmout. Zpětnovazebné procesy udržují či mění posturu na základě informací z propioceptivního a exteroceptivního systému (Véle, 1995).

Svou roli při udržování posturální stability sehraávají však i další faktory, mezi které lze řadit například předešlá zranění, bolest, somatotyp člověka či únavu. Současně se v pracích zabývajících se tematikou posturální stability a posturální kontroly objevuje v popředí faktor, jenž má na udržení balance výrazný vliv, a tím je věk.

### **1.3.1 Vliv věku na úroveň posturální stability**

Velké množství studií, které se zabývají tématem posturální stability a kontroly, poukazuje na pokles posturální jistoty se vzrůstajícím věkem (Abrahamová & Hlavačka, 2007; Colledge et al., 1994; Du Pasquier et al., 2003; Fujita et al., 2005; Hageman, Leibowitz, & Blanke, 1995; Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton, & Marin, 1989; Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett, & Myklebust, 1996). Era et al. (2006) na téměř 8 000 probandech ve věku nad 30 let potvrzují rozdíly v úrovni posturální stability již mezi nižšími věkovými skupinami, tedy mezi skupinou s nejmladšími účastníky (30–39 let) a mezi skupinou zahrnující jedince ve středních letech (40–49 let). Avšak rozdíl v posturální stabilitě výrazně narůstal ve všech měřených parametrech až mezi skupinami probandů nad 60 let (60–69 let, 70–79 let a 80+ let).

Následkem nestability ve stoji mohou být pády. Tinetti et al. (1988) uvádějí, že nejméně třetina seniorů starších 75 let spadne alespoň jedenkrát ročně. Tang a Woollacott (1996) popisují pád minimálně jedenkrát ročně u více než 30 % seniorů nad 65 let.

Jedním z aspektů zhoršující se stability s věkem je změna citlivosti senzoričských systémů. Ztráta citlivosti senzoričského systému u seniorů bez diagnostikované choroby, která by případně mohla snížení výkonnosti systému způsobovat, je v literatuře zmiňována tak často, že začala být vnímána jako přirozený důsledek stáří (Horak et al., 1989). Woollacott (1993) popisuje až 40% úbytek senzoričských buněk vestibulárního aparátu u lidí starších 70 let. Opavský (2003) zmiňuje přirozený pokles kvality proprioceptivních vjemů u starších lidí a s ním spojené poruchy rovnováhy při stoji a chůzi. Na zvýšené riziko pádů a instabilitu při stoji ve spojitosti s poruchami zraku ve vyšším věku upozorňují Lord a Menz (2000).

Kromě senzoričských systémů však dochází i k poklesu svalové síly a svalového objemu, úbytku svalových vláken, a ke změnám v motorických jednotkách (Porter, Vandervoort, & Lexell, 1995). Mění se držení těla – charakteristické je rozšíření opěrné báze a kyfotizace páteře. Udržení postury je energeticky náročnější a vyžaduje větší soustředění (Kalvach, 2004).

Problematika stáří a stárnutí bude podrobněji popsána v kapitole Změny organismu provázející stáří (kapitola 2).

### **1.3.2 Vliv pohlaví na úroveň posturální stability**

O vlivu pohlaví na úroveň posturální stability se ve vědecké sféře stále vedou diskuze. Zatímco jedni autoři rozdíl mezi muži a ženami v udržení balance potvrzují (Era et al. 1997; Wolfson, Whipple, Derby, Amerman, & Nashner, 1994), jiní jej vyvracejí (Bryant, Trew, Bruce, Kuisma, & Smith, 2005; Colledge et al., 1994; Hageman et al., 1995).

Nicméně ani v tom, které pohlaví vykazuje horší kvalitu posturální stability, se studie neshodují. V přehledové studii týkající se vlivu pohlaví na počet pádů u seniorské populace byly nalezeny protichůdné výsledky. Ve čtyřech studiích byly častější pády zaznamenány u žen, zatímco v jedné studii byli těmi, kdo častěji padají, muži (Meschial et al., 2014).

Wolfson et al. (1994) potvrzují větší výchyly COP a častější ztrátu rovnováhy při jednotlivých testovacích situacích u starších žen. Abrahamová a Hlavačka (2007) ve své studii popisují rozdíly mezi pohlavím při klidovém stoji jen za určitých podmínek. Při stoji na pevném povrchu se zavřenýma očima vykazovali muži v anteroposteriorním směru větší výchyly COP než ženy, avšak v dalších testovacích situacích měla obě pohlaví srovnatelné výsledky. Abrahamová a Hlavačka (2007) proto uvádějí, že nemají dostatek dat potřebných k vyjádření stanoviska o vlivu pohlaví na posturální stabilitu.

Masui et al. (2005) uvádějí, že u mužů byly naměřeny větší výchyly COP jak s otevřenýma, tak se zavřenýma očima. Muži měli také znatelnější rozdíl výchylek COP při změně podmínek v rámci zrakové kontroly (při otevřených a zavřených očích), z čehož lze usuzovat, že jejich posturální kontrola byla více závislá na kontrole zrakové. Nakagawa, Ferraresi, Prata a Scheicher (2017) ve své studii nepotvrdili vliv pohlaví na posturální stabilitu jako takovou, nicméně poukazují na horší výsledky v testech funkční soběstačnosti u starších žen ve srovnání s muži.

## 1.4 Hodnocení posturální stability pomocí přístrojových metod

Pro vyšetření posturální stability lze v rámci kineziologického rozboru použít několik klinických testů. Přístrojové metody hodnocení posturální stability, jejichž výhodou je především objektivita a přesnost, mohou k těmto zkouškám tvořit vhodný doplněk, a to především potřebujeme-li přesný a rychlý výsledek s rozlišením jemných nancí mezi jednotlivými pokusy či jednotlivci.

Při biomechanické analýze pohybu je využíváno metod kvalitativních a kvantitativních. Přestože kvalitativní metody mají ve vědě své opodstatnění, zde bude věnován prostor především metodám kvantitativním, jejichž výstupem jsou číselné hodnoty, které zpravidla udávají velikosti fyzikálních veličin (Janura et al., 2012).

Základní rozdělení kvantitativních metod analýzy pohybu uvádí Janura et al. (2012):

- **Kinematické metody** – základem je zachycení pohybu bez ohledu na příčiny (síly), které jej způsobily. Patří zde elektrogoniometrie, akcelerometrie, videografická vyšetřovací metoda (2D či 3D kinematická analýza), aj.
- **Kinetické (dynamické) metody** – využívají pro kvantifikaci pohybové činnosti silové parametry. Pod tyto metody se řadí dynamometrie, dynamografie (měření na silových plošinách) a dynamická plantografie.

- **Elektromyografie (EMG)** – snímá aktivitu svalů. Změny elektrického potenciálu jsou zaznamenávány pomocí elektrod a získaný signál je převeden na výstupní EMG křivku. Pomocí této metody lze zjistit nejen to, které svaly se do dané aktivity zapojují, ale také v jakém pořadí a intenzitě byly zapojeny.

### **Posturografie**

Posturografie spadá pod dynamografické metody. Je to přístrojová metoda hodnocení posturální stability, která měří reakční sílu podložky a udává míru titubací během stoje. Vyšetření probíhá na silových plošinách a měří se ve statických či dynamických situacích. Dle toho se rozlišuje posturografie statická a posturografie dynamická. (Čakrt, 2009; Vrabc, 2002). Další možnosti, jak ztížit podmínky, jsou kromě „fyzických perturbací“ v rámci dynamické posturografie také „perturbace kognitivní“ v podobě sekundárních kognitivních úloh.

### **Silové plošiny**

Silové (tenzometrické, piezoelektrické) plošiny slouží k měření reakční síly podložky (angl. ground reaction force). Určují změny síly v průběhu dané činnosti, zobrazují tedy vztah mezi silou a časem. Nejčastěji jsou využívány pro posouzení posturální stability ve statických i dynamických situacích, pro hodnocení velikosti působící síly v oporové fázi chůze a pro hodnocení výbušné síly dolních končetin při vertikálním výskoku. Použití silových plošin umožňuje zaznamenat působení reakční síly a jejich tří základních složek, které jsou na sebe vzájemně kolmé. Jedná se o vertikální, mediolaterální a anteroposteriorní složku reakční síly. Zaznamenávat lze také trajektorii působení reakční síly (COP). Silové plošiny fungují na základě 3–4 piezoelektrických nebo tenzometrických senzorů, které jsou umístěny v rozích plošiny (Bizovská et al., 2017; Janura et al., 2012).

Příkladem přístrojové techniky, která slouží k měření posturální stability je plošina Advanced Mechanical Technology, Inc. (AMTI) fungující na principu piezoelektrického snímání nebo tenzometrická plošina Kistler Instrumente (dále Kistler) (Bizovská et al., 2017; Janura et al., 2012).

## 2 ZMĚNY ORGANISMU PROVÁZEJÍCÍ STÁŘÍ

Následující podkapitoly jsou zaměřeny na problematiku stáří a stárnutí. Začátek kapitoly bude věnován vymezení stáří z pohledu různých autorů, dále budou popsány fyziologické změny vybraných tělesných systémů a závěr kapitoly bude věnován problematice stárnutí populace a zejména pádům seniorů, jejich četnosti, etiologii, důsledkům a prevenci.

### 2.1 Vymezení seniorského věku

Kalvach a Mikeš (2004) charakterizují stáří jako projev a důsledek funkčních a morfologických změn organismu, jež probíhají druhově specifickou rychlostí s výraznou interindividuální variabilitou, a které vedou k typickému obrazu označovanému jako stařecký fenotyp. Vymezení a členění stáří je vlivem mnohačetnosti a individuálnosti příčin a projevů stárnutí poměrně složité. Jednotlivé projevy stáří nastupují v rozdílném věku a častokrát se vzájemně podmiňují. Zpravidla je proto rozlišováno stáří kalendářní, sociální a biologické.

Výhodou **kalendářního stáří** je, že se dá snadno vymezit, avšak nebere v potaz interindividuální rozdíly. Senioři jsou dle věku orientačně děleni do těchto skupin (Kalvach & Mikeš, 2004):

- 65–74 let – mladí senioři,
- 75–84 let – staří senioři,
- 85 a více let – velmi staří senioři.

Někteří autoři uvádějí hranici počínajícího seniorského věku již od 60 let (Amarya, Singh, & Sabharwal, 2018; Pacovský, 1990). World Health Organisation (WHO) (2002) zmiňuje obě varianty spodní věkové hranice, tedy 60 i 65 let, a upozorňuje na individuálnost projevů stárnutí a ontogenetické rozdíly mezi rozvojovými a vyspělými zeměmi a s tím spojený problém stanovování hranic stáří.

**Sociální stáří** zohledňuje problematiku proměny sociálních rolí, potřeb, životního stylu a ekonomického zajištění. Upozorňuje na rizika, která mohou ve stáří nastat, jako je například maladaptace na starobní důchod, ztráta životního programu a společenské prestiže, osamělost, pokles životní úrovně, hrozba ztráty soběstačnosti, aj. Za počátek sociálního stáří je považován odchod do starobního důchodu nebo věk, ve kterém vzniká na starobní důchod nárok (Kalvach & Mikeš, 2004).

**Biologické stáří** bere v potaz míru involučních změn, pokles potenciálu zdraví, funkční zdatnost a genovou expresi. Nemá přesnou věkovou hranici a není jednoduché jej stanovit, protože zatím není přesná shoda v tom, které atributy by hodnota biologického stáří měla reprezentovat (Kalvach & Mikeš, 2004). Jiráček (2013) uvádí, že proces stárnutí je natolik individuální, že biologický věk není možné přesně stanovit. K funkčním a morfologickým změnám dochází v odlišnou dobu a různou rychlostí. U jedinců proto dochází k velkým rozptylům mezi kalendářním a potenciálním biologickým věkem.

## 2.2 Fyziologické změny ve stáří

Tělesné změny jsou přirozeným projevem stáří. Jejich průběh a rychlost nástupu jsou determinovány především genetickými predispozicemi a životním stylem. Systémy v těle jsou zpomalovány, některé funkce v těle oslabují a klesají biologické adaptační mechanismy (Klevetová & Dlabalová, 2008).

Topinková (2005) popisuje stárnutí jako nevratný biologický proces postihující rozdílnou rychlostí všechny orgány. Organismus ztrácí své adaptační schopnosti, a proto i při menších podnětech dochází k dekompenzaci orgánových funkcí.

Tělesné změny zasahují tyto orgánové systémy (Klevetová & Dlabalová, 2008):

- nervový systém,
- kardiovaskulární systém,
- respirační systém,
- pohlavní a vylučovací systém,
- trávicí systém,
- kožní systém,
- smyslový systém.

### 2.2.1 Změny nervového systému a kognitivních funkcí

V nervovém systému dochází ke snížení počtu neuronů a synapsí a ubývá látek, které se podílejí na přenosu informací. Dochází ke zpomalení schopnosti přijímání a přenášení vzruchů. Snižuje se také hmotnost mozku (Klevetová & Dlabalová, 2008).



Kognitivní poruchy spojené s normálním stárnutím jsou obvykle mírné. Často se jedná o benigní zapomínání, které se neřadí mezi abnormální projevy. Jde o neschopnost vzpomenout si na určitou událost či jméno, pokud se senior na tuto okolnost usilovně koncentruje. Určité riziko představuje mírný kognitivní deficit (mild cognitive impairment), jež je rizikovým faktorem pro rozvinutí Alzheimerovy choroby. Uvádí se, že v průběhu 5–8 let od začátku projevů mírného kognitivního deficitu se Alzheimerova choroba rozvine u 50–80 % osob (Ambler, 2012).

Suchá (2010) uvádí tyto hlavní kognitivní změny ve stáří: zpomalení psychomotorického tempa, rigidita v myšlení a jednání, snížení smyslové výkonnosti, zhoršení koncentrace, zvýšená psychická unavitelnost, omezení tvůrčích schopností a fantazie a zhoršení všípivosti a výbavnosti.

Gruss (2009) vztahuje změny kognitivních funkcí seniorů k řešení úkolů. Pokud mají starší jedinci jasně stanovený úkol ve stabilních podmínkách, tedy okolo se nevyskytují žádné rozptylující podněty, jsou schopni úkol splnit bez výrazného omezení. Avšak problém nastává, mají-li řešit několik úkolů současně. Pracovní paměť uchovává a zpracovává informace, jež se v danou chvíli nacházejí v centru pozornosti. Pakliže má senior více úkolů současně, dochází k rozdělení pozornosti, v pracovní paměti se mění koordinace cílů jednání a v důsledku přetížení pracovní paměti může dojít k výraznému omezení výkonu.

### **2.2.2 Změny pohybového systému**

V rámci pohybového systému dochází ke snížení tělesné výšky vlivem dehydratace meziobratlových disků, kyfotizaci páteře a zkrácení paravertebrálních měkkých tkání. Do sedmého až osmého decenia roste tělesná hmotnost, poté začíná klesat. Avšak podstatnější je změna tělesného složení. Ubývá aktivní svalová hmota, kostní hmota a narůstá podíl tuku a vaziva. Klesá také celkový podíl vody v těle, což má vliv na elasticitu tkání. Úbytek svalové a kostní hmoty a snížení svalové síly vede k celkové tělesné slabosti seniora, zvýšenému riziku pádu a vzniku zlomenin či jiných úrazů a následnému poklesu funkční soběstačnosti. Na rozsahu sarkopenie, tedy na úbytku svalové hmoty se současným poklesem svalové síly, se významně podílí fyzická aktivita seniora (Faulkner, Larkin, Claflin, & Brooks, 2007; Kalvach, 2004).

K výrazným změnám držení těla patří hyperkyfóza, kyfoskolióza nebo dokonce tzv. gibus osteoporotických žen. Dochází ke zkrácení a zpomalení kroku. U extrapyramidových postižení je typické semiflekční držení s cupitavou chůzí (Kalvach, 2004). Ambler (2012) uvádí, že se s přibývajícím věkem zvyšuje závislost na době oboustranné opory během chůze, která u zdravého dospělého člověka činí v průměru 20 % z celkového krokového cyklu. Poruchy chůze se objevují u více než 15 % starších osob a okolo 25 % potřebuje dopomoc hole či jiné opory. U seniora je proto vždy důležité pečlivě vyšetřit chůzi i stoj.

### **2.2.3 Změny smyslového systému**

Z existenciálního a komunikačního hlediska jsou změny smyslového vnímání velmi podstatné. U zraku dochází ke změně akomodace (presbyopie), mění se zraková ostrost a barvocit. K involučním změnám dochází jak v samotném systému oka, tak v oblasti centrálního zpracování zrakových podnětů. Tyto změny výrazně ovlivňují denní činnosti (například čtení či řízení auta) a vliv mají také na posturální stabilitu, jelikož zrak je důležitým systémem posturální kontroly (Kalvach, 2004; Salvi, Akhtar, & Currie 2006).

Snižuje se také sluchová ostrost (presbyakuze), a to zejména na vysoké tóny (Kalvach, 2004). Topinková (2005) řadí poruchy sluchu mezi čtyři nejčastější chronické onemocnění vyššího věku. U jedinců nad 65 let je výskyt onemocnění 30 % a u jedinců starších 75 let stoupá výskyt k 35 %.

Klesá vnímání slané chuti, sladká chuť se nemění a hořká chuť je znásobená. Mění se funkce slinných žláz, klesá produkce slin i jejich kvalita. Problém se žvýkáním, který je často způsobený nošením zubních náhrad, rovněž ovlivňuje produkci slin. Všechny tyto změny dělají příjem potravy méně zajímavým a chuť k jídlu klesá (Boyce & Shone, 2006). Pokles chuti k jídlu souvisí také se snižováním intenzity čichových vjemů (hyposmie). Vlivem sníženého vnímání a rozlišování vůní a pachů může dojít k narušení vnímání chutí, ztrátě potěšení z jídla a následnému snižování hmotnosti a změnám trávení. Poruchy čichu se ve stáří vyskytují častěji než poruchy chuti. Až 75 % seniorů ve věku nad 80 let prokazuje výrazně porušené vnímání čichových podnětů (Amarya, 2018; Gaines, 2010; Murphy et al., 2002; Schiffman & Zervakis, 2002). Chuť a čich klesají významně více u kuřáků (Kalvach, 2004).

Vlivem změn kůže a snižování cirkulace krve k taktilním receptorům a CNS může dojít k narušení taktilního cití. Určitou roli může hrát také deficit některých látek, například vitamínu B1, způsobený nedostatečně bohatou stravou (Roberts & Rosenberg, 2006). Snižené je také vnímání vibrací či bolesti. Involuční změny cití, zejména hlubokého, ovlivňují jednoduché motorické dovednosti, sílu stisku ruky a mají vliv také na rovnováhu seniora (Amarya, 2018; Carpenter, Adkin, Brawley, & Frank, 2006; Wickremaratchi & Llewelyn, 2006).

#### **2.2.4 Změny kardiovaskulárního systému**

Navzdory tomu, že ve stáří absolutní množství kardiomyocytů spíše klesá, dochází k nárůstu hmotnosti srdce, a to především masy levé komory, což je dáno zvětšením objemu buněk a současným zhuštěním vaziva a zmnožením pojivové matrix. Snižuje se elasticita srdce a zhoršují se jeho funkce. Sinoatriální uzel degeneruje a klesá citlivost vůči sympatickým a parasympatickým podnětům. Klesá citlivost baroreceptorů a receptorů autonomního nervového systému. V cévách dochází ke strukturálním a funkčním změnám endotelu a medie. V medii cév se usazuje vápník a lipidy, lze pozorovat akumulaci extracelulární matrix, zmnožení kolagenních vláken a porušení struktury elastinu. Zvyšuje se tuhost cévní stěny a stoupá systolický arteriální tlak. Klesá maximální tepová frekvence a zvyšuje se prevalence fibrilace síní (Felšöci, Toman & Špínar, 2009; Mareš, 2013; Weber, Meluzínová, Kubešová, & Polcarová, 2005).

Poměrně častá je tvorba žilních varixů (hlavně na dolních končetinách, v žaludku a jícnu). Městnáním krve žilní stěna postupně ochabuje, dochází k poškození žilních chlopní a zhoršuje se žilní návrat z periferie do srdce. Určité riziko představuje vznik trombózy, především u dlouhotrvajících imobilizací (Mareš, 2013; Pacovský, 1990; Trojan, 2003).

Weber et al. (2005) uvádějí, že v pozadí většiny kardiovaskulárních chorob stojí vznik aterosklerózy, jejíž rozvoj lze částečně ovlivnit důsledným dbáním na primární a sekundární prevenci. Mezi ovlivnitelné rizikové faktory vzniku aterosklerózy patří: kouření, obezita, diabetes mellitus, hyperlipoproteinemie, fyzická inaktivita a hypertenze.

U seniorů je v důsledku involučních změn srdce a cév poměrně častý výskyt ortostatické hypotenze, na což je důležité pamatovat při rychlých změnách polohy.

## 2.3 Rovnováha a pády

Úrazy způsobené v důsledku pádu se řadí mezi jedny z nejčastějších poranění. Především pro seniory mohou mít tyto úrazy vážné následky. Každý posun směrem ke snížení počtu pádů či zmírnění jejich závažnosti je důležitý nejen pro danou osobu, ale také pro společnost, protože ekonomické náklady na léčbu následků pádů jsou vysoké (Bizovská et al., 2017). Vzhledem k tomu, že Český statistický úřad (2018) odhaduje v České republice během 21. století nárůst počtu osob nad 65 let (z aktuálních 19 % na 30 %) a vzrůst věkového průměru populace (z aktuálních 42,2 let na 47,4 let), je prevence pádů a udržování funkční zdatnosti seniorů v zájmu celé společnosti.

### 2.3.1 Etiologie pádů a rizikové faktory

Topinková (2005) charakterizuje pád jako náhlou změnu polohy, která končí kontaktem těla se zemí. Může být dokonce doprovázen poruchou vědomí nebo poraněním. WHO (2018) definuje pád jako situaci vedoucí k tomu, že se osoba neúmyslně ocitá na zemi, podlaze nebo jiném nižším povrchu. Pády postihují 20–30 % osob ve věku 65–69 let a až 50 % osob nad 85 let, přičemž vyšší prevalence pádů je u žen (Topinková, 2005).

WHO (2007) dělí rizikové faktory vzniku pádu do čtyř skupin:

- a) **Biologické rizikové faktory** – tyto faktory nelze ovlivnit. Patří mezi ně například věk (a s ním související involuční změny), pohlaví, rasa, chronická onemocnění, aj.
- b) **Behaviorální rizikové faktory** – zde patří faktory ovlivnitelné lidským rozhodnutím. Řadí se zde například užívání velkého množství léků, přemíra alkoholu, nedostatek fyzické aktivity či nevhodná obuv.
- c) **Enviromentální rizikové faktory** – tyto faktory zohledňují podmínky vnějšího prostředí ve vztahu k fyzickému stavu jedince. Řadí se zde například kluzká podlaha a schody, volně ležící koberečky či rohože, nedostatečné osvětlení, nerovný terén, aj.
- d) **Socioekonomické rizikové faktory** – faktory zohledňující sociální podmínky a ekonomický status jedince. Jedná se například o nízký starobní důchod, nízký stupeň vzdělání, nedostatek sociálního kontaktu, omezený přístup ke zdravotní a sociální péči, aj.

Interakce mezi jednotlivými skupinami rizikových faktorů násobí riziko pádu. Například ztráta svalové síly způsobená nedostatkem fyzické aktivity ve vysokém věku vede ke snížení funkce a zvýšení křehkosti seniora. Tato skutečnost v kombinaci s rizikově uspořádaným domácím prostředím zvyšuje potenciální hrozbu pádu. Jako jeden z rizikových faktorů lze považovat i strach z pádu v důsledku předchozí zkušenosti s pádem (WHO, 2007).

Instabilita a pády patří mezi geriatrické syndromy. Příčiny pádů mohou být různé, pro stáří je typická multifaktoriální etiologie. Dle Topinkové (2005) lze pády dle etiologie dělit na:

### **1) pády z vnitřních příčin**

- kardiovaskulární postižení (např. synkopa, vertebrobazilární insuficience, ortostatická hypotenze, hypersenzitivita karotického sinu);
- neuromotorické poruchy (např. periferní neuropatie, poruchy propiocepce, Parkinsonova choroba);
- psychiatrická onemocnění (např. poruchy pozornosti, demence, deprese);
- onemocnění pohybového systému (např. osteoporóza, artróza);
- poruchy sluchu a vestibulárních funkcí (např. vertigo, Ménièreova choroba);
- poruchy zraku (např. porucha zrakové ostrosti, katarakta, glaukom).

### **2) pády z vnějších příčin**

- nevhodné vybavení bytu (např. špatné osvětlení, kluzká podlaha);
- nevhodná obuv a oblečení;
- absence kompenzačních pomůcek pro zajištění bezpečnosti chůze.

## **2.3.2 Důsledky pádů**

U 10–15 % pacientů dochází v důsledku pádu k poranění měkkých tkání a je potřeba ošetření lékaře. V 3–5 % případů bývá následkem pádu fraktura. Nejčastější jsou zlomeniny krčku femuru, Collesovy zlomeniny, zlomeniny humeru a kompresivní zlomeniny obratle. Častá jsou také poranění hlavy, popáleniny, opařeniny a kontuze měkkých tkání a kostrče. U 1–3 % osob je nutná hospitalizace (Růžička, Kalvach, Lischkeová, Rychlý, & Vrabc, 2004; Topinková, 2005).

Pád je často provázen nemožností vstát, což ohrožuje jedince podchlazením. Opakované pády mohou vyvolat úzkosti a deprese a následné omezení denních aktivit z důvodu strachu z pádu. Ztráta soběstačnosti a autonomie jakožto důsledku opakujících se pádů je jedním z nejčastějších důvodů umístění seniora do trvalé ústavní péče (Růžička et al., 2004).

Při dlouhodobé imobilitě hrozí starším osobám více než jiným věkovým kategoriím rozvoj imobilizačního syndromu, který zahrnuje několik možných důsledků: ztráta kardiovaskulární rezervy, trombembolické komplikace, ortostatická hypotenze, hypoventilace s rizikem rozvoje bronchopneumonie, vznik dekubitů, porucha vyprazdňování, inkontinence moči, urychlení vzniku osteoporózy, úbytek svalové hmoty s poklesem svalové síly, omezení kloubní pohyblivosti, porucha koordinace, psychické poruchy (především deprese a deprivace), dehydratace a malnutrice (Kalvach & Matouš, 2004).

### **2.3.3 Prevence pádů**

WHO (2017) uvádí, že je potřeba, aby strategie pro prevenci pádů byla komplexní a mnohostranná. Jednu z prioritních rolí by měl mít výzkum v oblasti veřejného zdraví s cílem stanovení hlavních problémů, definování nových rizikových faktorů a podpory využívání již známých efektivních preventivních opatření.

Primární prevence zahrnuje intervence, které vedou ke snížení rizika vzniku choroby. V případě vzniku instability a pádů se jedná především o pravidelnou pohybovou aktivitu se zaměřením na dosažení co možná nejvyšší fyzické zdatnosti, posilování svalstva dolních končetin a udržení kloubní pohyblivosti. V rámci sekundární a terciární prevence jde především o snahu zlepšení prognózy u preklinických stádií choroby či zabránění vzniku progresu choroby pomocí časného vyhledání terapeutické pomoci a nastavení režimových opatření. Vztaženo k pádům u osob staršího věku se jedná o vyhledání odborné pomoci již při prvních náznacích nejistoty při stožení či chůzi a vytvoření rehabilitačního plánu dle potřeb seniora (Klán & Topinková, 2003).

WHO (2017) navrhuje v rámci prevence několik opatření, která mohou pomoci zmírnit či odstranit rizika vedoucí k pádu a snížit počet pádů starších osob: screening domácího prostředí a jeho případné úpravy, úprava medikace (např. léčba nízkého tlaku, suplementace vitamínu D a kalcia, korekce zraku, aj.), předpis vhodných kompenzačních pomůcek, individuální cvičební plán doporučený fyzioterapeutem zaměřený na zvýšení svalové síly dolních končetin a trénink rovnováhy, skupinová cvičení (např. taichi), skupinové vzdělávací programy zaměřené na prevenci pádu, popřípadě použití chráničů na oblast kyčelního kloubu (např. u jedinců trpících osteoporózou, u kterých již byly zaznamenány pády nebo inklinují k pádu apod.).

### **3 KOGNITIVNÍ PROCESY V KONTEXTU POSTURÁLNÍ KONTROLY**

Kognitivní neboli poznávací funkce jsou k udržení stability velmi podstatné. Dokonce klidový stoj vyžaduje určitou formu kognitivního zpracování, což lze pozorovat na zvýšených reakčních časech na sluchový podnět u lidí stojících oproti těm, co sedí. Čím obtížnější je posturální úkol, tím více kognitivního zpracování vyžaduje a reakční čas je delší (Teasdale & Simoneau, 2001).

V kapitole budou podrobněji charakterizovány především kognitivní procesy, které jsou podstatné pro realizovaný výzkum, tedy pozornost a paměť, bude vysvětlena podstata exekutivních funkcí a zbývající podkapitoly budou věnovány zejména problematice duálních úloh.

#### **3.1 Charakteristika vybraných kognitivních procesů**

Kognitivní procesy označují řadu mentálních a intelektuálních schopností. Tyto schopnosti, mezi které patří například vnímání, paměť, řeč nebo usuzování, jsou vázány na funkci mozkové kůry. Pomocí kognitivních funkcí člověk především poznává okolní svět a sám sebe. Jedinec pomocí těchto dějů získává informace, uchovává je a zpracovává. Poznávací procesy však hrají svou roli také v mnoha dalších situacích jako je řízení činností, komunikace s okolím, uvědomění si emocí, řešení konfliktů, rozhodování či realizace vytyčených cílů (Juklová, 2010; Preiss & Kučerová, 2006).

Jednotlivé poznávací procesy se vzájemně sdružují v tzv. kognitivní systém, který zahrnuje (Juklová, 2010):

- vnímání,
- paměť,
- učení,
- představivost a fantazii,
- myšlení a řeč,
- pozornost.



Proces *vnímání* je základním předpokladem života. Pomocí smyslového poznávání si organismus tvoří specifický obraz svého životního prostředí a situace, ve které se nachází, což zásadně ovlivňuje účelné řízení chování (například vyhýbání se škodlivým stimulům). Nejedná se však pouze o vztah k prostředí a o děje odehrávající se vně subjektu. V obsahu vnímání vystupuje také vnitřní prostředí, tedy vlastní stavy a děje, které se odehrávají uvnitř subjektu samotného (Nakonečný, 1998).

Zatímco vjemy mají periferní původ v činnosti smyslových orgánů, *představy a fantazie* jsou původu centrálního. Díky představivosti je psychika způsobilá vyvolat v mysli objekt, který již byl někdy vnímán, ale aktuálně vnímán není. Představivost v tomto významu úzce souvisí s pamětí, a nazývá se proto představivost paměťová. Mozek je však způsobilý k tomu, vytvářet psychické reprezentace i zcela nové. Tyto procesy transformují a dotvářejí to, co již někdy bylo vnímáno a dovádějí věci do jiných podob a souvislostí. Představivost v tomto smyslu je činností nikoliv reproduktivní ale tvořivou a nazývá se představivost fantazijní (Helus, 2018; Juklová, 2010).

S pamětí také velmi úzce souvisí proces *učení*. Člověk má pomocí učení možnost úmyslně si zapamatovat to, co má pro něj určitý význam, to, co potřebuje pro splnění úkolů (např. složení zkoušky), co potřebuje pro svou životní praxi (v rámci zaměstnání) nebo to, co se vztahuje k jeho zájmům. V těchto případech se jedná o záměrné zapamatování, to znamená úmyslné učení. Pomocí úmyslného učení si lze zapamatovat slovy formulovaná fakta a poučky (verbální učení), obrazy (ikonická paměť) nebo osvojit určité pohybové dovednosti (senzomotorické učení). Učení probíhá ale i bezděčně v každodenním životě (Nakonečný, 1998).

*Myšlení* představuje vyšší úroveň operování s psychickými obsahy. Pomocí myšlení lze aktivně zpracovávat a třídit informace, odhalovat a analyzovat či syntetizovat souvislosti, rozhodovat se, usuzovat, hledat řešení a objevovat nové vlastnosti a vztahy. Myšlení se opírá o jazyk, který je nezbytným předpokladem plného rozvinutí možností myšlení (Helus, 2018; Nakonečný, 1998; Preiss & Kučerová, 2006).

### **3.1.1 Pozornost**

Následující kapitola je věnována především teoretickému vymezení pozornosti. Pozornosti ve vztahu k duálním úlohám je dán prostor v kapitole Význam multi task a dual task v rehabilitaci (kapitola 3.3).

Pozornost je schopnost uvědomovat si vnitřní a vnější podněty (Preiss & Kučerová, 2006). Je to psychický stav, který po určitou dobu zajišťuje soustředění člověka na daný podnět či jev. Fylogeneticky vyplývá z potřeby bezpečí a jistoty, ale je podmíněná také potřebou orientace v prostředí a zvědavostí (Juklová, 2010).

Pozornost lze dělit na záměrnou a bezděčnou (nezáměrnou, spontánní). Záměrná pozornost je spojena s vůlí, kdy je člověk rozhodnut se na určitou věc soustředit a vynakládá úsilí v soustředění vytrvat. Bezděčná pozornost je orientována na jevy, které člověka z nějakého důvodu automaticky zaujaly, aniž by zamýšlel je sledovat (Helus, 2018; Juklová, 2010).

Množství informací, které je jedinec schopen přijímat, je velmi individuální. Každá vykonávaná činnost zabírá určitý podíl kapacity, aby mohla být zpracována. Pokud jsou tedy současně prováděny dva a více úkolů ve stejném čase, a dojde tím k překročení kapacity, zhorší se provedení alespoň jednoho z úkolů (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Procesy pozornosti jsou charakteristické několika znaky (Helus, 2018; Juklová, 2010; Preiss & Kučerová, 2006; Shumway-Cook & Woollacott, 2012; Švingalová, 1998):

- **zaměřenost** (koncentrace) – souvisí s objektem pozornosti, pozornost upoutává to, co jedinec potřebuje a co jej zajímá, tato vlastnost umožňuje zaměřit pozornost na určitý jev po danou dobu;
- **výběrovost (selektivita)** – schopnost upřednostňovat určité podněty před jinými;
- **přenášení (vigilita)** – schopnost přenášet pozornost z jednoho podnětu na druhý;
- **tenacita** – schopnost udržet pozornost po určitou dobu, většinou 10 až 30 minut, po této době pozornost přirozeně kolísá;
- **rozdělení (distribuce)** – umožňuje soustředění pozornosti na více podnětů současně (tzv. rozdělená pozornost);
- **rozsah (kapacita)** – je množství podnětů, které je jedinec současně schopen vnímat.

Kvalita pozornosti je velmi individuální a ovlivňuje ji několik faktorů. Mezi hlavní objektivní faktory patří vlastnosti podnětů (například velikost, kontrast, intenzita barev) a kognitivní faktory, které mohou působit jak pozitivně, tak negativně. Pozitivní vliv má například snadná identifikace podnětu a porozumění situaci. Monotónnost podnětů působí naopak negativně. Kvalitu pozornostních procesů ovlivňují také subjektivní faktory jednotlivců. Mezi hlavní faktory se řadí vrozené předpoklady (vyšší nervová činnost), věk, motivace, aktuální stav (potřeby, postoje), osobní zkušenost (zvyky, minulé emoční prožitky), únava a vyčerpání (Juklová, 2010).

### **3.1.2 Paměť**

Paměť je kognitivní funkce, která umožňuje uchování zkušeností a informací a jejich následné vybavení. Paměť má tři na sebe navazující fáze: vstípení (kódování), uchování informací v paměti (retence) a vybavování (reprodukce). V závislosti na době, po kterou jsou informace uchovávány, lze paměť rozdělit na paměť senzorickou, krátkodobou a dlouhodobou. Podle převládajícího analyzátoru lze rozlišovat paměť vizuální, auditivní, čichovou, chuťovou, motorickou, haptickou a smíšenou (Hartl, 1993; Juklová, 2010).

#### **Senzorická (ultrakrátkodobá) paměť**

Senzorická paměť uchovává informace z našich smyslů po velmi krátkou dobu, zpravidla v řádech sekund (u vizuálních informací méně než jednu sekundu, u sluchových informací i několik sekund). V tomto krátkém časovém intervalu se rozhoduje, které informace jsou důležité a uchovají se v krátkodobé paměti, a které budou zapomenuty (Juklová, 2010).

#### **Krátkodobá (pracovní) paměť**

Pomocí krátkodobé paměti lze uchovat informace přibližně 15 až 30 sekund. Kapacita systému se pohybuje mezi 5 až 9 informačními jednotkami bez ohledu na jejich rozsah. Člověk je tedy schopen pamatovat si seznam většího počtu slov, avšak za předpokladu, že si tato slova seskupí do 5 až 9 smysluplných celků (Plháková, 2004). Jedním ze způsobů, jak zvýšit kapacitu krátkodobé paměti jsou mnemotechnické pomůcky (Juklová, 2010).

Baddeley (1983) vymyslel koncept dělení krátkodobé, respektive pracovní, paměti na tři základní mechanismy:

- fonologická smyčka – dočasně ukládá verbální i zvukové neverbální informace;
- vizuoprostorový náčrtník – dočasně ukládá vizuálně prostorové informace;
- centrální operační jednotka – třídí a specifikuje krátkodobé informace.

Někteří autoři rozlišují mezi krátkodobou a pracovní pamětí. Nath a Szücs (2016) uvádějí, že krátkodobá paměť obsahuje pouze zpětné vybavování (angl. recall), kdežto pracovní paměť je komplexnější proces a mimo vybavování zde mají roli také exekutivní funkce jako je například kontrolovaná pozornost.

### **Dlouhodobá paměť**

Dlouhodobá paměť je systém s prakticky neomezenou kapacitou, jež umožňuje uchovávat uložené informace po velmi dlouhou dobu, některé z nich i celoživotně. Do dlouhodobé paměti se ukládají informace, které jsou vnímány nejen prostřednictvím smyslů, ale také obsahy z vnitřních zdrojů (myšlenky, emoce, představy, sny). Ukládání může probíhat záměrně či bezděčně (Juklová, 2010; Nakonečný, 1998).

Kvalitu paměťových procesů ovlivňuje množství faktorů. Patří mezi ně především (Juklová, 2010):

- a) **tělesný stav organismu** – únava, stárnutí, chorobné procesy zejména mozkové tkáně;
- b) **psychický stav** – stav ostatních psychických funkcí, především ostatních kognitivních funkcí;
- c) **vnější okolnosti** – časové cykly (den a noc), roční období, atmosférické vlivy, sociální faktory (např. obecně platné postoje, tlak skupiny);
- d) **vlastnosti informací určených k zapamatování** – rozsah a charakter informací, možnost propojení jednotlivých informací, časový interval, který je k dispozici pro osvojení atd.

## 3.2 Exekutivní funkce

Exekutivní neboli výkonné funkce lze chápat jako kontrolní mechanismy, které zodpovídají za plánování, skládání, koordinování, časování a monitorování kognitivních operací (Preiss & Kučerová, 2006). Lezak (1995) dělí exekutivní funkce na čtyři složky: vůle, plánování, účelné jednání a efektivní provedení (monitorování prováděné činnosti).

Exekutivní funkce využívají informace z mnoha kortikálních senzoričtých systémů, dále je modifikují a ovlivňují lidské chování. Jsou stěžejní pro efektivitu cílených činností a kontrolu zdrojů pozornosti. Exekutivní funkce lze chápat jako nadřazené funkcím kognitivním. Výkonné procesy rozhodují o tom, zda se daná aktivita uskuteční či nikoliv, zatímco kognitivní funkce dále specifikují, co přesně se bude dělat (Preiss & Kučerová, 2006). Neurofyziologické studie zabývající se touto problematikou poukazují na pokles efektivity exekutivních procesů u „zdravých“ seniorů, tedy u těch, kteří se neléčí na onemocnění, která by mohla s omezením funkce systému souviset. Důsledkem mohou být potíže s řešením úkolů, jež vyžadují flexibilitu kognitivního systému (například přenášení pozornosti), snížená schopnost ovlivňovat reakce (angl. impaired response inhibition) nebo snížená schopnost kreativního myšlení (Dorfman, 1998). Úbytek funkčnosti exekutivního systému může mít vlivem sníženého sebeuvědomění v prostoru dopad také na bezpečnost či efektivitu chůze a následné zvýšené riziko pádu (van Iersel, 2006).

## 3.3 Význam multi task a dual task v rehabilitaci

Multitasking lze chápat jako schopnost provádět dva a více úkolů současně prostřednictvím rozdělení pozornosti. Za normálních okolností je člověk schopen plnit motorický úkol a zároveň zapojit kognitivní funkce. Například zdraví lidé mohou většinou bez problému řídit auto a současně vést konverzaci či poslouchat hudbu (Goldstein, 2011; Haggard, 2000).

Nejjednodušší variantou multi task je „dual task“. Dual task je anglický termín, který se do češtiny přenesl pod pojmem „duální úkol“, méně často také jako „dvojí úkol“. Fraser a Li (2012) charakterizují duální úlohu jako souběžné vykonávání dvou činností (činnosti A a činnosti B). Oproti tomu tzv. „single task“ vyžaduje konání pouze jedné činnosti (buď činnosti A nebo činnosti B).

Duální úlohy lze rozdělit do dvou hlavních skupin (An et al., 2014):

1. **motorické duální úlohy** – jsou charakteristické kombinací posturálně náročné pozice a motorické činnosti;
2. **kognitivní duální úlohy** – vyžadují současné vykonávání posturálně náročného úkolu a úkolu kognitivního.

Duální úlohy nacházejí v posledních dvou dekadách své uplatnění především ve výzkumech zjišťujících roli kognice v udržování posturální stability nebo testujících míru pozornosti potřebnou k určité posturální situaci, například k chůzi (Yogev-Seligmann et al., 2008). I v rehabilitaci si postupně nachází své místo. V posledních letech je prosazován trénink posturálních funkcí v kombinaci s kognitivním úkolem stejně tak, jako to mnohdy vyžadují každodenní aktivity. Nácvik multitaskingu se využívá například u neurologických pacientů k trénování motorické kontroly (An et al., 2014).

Výzkumy zabývající se kombinací kognitivních a motorických úloh obvykle využívají zvyšování nároků na kapacitu pozornosti a schopnosti rozdělit pozornost. Otázkou je, kolik z kapacity pozornosti jednotlivé motorické a kognitivní činnosti potřebují, a zda nejsou některé z nich natolik zautomatizované, že využívají jen velmi malou část kapacity pozornosti, nebo dokonce nepotřebují pozornost žádnou (Yogev-Seligmann et al., 2008). Schmidt a Lee (2011) uvádějí, že pokud lze provádět dva úkoly najednou na stejné úrovni, jako když jsou prováděny individuálně, minimálně jeden z nich nevyžaduje naši pozornost. Na druhou stranu, pokud se úroveň úkolu při kombinaci s jiným úkolem zhorší, je pravděpodobné, že oba z úkolů vyžadují alespoň část naší pozornosti.

Shiffrin a Schneider (1977) popsali souvislost tréninku jednotlivých činností se zvýšením schopnosti rozdělit pozornost. To znamená, že účastníci jejich studie byli schopni až po velkém počtu opakování (zautomatizování činností) schopni zkombinovat úkoly, které jim byly zadány. Goldstein (2011) na základě studie Shiffrina a Schneidera hovoří o „automatickém zpracování“, které probíhá samočinně bez potřeby pozornosti, tedy aniž by člověk na danou věc myslel. V běžném životě se vyskytuje řada činností, kterou člověk provádí, aniž by dané věci věnoval pozornost – například vypnutí spotřebičů či zamykání vstupních dveří. Následně si lze po odchodu z domu jen těžko rozpomenout, zda byly tyto činnosti vykonány. Dalším příkladem je psaní textových zpráv. Člověk věnuje pozornost obsahu textu, avšak motorická činnost prstů jako taková probíhá automaticky. Za určitých okolností se stává automatickým i řízení auta a rozdělení pozornosti není tolik složité, například na volné dálnici. Avšak zhuští-li se provoz nebo přijedeme-li ke složité křižovatce, je potřeba věnovat veškerou pozornost řízení. Častokrát ztišíme rádio a není již možné vést plynulou konverzaci. Složitější úkony, které nejsou trénované, a nejsou proto ani automatické a vyžadují vysoký stupeň soustředění a pozornosti, jsou zpracovány řízeně.

### **3.3.1 Prioritizování úkolů**

Souběžné provádění dvou a více úkolů, kterým je potřeba věnovat pozornost, může vyvolat konflikt. Dochází k „soupeření“ úkolů o podíl pozornosti a je potřeba rozhodnout, která z činností bude prioritní. Bloem, Valkenburg, Slabbekoorn, & van Dijk (2001) uvádějí, že zdraví mladí i starší dospělí přirozeně upřednostňují stabilitu chůze před splněním kognitivní úlohy, pokud nejsou instruováni k preferenci jedné či oné činnosti. Tato strategie jedince chrání před ztrátou stability a předchází potenciálnímu pádu. Upřednostňování stability před kognitivním úkolem poprvé popsali Shumway-Cook, Woollacott, Kerns a Baldwin (1997) a označili tento jev jako „posture first“ strategii. Avšak například u pacientů s Parkinsonovou nemocí se strategie „posture first“ nepotvrdila. Tito pacienti při duálním úkolu údajně upřednostňují kognitivní úlohu navzdory riziku ztráty stability (Bloem et al., 2001).

Nevhodně zvolené rozdělení pozornosti u každodenních duálních činností může být jedním z důvodů pádů u nestabilních seniorů (Chapman & Hollands, 2007). Jedna ze studií dokonce ukazuje lepší výsledek v kognitivní úloze během chůze u seniorů, kteří často padají oproti stabilním seniorům, což lze připisovat právě nevhodně zvolené „posture second“ strategii (Beauchet et al., 2007). Doumas, Smolders a Krampe (2008) toto tvrzení upřesňují. Výsledky jejich studie ukázaly, že pokud jsou posturální podmínky relativně stabilní, starší dospělí opravdu uvolní část kapacity pozornosti pro splnění kognitivního úkolu i navzdory tomu, že nastává riziko mírného zhoršení jejich stability. Avšak dojde-li ke ztížení podmínek u posturálního úkolu, velkou část kapacity pozornosti přebírají mechanismy podstatné pro zachování stability a plnění kognitivního úkolu se stává druhotným. Tímto způsobem upřednostnění posturální stability starší dospělí chrání svou stabilitu a předchází možnému vzniku pádu. Také Shumway-Cook et al. (1997) poukazují na skutečnost, že „posture first“ strategie platí především v posturálně složitých podmínkách, tedy když subjektu hrozí nebezpečí pádu či zranění (například chůze po ledě). To, v jaké míře kognitivní úkol ovlivní posturální stabilitu jedince, se odvíjí především od složitosti samotného úkolu, respektive od kapacity pozornosti, která je ke kognitivní činnosti potřebná.

### **3.3.2 Vizuálně prostorové a verbální úkoly**

Na tom, že řízení postury není zcela autonomní a nezávislé, a že vyžaduje značný podíl kognitivního zpracování, se vědecká sféra již shodla. Velký vliv na provedení duální úlohy má také obtížnost posturální situace a kognitivního úkolu. Není však zcela jasné, zda se na úspěšnosti duální úlohy odráží také charakter kognitivní úlohy. Nejvíce zkoumané jsou kognitivní úlohy zaměřené na prostorovou či vizuálně prostorovou paměť (angl. spatial/visual spatial tasks). Autoři Kerr, Condon a McDonald (1985) předpokládali, že jelikož je zrak důležitým systémem posturální kontroly a vizuálně prostorová představitost zahrnuje taktéž zrakový systém, měla by obtížná posturální situace interferovat s vizuálně prostorovým paměťovým úkolem, avšak nikoliv s úkolem zaměřeným na verbální paměť, u nějž je při řešení využíváno jiných zdrojů. Tato hypotéza se v jejich studii potvrdila. Účastníci vykazovali sníženou stabilitu při posturální situaci souběžně vykonávané s vizuálně prostorovým úkolem, avšak nikoliv s úkolem, který nezaměstnával vizuálně prostorovou paměť (angl. nonspatial task). Obdobný závěr popisují také Maylor a Wing (1996).



V novějších studiích se však potvrzuje interference s oběma typy kognitivních úloh, tedy jak s úlohami zaměřenými na vizuálně prostorovou paměť, tak s úlohami zaměřenými na jiný typ pracovní paměti. Rozdílná míra interference posturální situace s jednotlivými kognitivními úlohami je připisována především odlišným nárokům na kapacitu pozornosti (Dault, Frank, & Allard, 2001; Huxhold, Li, Schmiedek, & Lindenberger, 2006; Maylor, Allison, & Wing, 2001; Ramenzoni, Riley, Shockley, & Chiu, 2007). I když je zjevné, že určitý vliv na posturální stabilitu mají oba typy úloh, není zatím ujasněno, zda je tento vliv zcela rovnocenný (Maylor et al., 2001).

### **3.4 Vliv kognitivního úkolu na posturální stabilitu**

Výzkumy opakovaně ukazují, že přidáním kognitivní úlohy ke stojícímu rušenému vnějším podmínkami (ať už mechanicky či vizuálně, angl. *perturbed stance*) se výchyly stoje zvyšují. Snížení posturální stability je znatelné především u seniorů s poruchami rovnováhy (Brauer, Woollacott, & Shumway-Cook, 2001; Rapp, Krampe, & Baltes, 2006; Redfern, Jennings, Martin, & Furman, 2001; Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Shumway-Cook et al., 1997).

Při opačném pohledu na věc, tedy vlivu perturbovaného stoje na výsledek kognitivní úlohy, je popisováno snižování výsledku v kognitivní úloze (Andersson, Hagman, Talianzadeh, Svedberg, & Larsen, 2002; Brauer et al., 2001; Brown, Shumway-Cook, & Woollacott, 1999; Rapp et al., 2006; Shumway-Cook & Woollacott, 2000). Snížení výsledku kognitivní úlohy při duálních úlohách je nejvíce patrné u seniorů nebo u dospělých s poruchami rovnováhy ve srovnání s kontrolními skupinami zdravých mladých jedinců (Brauer et al., 2001; Brown et al., 1999; Rapp et al., 2006; Redfern, Talkowski, Jennings, & Furman, 2004; Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Teasdale, Bard, Larue, & Fleury, 1993). Tato skutečnost je pravděpodobně odrazem nižší psychomotorické kapacity seniorů a omezené schopnosti udržet rovnováhu při zvyšujících se nárocích na mechanismy posturální kontroly (Fraizer & Mitra, 2008).

Snižování výsledku v kognitivní úloze je popisováno i při klidovém nerušeném stojící, avšak projevuje se až při větších nárocích na udržení rovnováhy, například zúžením báze při stojící spojném (Mitra, 2003) nebo tandemovém stojící (Kerr et al., 1985).

Pokud jde o vliv kognitivní úlohy na úroveň posturální stability při klidovém stoji, studie v tomto případě ukazují rozličné výsledky ve smyslu snížení úrovně posturální stability (Marsh & Geel, 2000; Melzer, Benjuya, & Kaplanski, 2001, Mitra, 2003; Rapp et al., 2006; Shumway-Cook et al., 1997), zvýšení úrovně posturální stability (Dault et al., 2001; Deviterne, Gauchard, Jamet, Vançon, & Perrin, 2005; Siu & Woollacott, 2007), popřípadě neměnné úrovně posturální stability (VanderVelde, Woollacott, & Shumway-Cook, 2005; Teasdale et al., 1993). Huxhold et al. (2006) popisují změny úrovně posturální stability v závislosti na obtížnosti kognitivní úlohy. Při použití jednoduchého sekundárního kognitivního úkolu docházelo u měřených jedinců ke zvyšování posturální stability oproti situaci bez kognitivní úlohy. V případě složitějšího kognitivního úkolu, který vyžadoval více kapacity pozornosti, uvádějí autoři snížení úrovně posturální stability u starší skupiny testovaných, nikoliv však u mladých jedinců.

V již realizovaných studiích týkajících se duálních úloh je jednou z nejhojněji využívanou kognitivní úlohou odečítání čísel. Často se používá odečítání čísla 3 od libovolného trojciferného čísla (Brown et al., 1999; Kiss, Brueckner, & Muehlbauer, 2018; Pellecchia, 2010; Rankin, Woollacott, Shumway-Cook, & Brown, 2000). Některé studie používají tři úrovně obtížnosti v odečítání čísel – číslo 1 (nízká obtížnost), číslo 3 (střední obtížnost) a číslo 7 (vysoká obtížnost) (Qu, 2014; Swanenburg, de Bruin, Favero, Uebelhart, & Mulder, 2008). Dále je v rámci testování duálních úloh využíváno Stroopova testu a jeho modifikací (například slovo „žlutá“ vytisknuto červeně) (Melzer et al., 2001; Talarico et al., 2016), rozlišování vysokých a nízkých tónů (Brauer et al., 2001) nebo například hláskování slov pozpátku (An et al., 2014; Hollman, Kovash, Kubik, & Linbo, 2007). Yogeve-Seligmann et al. (2008) použili jako sekundární kognitivní úkol vyjmenovávání co největšího množství slov začínajících na zadané písmeno v určitém časovém limitu.

V rámci testování vizuálně prostorové paměti se u duálních úloh využívá Brooks' spatial memory task (Qu, 2014; Kerr et al., 1985; Maylor et al., 2001; Swan, Otani, Loubert, Sheffert, & Dunbar, 2004; Talarico et al., 2016), který byl zvolen také pro účely této práce a bude podrobně popsán v metodice výzkumu (kapitola 5). Autoři Dault et al. (2001) použili pro testování vizuálně prostorové paměti u duálních úloh modifikovanou verzi tzv. Manikin testu. Participantům je předveden obrázek panáčka, který drží v jedné ruce bílé a v druhé ruce černé kolečko. Úkolem testovaného je označit pomocí pojmů „levá“ či „pravá“ ruku, ve které panáček drží barvu kolečka danou testujícím, přičemž poloha panáčka se může měnit. Shumway-Cook et al. (1997) použili tzv. Judgement of Line Orientation test, který spočívá v přiřazování různě orientovaných přímek k sobě navzájem, čímž je opět testovaná především vizuálně prostorová složka paměti.

Při testování kognitivních duálních úloh se využívá širokého spektra sekundárních kognitivních úkolů. Rovněž jednotlivé posturální situace jsou proměnlivé (klidný versus perturbovaný stoj, stoj o úzké či široké bázi, tandemový stoj, aj.). Je poměrně obtížné najít určitý opakující se vzorec v metodikách daných výzkumů, protože kombinací jednotlivých různě obtížných posturálních situací a rozdílně náročných kognitivních úloh vzniká velké množství odlišných typů duálních úloh. V důsledku toho je problémové z výsledků studií zabývajících se touto problematikou vyvodit závěry, které by byly obecně platné.

## II VÝZKUMNÁ ČÁST

### 4 CÍLE VÝZKUMU, VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

#### 4.1 Cíle výzkumu

V rámci diplomové práce byly stanoveny dva hlavní cíle a jeden cíl vedlejší.

Prvním hlavním cílem práce je ověřit, zda existují rozdíly v úrovni posturální stability mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory a zda se tyto případné rozdíly prohlubují během duálních úkolů.

Druhým hlavním cílem práce je zjistit, zda je úroveň posturální stability během duálního úkolu ovlivněna typem kognitivního úkolu (kognitivní úkol zaměřený na verbální paměť versus kognitivní úkol zaměřený na vizuálně prostorovou paměť).

Vedlejším cílem práce je ověřit, zda existují rozdíly ve výsledku kognitivních úloh mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory a zda jsou tyto případné rozdíly zvýrazněny v případě provádění duálních úkolů.

#### 4.2 Výzkumné otázky a hypotézy

**VO1: Je úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců vyšší než u zdravých seniorů?**

H1a: Úroveň posturální stability při stoji o úzké bázi je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability zdravých seniorů.

H1b: Úroveň posturální stability při stoji tandemovém je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability zdravých seniorů.

**VO2: Je úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců během duálního úkolu vyšší než u zdravých seniorů?**

H2a: Úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců je ve všech měřených posturálně náročných situacích za současného provádění *Brooks' spatial memory task* statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

H2b: Úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců je ve všech měřených posturálně náročných situacích za současného provádění *Zapamatování řady slov* statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

**VO3: Je úroveň posturální stability u zdravých seniorů ovlivněna kognitivními úkoly více než u zdravých mladých jedinců?**

H3a: Rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění *Brooks' spatial memory task* je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl v úrovni posturální stability zdravých seniorů hodnocené za stejných podmínek.

H3b: Rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění *Zapamatování řady slov* je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl v úrovni posturální stability zdravých seniorů hodnocené za stejných podmínek.

**VO4: Je úroveň posturální stability ovlivněna typem kognitivního úkolu?**

H4a: Úroveň posturální stability je u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění kognitivního úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně nižší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

H4b: Úroveň posturální stability je u zdravých seniorů ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění kognitivního úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně nižší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

**VO5: Je výsledek v kognitivním úkolu vsedě u zdravých mladých jedinců vyšší než u zdravých seniorů?**

H5a: Výsledek v *Brooks' spatial memory task* zdravých mladých jedinců je bez posturálně náročné situace statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů.

H5b: Výsledek v *Zapamatování řady slov* zdravých mladých jedinců je bez posturálně náročné situace statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů.

**VO6: Je výsledek v kognitivním úkolu během duálního úkolu u zdravých mladých jedinců vyšší než u zdravých seniorů?**

H6a: Výsledek v *Brooks' spatial memory task* zdravých mladých jedinců je za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

H6b: Výsledek v *Zapamatování řady slov* zdravých mladých jedinců je za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

**VO7: Je výsledek v kognitivním úkolu u zdravých seniorů ovlivněn posturálně náročnými situacemi více než u zdravých mladých jedinců?**

H7a: Rozdíl mezi výsledkem v kognitivní úloze *Brooks' spatial memory task* hodnoceným bez současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a mezi výsledkem hodnoceným při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl ve výsledku *Brooks' spatial memory task* zdravých seniorů hodnoceném za stejných podmínek.

H7b: Rozdíl mezi výsledkem v kognitivní úloze *Zapamatování řady slov* hodnoceným bez současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a mezi výsledkem hodnoceným při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl ve výsledku *Zapamatování řady slov* zdravých seniorů hodnoceném za stejných podmínek.

**VO8: Je úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců ovlivněna kognitivními úkoly?**

H8a: Úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění *Brooks' spatial memory task* je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez *Brooks' spatial memory task*.

H8b: Úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálních situacích při současném provádění *Zapamatování řady slov* je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez *Zapamatování řady slov*.

**VO9: Je úroveň posturální stability u zdravých seniorů ovlivněna kognitivními úkoly?**

H9a: Úroveň posturální stability u zdravých seniorů ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění *Brooks' spatial memory task* je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez *Brooks' spatial memory task*.

H9b: Úroveň posturální stability u zdravých seniorů ve všech měřených posturálních situacích při současném provádění *Zapamatování řady slov* je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez *Zapamatování řady slov*.

**VO10: Je výsledek v kognitivních úlohách u zdravých mladých jedinců ovlivněn posturálně náročnou situací?**

H10a: Výsledek v *Brooks' spatial memory task* u zdravých mladých jedinců je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

H10b: Výsledek v *Zapamatování řady slov* u zdravých mladých jedinců je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

**VO11: Je výsledek v kognitivních úlohách u zdravých seniorů ovlivněn posturálně náročnou situací?**

H11a: Výsledek v *Brooks' spatial memory task* u zdravých seniorů je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

H11b: Výsledek v *Zapamatování řady slov* u zdravých seniorů je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

## 5 METODIKA VÝZKUMU

Následující kapitoly jsou věnovány popisu průběhu výzkumu a použitým výzkumným metodám.

### 5.1 Realizace výzkumu

Výzkum spadá pod projekt měření posturální stability při duálních úkolech u třech výzkumných souborů, konkrétně u zdravých mladých jedinců, zdravých seniorů a seniorů s poruchami rovnováhy. Na přípravě výzkumu se podílela vedoucí projektu Mgr. Mirka Musilová, Bc. Kristina Dobiášová a autorka práce. Před zahájením výzkumu bylo řešitelkami projektu provedeno pilotní testování, na základě něhož byly vyladěny finální podmínky testování.

Výzkum byl realizován v laboratoři rovnováhy v prostorách Aplikačního centra BALUO na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci v období od června do listopadu 2019. Účastníci výzkumu byli nejdříve telefonicky či e-mailem informováni Bc. Kateřinou Staňkovou o účelech výzkumu, o jeho přibližném průběhu a časové náročnosti. Souhlasili-li oslovení se vstupem do výzkumu, byl domluven čas a datum měření vyhovující oběma stranám.

Před samotným měřením byly každému účastníkovi podány informace o výzkumu a následně byl podrobně vysvětlen průběh měření.

Měření bylo jednorázové a mělo vždy stejný průběh: odběr anamnestických dat, zácvik pro měření posturálních situací na silové plošině, ostré testování posturálních situací, zácvik prvního kognitivního úkolu, ostré testování prvního kognitivního úkolu, ostré testování duálních úloh, odpočinek, zácvik druhého kognitivního úkolu, ostré testování druhého kognitivního úkolu, ostré testování duálních úloh. Odběr anamnestických dat byl zařazen především z důvodu rozhodnutí o zařazení či vyřazení účastníka do výzkumu na základě stanovených kritérií pro tento výzkum.

### 5.2 Popis použitých metod

Data byla sbírána pomocí následujících klinických a přístrojových metod:

- odběr anamnestických dat,
- měření posturální stability na silové plošině,



- kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task a Zapamatování řady slov.

Jednotlivé duální úlohy byly vytvořeny kombinací posturálně náročných situací a kognitivních úloh.

### **5.2.1 Odběr anamnestických dat**

Pro odběr anamnézy byl řešitelkami projektu vytvořen anamnestický dotazník (Příloha 1) se zaměřením na aspekty podstatné pro daný výzkum. Anamnéza byla odebírána vždy před začátkem samotného testování. Úvodem bylo účastníkovi položeno několik kontrolních otázek, které pomohly stanovit, zda je pro výzkum vhodným adeptem. Dále byla odebrána sociální a osobní anamnéza (např. stupeň dosaženého vzdělání, aktuální a předchozí zaměstnání, pohybová aktivita, úrazy a onemocnění, užívané léky, aj.). Odběr anamnestických dat byl doplněn o orientační vyšetření rovnováhy pomocí dvou klinických zkoušek (výdrž po dobu 1 minuty v Rombergově stoji II a tandemovém stoji), jejichž splnění bylo podmínkou pro realizaci měření. Výsledek zkoušek byl do dotazníku zaznačen formou splnil/nesplnil.

### **5.2.2 Měření posturální stability**

Pro měření posturální stability byla použita silová plošina Kistler (typ 9286 AA, Kistler Instrumente AG, Winterhur, Švýcarsko). Data byla zaznamenána pomocí softwaru BioWare (verze 5.3.0.7, Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švýcarsko). Nejdříve byla data přefiltrována obousměrným Butterworthovým filtrem čtvrtého řádu s nízkofrekvenční propustí s hraniční frekvencí 10 Hz. Ze souřadnic COP byly následně vypočítány následující parametry: směrodatné odchylky polohy COP v anteroposteriorním (sway AP) a mediolaterálním (sway ML) směru, dále průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním (V AP) a mediolaterálním (V ML) směru a celková rychlost pohybu COP (V). Zpracování dat proběhlo v prostředí softwaru Matlab (R2018b, Mathworks, Inc., Natick, MA, USA).

### 5.2.3 Kognitivní úlohy

Pro měření byly vybrány dva typy kognitivních úloh, přičemž každá z úloh byla zaměřena na testování jiné složky paměti. První z úloh je soustředěna především na paměť vizuálně prostorovou a druhá kognitivní úloha se zaměřuje na testování verbální paměti.

#### Brooks' spatial memory task

Brooks' spatial memory task je test zaměřený na testování vizuálně prostorové složky paměti. Pro účely tohoto výzkumu byla využita verze testu představená autory Maylor et al. (2001), která je postavena na základech původní verze testu (Brooks, 1967).

Úkolem participanta bylo doplnit do mřížky o čtyřech sloupcích a čtyřech řádcích (Obrázek 3) číslice 1–8 (resp. 2–8) dle instrukcí zadaných z nahrávky. Číslice 1 byla v tabulce již předtištěná a byla umístěna vždy v druhém řádku a druhém sloupci. První instrukce zněla: „První číslice, kterou umístíte do mřížky, je 1. Číslo 1 leží ve druhém řádku a druhém sloupci.“ Další instrukce zněla: „Do dalšího čtverce vpravo/vlevo/nahoru/dolů umístíte 2.“ Instrukce vpravo, vlevo, nahoru, dolů byly zvoleny náhodně výzkumníky pod podmínkou, že číslo nebude umístěno mimo vyznačenou mřížku. Vždy před spuštěním testování byla probandovi mřížka o políčkách 4x4 ukázána na několik sekund, avšak během samotného testování proband mřížku neviděl, a byl tak nucen si mřížku po dobu nahrávky pouze představovat. Číslo bylo možné do tabulky doplnit až po skončení nahrávky.

Response sheet

	1		

Obrázek 3. Záznamový arch pro Brooks' spatial memory task (Maylor et al., 2001).

Příklad zadání a správného vyplnění tabulky Brooks' spatial memory task (Obrázek 4):

- „Představte si mřížku o čtyřech sloupcích a čtyřech řádcích. První číslice, kterou umístíte do mřížky je 1. Číslo 1 leží ve druhém řádku a druhém sloupci.“
- Do dalšího čtverce vpravo dejte 2.

- *Do dalšího čtverce dolů dejte 3.*
- *Do dalšího čtverce vlevo dejte 4.*
- *Do dalšího čtverce vlevo dejte 5.*
- *Do dalšího čtverce nahoru dejte 6.*
- *Do dalšího čtverce nahoru dejte 7.*
- *Do dalšího čtverce vpravo dejte 8.“*

7	8		
6	<b>1</b>	2	
5	4	3	

Obrázek 4. Příklad řešení Brooks' spatial memory task. Čísla, která proband musel doplnit dle instrukcí, jsou zaznačena šedou barvou.

Pro vyhodnocení kognitivní úlohy bylo zvoleno bodové hodnocení na škále 0–7 bodů. Hodnocena byla správnost umístění čísla v mřížce (0,5 bodu), a také splnění instrukce „vpravo, vlevo, nahoru, dolů“ vzhledem k předchozímu číslu (0,5 bodu).

Tato forma hodnocení byla zvolena především z důvodu, že se při pilotním testování projevila problematika chyby již v začátku úkolu (například u čísla 2), a poté již všechna čísla neseseděla polohou, avšak instrukce byly většinou splněny. Jako druhý problém se ukázaly případy, ve kterých proband naopak zapomněl některé z instrukcí, ale pamatoval si polohu určitých čísel (například číslo 8 v levém dolním rohu). V tomto případě tedy naopak poloha některých čísel byla správná, avšak neseseděly instrukce „vpravo, vlevo, nahoru, dolů“. Vzhledem k tomu, že při obou „typech chyb“ nebyl porušen účel použití této kognitivní úlohy, jímž je „představování si něčeho“, v tomto případě představování si tabulky s čísly, byl zvolen takový způsob hodnocení, který zamezil získání nulového počtu bodů v případech, kdy určité části úlohy byly splněny správně.

Každá z číslic byla tedy hodnocena jedním bodem, bylo-li její umístění v mřížce správné a byla-li rovněž splněna instrukce vzhledem k předchozímu číslu v tabulce. Číslo 1 bylo vždy v tabulce předtištěno, proband mohl získat tedy maximálně 7 bodů za zbývajících sedm číslic doplněných do tabulky.

### **Zapamatování řady slov**

Jako druhý kognitivní úkol bylo zvoleno Zapamatování řady slov, jež se zaměřuje především na verbální složku paměti. Proband nyní nebyl nucen k představování si, musel si pouze pamatovat to, co slyší z nahrávky.

Pro testování Zapamatování řady slov byla zvolena řada přídavných jmen. Na základě několika pokusných testování úlohy u různých věkových kategorií byl řešitelkami projektu zvolen konečný počet adjektiv – šest.

Jednotlivé řady adjektiv byly sestaveny řešitelkami projektu pouze pro účely tohoto výzkumu. Slova byla seskupena s cílem rovnoměrného rozložení délky slov (resp. počtu slabik) a se snahou zamezit možnostem tvorby asociací mezi jednotlivými slovy.

Příklady zadání Zapamatování řady slov (adjektiv):

- Varianta a: *krémový, moudrý, dřevěný, suchý, mrzutý, zmrzlý.*
- Varianta b: *pečený, světlý, šťastný, rázný, prkenný, vzácný.*

Zapamatování, resp. zpětné vybavování řady slov nebo číslic je poměrně snadný a rychlý způsob testování paměti používaný v řadě studií. Například ve studii autorů Santos-Galduróz, Oliveira, Galduróz, & Bueno (2009) bylo pro testování paměti zvoleno patnáct slov, avšak autoři nehodnotili správnost pořadí jednotlivých slov.

Pro tento výzkum byl vybrán menší počet slov z několika důvodů. Hlavním důvodem byla příliš velká obtížnost kognitivní úlohy při velkém počtu slov pro nejstarší seniory. Druhým důvodem byl omezený časový limit testování daný posturálně náročnou situací (30 sekund). Avšak hodnoceno bylo také pořadí jednotlivých slov pro odlišení i malých rozdílů mezi jednotlivci. V rámci vyhodnocení kognitivní úlohy bylo zvoleno bodové hodnocení na škále 0–6 bodů. Bodovaná byla správnost zapamatovaného slova (0,5 bodu) a správné pořadí daného slova (0,5 bodu). Za každé slovo bylo tedy možné získat 1 bod.

### **Komentář ke kognitivním úlohám**

Podmínky testování kognitivních úloh byly upravovány do finální podoby na základě zkušeností z pilotního testování u různých věkových kategorií. Vzhledem k tomu, že metodika je stavěna pro testování několika velmi odlišných výzkumných souborů (viz kapitola 5.1 Realizace výzkumu), muselo být zadání kognitivních úloh voleno motivačně pro potencionálně nejsilnější i potencionálně nejslabší testovanou skupinu – tedy takové zadání, které nebude pro „nejsilnější“ skupinu příliš jednoduché, ale zároveň bude alespoň částečně splnitelné pro skupinu „nejslabší“. Na základě několika pokusných testování bylo zvoleno právě osm číslic v rámci kognitivní úlohy Brooks‘ spatial memory task (dle původního plánu) a šest slov v rámci kognitivní úlohy Zapamatování řady slov (původně plánováno osm slov).

## **5.3 Etické aspekty výzkumu**

Testování probíhalo v samostatné místnosti se zajištěním klidu a soukromí a jeho celková doba nepřesáhla 75 minut. Participanti byli srozuměni s tím, že účast ve výzkumu je zcela dobrovolná, a že svou účast mohou kdykoliv přerušit či ukončit. Byla zdůrazněná anonymita všech získaných dat. Svůj souhlas stvrdili podepsáním informovaného souhlasu.

Součástí výzkumu nebyly žádné invazivní metodiky a nebyly využívány přístroje, jež by vyžadovaly bezpečnostní certifikáty. Realizace výzkumu nebyla spojena s žádnými riziky, a to ani pro účastníky výzkumu, ani pro výzkumníky. Při vyhodnocování dat byla zajištěna anonymita všech participantů.

Etická komise FTK UP neshledala u předloženého projektu žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky. Realizace výzkumu byla schválena Etickou komisí FTK UP dne 21. 12. 2018.

Pro realizaci výzkumu byly vyčleněny finanční prostředky, které byly rozděleny skupině seniorů. Většina seniorů pocházela z Olomouckého kraje, nikoliv však z města Olomouce, kde byl výzkum realizován. Jako kompenzaci za čas strávený nejen samotným měřením, ale také za čas strávený dopravením se na místo testování, byla přidělena každému seniorovi finanční odměna 200 Kč.

## 5.4 Průběh měření

Pro měření byl stanoven harmonogram, který byl stejný pro všechny účastníky výzkumu:

1. Přípravná a instruktážní část, podepsání informovaného souhlasu.
2. Odběr anamnestických dat.
3. **Testování posturálně náročných situací:**
  - a) Instruktáž a zácvik měření rovnováhy na silové plošině – názorná ukázka tří typů stoje, vyzkoušení měřených typů stoje nanečisto účastníkem výzkumu.
  - b) Ostré testování posturálně náročných situací (bez kognitivního úkolu).
4. **Testování prvního kognitivního úkolu** (Brooks' spatial memory task):
  - a) Instruktáž a zácvik kognitivního úkolu – vyzkoušení nanečisto účastníkem výzkumu.
  - b) Ostré testování kognitivního úkolu vsedě (bez posturálně náročné situace).
5. **Testování duálních úloh I** (posturálně náročné situace + první kognitivní úkol) – ostré testování.
6. Odpočinek (3 minuty, probandovi bylo umožněno změnit polohu – například projít se po místnosti).
7. **Testování druhého kognitivního úkolu** (Zapamatování řady slov):
  - a) Instruktáž a zácvik kognitivního úkolu – vyzkoušení nanečisto účastníkem výzkumu.
  - b) Ostré testování kognitivního úkolu vsedě (bez posturálně náročné situace).
8. **Testování duálních úloh II** (posturálně náročné situace + druhý kognitivní úkol) – ostré testování.
9. Rozloučení se s participantem. Záznam a uložení všech naměřených hodnot.

## I. Testování posturálně náročných situací (ad 3.)

### a) Specifikace posturálně náročných situací

Posturálně náročné situace se u jednotlivých výzkumných souborů lišily. U zdravých mladých jedinců byl testován **stoj o úzké bázi, tandemový stoj a stoj na jedné dolní končetině (stoj na 1 DK)**. V případě stoje o úzké bázi musely být vnitřní hrany chodidel vzájemně v kontaktu. U tandemového stoje byla chodidla paralelně za sebou, přičemž pata jedné nohy se dotýkala špičky druhé nohy. Volba umístění chodidel levá versus pravá byla ponechána na participantovi, přičemž zvolená preference umístění chodidel musela být poté zachována ve všech testovacích situacích (například zvolil-li si participant umístění levého chodidla vpředu a pravého chodidla vzadu, ostré testování probíhalo už vždy tímto způsobem). Stejně tomu bylo u stoje na jedné dolní končetině, kdy si proband po vyzkoušení obou stran při cvičném pokusu zvolil preferovanou dolní končetinu pro ostré testování.

U zdravých seniorů byl testován **stoj o široké bázi, stoj o úzké bázi a tandemový stoj**. Pro stoj o široké bázi byla zvolena vzdálenost chodidel od sebe 15 cm (Scoppa, Gallamini, Belloni, & Messina, 2017). Tato vzdálenost byla na silové plošině jasně vyznačena. Podmínky stoje o úzké bázi a tandemového stoje byly stanoveny stejným způsobem jako u skupiny zdravých mladých jedinců.

### b) Obecné instrukce a zásady měření posturální stability

Proband byl instruován postavit se celými plochami chodidel na plošinu a po dobu ostrého testování sledovat fixační bod na stěně (plný čtverec umístěný zhruba ve výšce očí, vzdálený přibližně 1,5 m). Dále byl testovaný instruován mít ruce spuštěné volně podél těla, nezadržovat dech a po testovaný čas nepokládat žádné otázky. Konečná instrukce před spuštěním měření zněla: „*Snažte se stát co nejklidněji.*“ U tandemového stoje byli participanti navíc upozorňováni, že by se neměla jejich kolena dotýkat, aby měření nebylo zkresleno. U stoje na jedné dolní končetině byli probandi instruováni ke zvednutí zvolené dolní končetiny nad podložku (zhruba 30 stupňů flexe v kyčli), přičemž bérce a akromiální kloub byly volně spuštěny dolů. Končetina se nesměla dotknout podložky po celou dobu měření.

Testování na silových plošinách probíhalo naboso. Doba měření jedné testovací situace činila 30 sekund.

## II. Testování prvního a druhého kognitivního úkolu (ad 4. a 7.)

Instruktaž a zácvik obou kognitivních úloh probíhal vsedě. U Brooks' spatial memory task byla nanečisto vyzkoušena verze mřížky s čísly 1–5 (u ostrého testování čísla 1–8). Při zácviku Zapamatování řady slov byla zvolena čtyři cvičná adjektiva (u ostrého testování šest adjektiv). Cvičné pokusy byly diktovány výzkumníkem. Ostré pokusy byly vždy puštěny z nahrávky a před spuštěním ostrého testování byla s probandem ověřena dostatečná hlasitost a srozumitelnost nahrávky.

## III. Testování duálních úloh (ad 5. a 8.)

Testovanému jedinci bylo po zaujetí dané polohy na silové plošině puštěno zadání kognitivního úkolu z nahrávky. Po zaznění pokynů: „*Konec měření. Prosím, sestupte z plošiny a zaznamenejte čísla/slova do archu.*“, jedinec sestoupil z plošiny a zapsal své odpovědi do záznamového archu, který byl připravený na stole přibližně 2 m od silové plošiny.

Kombinací jednotlivých posturálně náročných situací a dvou typů kognitivních úloh vzniklo celkem 11 testovacích situací (Tabulka 1 a 2). Každá z testovacích situací byla měřena dvakrát a pokusy byly následně zprůměrovány.

Tabulka 1. Přehled testovacích situací skupiny zdravých mladých jedinců.

POSTURÁLNĚ NÁROČNÁ SITUACE →	Bez posturálně náročné situace (sed)	Stoj o úzké bázi	Tandemový stoj	Stoj na jedné dolní končetině
KOGNITIVNÍ ÚKOL ↓				
Bez kognitivního úkolu	---	1. testovací situace	2. testovací situace	3. testovací situace
Brooks spatial memory task	4. testovací situace	5. testovací situace	6. testovací situace	7. testovací situace
Zopakování řady slov	8. testovací situace	9. testovací situace	10. testovací situace	11. testovací situace

Tabulka 2. Přehled testovacích situací skupiny zdravých seniorů.

POSTURÁLNĚ NÁROČNÁ SITUACE →	Bez posturálně náročné situace (sed)	Stoj o široké bázi	Stoj o úzké bázi	Tandemový stoj
KOGNITIVNÍ ÚKOL ↓				
Bez kognitivního úkolu	---	1. testovací situace	2. testovací situace	3. testovací situace
Brooks spatial memory task	4. testovací situace	5. testovací situace	6. testovací situace	7. testovací situace
Zopakování řady slov	8. testovací situace	9. testovací situace	10. testovací situace	11. testovací situace



## 5.5 Výzkumný soubor

Měření se původně účastnilo celkem 46 probandů. Tři probandi (ze skupiny zdravých seniorů) nebyli do konečného vzorku zařazeni na základě exkluzivních kritérií a dva probandi (jeden ze skupiny zdravých seniorů a jeden ze skupiny zdravých mladých jedinců) nebyli zařazeni z důvodu chyby v přepočtu dat. Konečný vzorek byl tvořen ze 41 probandů ve věkovém rozmezí 21–78 let.

Účastníci byli dle věku rozděleni do dvou skupin:

- Soubor zdravých mladých jedinců (dále soubor M), který byl tvořen z 23 účastníků ve věku 21–30 let. Věkový průměr ve skupině činil 24,4 let (se směrodatnou odchylkou 2,4). Soubor byl složen z 9 mužů a 14 žen.
- Soubor zdravých seniorů (dále soubor S) tvořený 18 účastníky ve věku 62–78 let. Věkový průměr ve skupině činil 68,7 let (se směrodatnou odchylkou 3,8). Soubor byl složen z 8 mužů a 10 žen.

Jedinci byli z výzkumu vyloučeni, nesplnili-li některou z následujících podmínek: požadované věkové rozmezí specifikované pro jednotlivé skupiny (20–35 let pro soubor M, 60–85 let pro soubor S), bez jakéhokoliv onemocnění spjatého s poruchou rovnováhy, bez akutního neurologického onemocnění, bez úrazů nebo operací na dolních končetinách či páteři během posledního roku, bez amputace na dolních končetinách, bez pádů způsobených ztrátou rovnováhy během posledního půlroku, bez poruchy kognitivních funkcí a poruchy sluchu.

## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Ověření hypotéz H1

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H1 zvláště pro stoj o úzké bázi – **H1a** (Tabulka 3) a zvláště pro tandemový stoj – **H1b** (Tabulka 4). Obě hypotézy se zabývají srovnáním úrovně posturální stability mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

K posouzení hypotézy H1a a H1b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

#### 6.1.1 Ověření hypotézy H1a

**H1a:** Úroveň posturální stability při stoji o úzké bázi je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability zdravých seniorů.

Tabulka 3. Výsledky srovnání parametrů posturální stability ve stoji o úzké bázi mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

Posturální situace	Parametry	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
		Soubor M (n=23)		Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	5,19	4,86	6,25	6,17	0,0345	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,13	4,89	6,25	6,07	0,0640	NS
	V ML (mm/s)	11,25	11,46	18,04	16,37	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	8,96	9,25	14,51	12,29	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	14,42	14,82	23,24	20,52	0,0000	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability mezi dvěma výzkumnými soubory téměř ve všech parametrech kromě parametru „sway AP“.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech při stoji o úzké bázi statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H1a potvrzena**, protože statisticky významný rozdíl mezi oběma výzkumnými skupinami nebyl přítomen u všech sledovaných parametrů.

### 6.1.2 Ověření hypotézy H1b

**H1b:** Úroveň posturální stability při stoji tandemovém je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability zdravých seniorů.

Tabulka 4. Výsledky srovnání parametrů posturální stability v tandemovém stoji mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

Posturální situace	Parametry	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
		Soubor M (n=23)		Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
tandemový stoj	Sway ML (mm)	6,23	6,03	8,90	9,11	0,0000	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,84	5,59	8,82	7,42	0,0029	p < 0,05
	V ML (mm/s)	20,10	19,66	42,44	39,18	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	19,99	18,59	38,63	37,13	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	28,53	28,28	57,58	55,68	0,0000	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability mezi dvěma výzkumnými soubory ve všech měřených parametrech.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech při tandemovém stoji statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Na základě uvedených výsledků **byla hypotéza H1b potvrzena.**

## **6.2 Ověření hypotéz H2**

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H2 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H2a** (Tabulka 5) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H2b** (Tabulka 6). Obě hypotézy se zabývají srovnáním úrovně posturální stability při duálních úkolech mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

K posouzení hypotézy H2a a H2b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### **6.2.1 Ověření hypotézy H2a**

**H2a:** Úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců je ve všech měřených posturálně náročných situacích za současného provádění Brooks' spatial memory task statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Tabulka 5. Výsledky srovnání parametrů posturální stability při duálních úkolech (s kognitivní úlohou Brooks' spatial memory task) mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

		Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Brooks Soubor M (n=23)		Kog. úloha Brooks Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	4,56	4,36	5,40	5,41	0,0130	p < 0,05
	Sway AP (mm)	4,80	4,69	5,38	5,27	0,0902	NS
	V ML (mm/s)	10,51	10,62	17,84	17,01	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	8,28	8,22	13,28	12,26	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	13,42	13,81	22,33	21,40	0,0000	p < 0,05
tandemový stoj	Sway ML (mm)	5,82	5,84	8,45	8,41	0,0000	p < 0,05
	Sway AP (mm)	4,85	4,89	7,41	7,75	0,0024	p < 0,05
	V ML (mm/s)	20,61	20,40	43,47	42,93	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	18,74	16,97	39,44	36,86	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	28,11	27,43	59,36	55,83	0,0000	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability mezi dvěma výzkumnými soubory téměř ve všech parametrech kromě parametru „sway AP“ ve **stoji o úzké bázi** a ve všech parametrech v **tandemovém stoji**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech za současného provádění Brooks' spatial memory task statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Na základě uvedených výsledků **nebyla hypotéza H2a potvrzena**, protože statisticky významný rozdíl mezi oběma výzkumnými skupinami nebyl přítomen u všech sledovaných parametrů.

## 6.2.2 Ověření hypotézy H2b

**H2b:** Úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců je ve všech měřených posturálně náročných situacích za současného provádění Zapamatování řady slov statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Tabulka 6. Výsledky srovnání parametrů posturální stability při duálních úkolech (s kognitivní úlohou Zapamatování řady slov) mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

		Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Slova Soubor M (n=23)		Kog. úloha Slova Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	4,61	4,40	5,72	5,66	0,0017	p < 0,05
	Sway AP (mm)	4,68	4,44	5,94	5,86	0,0097	p < 0,05
	V ML (mm/s)	11,23	11,59	18,99	19,08	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	8,50	8,40	14,29	12,85	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	14,14	14,16	23,89	23,97	0,0000	p < 0,05
tandemový stoj	Sway ML (mm)	5,51	5,67	8,61	8,83	0,0000	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,48	5,33	8,83	8,18	0,0174	p < 0,05
	V ML (mm/s)	21,05	21,58	45,85	47,82	0,0000	p < 0,05
	V AP (mm/s)	19,87	17,71	44,03	32,56	0,0000	p < 0,05
	V (mm/s)	29,20	27,95	65,20	55,73	0,0000	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability mezi dvěma výzkumnými soubory ve všech parametrech ve **stoji o úzké bázi** a ve všech parametrech v **tandemovém stoji**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech za současného provádění Zapamatování řady slov statisticky významně vyšší než u zdravých seniorů.

Na základě výše uvedených výsledků **byla hypotéza H2b potvrzena**.

## 6.3 Ověření hypotéz H3

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H3 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H3a** (Tabulka 7) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H3b** (Tabulka 8). Obě hypotézy se zabývají srovnáním rozdílů v úrovni posturální stability bez kognitivní úlohy a za současného provádění kognitivní úlohy mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

K posouzení hypotézy H3a a H3b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.3.1 Ověření hypotézy H3a

**H3a:** Rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění Brooks' spatial memory task je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl v úrovni posturální stability zdravých seniorů hodnocené za stejných podmínek.

Tabulka 7. Srovnání rozdílů v parametrech posturální stability vytvořených odečtem hodnot naměřených při současném provádění kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task od hodnot naměřených bez kognitivní úlohy. Srovnání získaných rozdílů souboru M a souboru S.

Srovnání rozdílů hodnot		Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Brooks Soubor M (n=23)		Kog. úloha Brooks Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	0,64	0,66	0,85	0,78	0,4384	NS
	Sway AP (mm)	0,33	0,19	0,87	0,90	0,2642	NS
	V ML (mm/s)	0,74	0,94	0,20	0,23	0,5198	NS
	V AP (mm/s)	0,68	0,71	1,23	0,77	0,9059	NS
	V (mm/s)	1,00	1,29	0,92	0,44	0,7626	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	0,41	0,56	0,45	1,02	0,3118	NS
	Sway AP (mm)	1,00	0,62	1,41	1,06	0,9267	NS
	V ML (mm/s)	-0,51	-1,17	-1,03	-1,99	0,4540	NS
	V AP (mm/s)	1,25	0,92	-0,82	0,76	0,5545	NS
	V (mm/s)	0,42	0,16	-1,78	-2,97	0,2642	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Vypočtené rozdíly charakterizují míru zvýšení či snížení úrovně posturální stability v závislosti na přidání kognitivní úlohy k posturálně náročné situaci. Plusové hodnoty značí, že v rámci daného souboru docházelo častěji ke zlepšení posturální stability v daném parametru přidáním kognitivní úlohy a vyznačené minusové hodnoty značí parametry, u kterých docházelo častěji ke zhoršení přidáním kognitivní úlohy v rámci daného souboru.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v žádném z vypočtených rozdílů hodnot parametrů mezi skupinou M a skupinou S.

Lze tedy konstatovat, že rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění Brooks' spatial memory task se u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů statisticky významně neliší.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H3a potvrzena.**



### 6.3.2 Ověření hypotézy H3b

**H3b:** Rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění Zapamatování řady slov je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl v úrovni posturální stability zdravých seniorů hodnocené za stejných podmínek.

Tabulka 8. Srovnání rozdílů v parametrech posturální stability vytvořených odečtem hodnot naměřených při současném provádění kognitivní úlohy Zapamatování řady slov od hodnot naměřených bez kognitivní úlohy. Srovnání získaných rozdílů souboru M a souboru S.

Srovnání rozdílů hodnot		Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Slova Soubor M (n=23)		Kog. úloha Slova Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. Význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	0,58	0,39	0,52	0,56	0,4384	NS
	Sway AP (mm)	0,45	0,01	0,32	0,15	0,2642	NS
	V ML (mm/s)	0,02	0,01	-0,96	-0,32	0,5198	NS
	V AP (mm/s)	0,45	0,55	0,23	0,08	0,9059	NS
	V (mm/s)	0,27	0,41	-0,64	-0,96	0,7626	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	0,72	0,57	0,29	0,19	0,3118	NS
	Sway AP (mm)	0,36	0,01	-0,01	0,73	0,9267	NS
	V ML (mm/s)	-0,95	-1,21	-3,41	-4,42	0,4540	NS
	V AP (mm/s)	0,12	0,36	-5,41	3,21	0,5545	NS
	V (mm/s)	-0,68	-0,97	-7,62	-1,27	0,2642	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Vypočtené rozdíly charakterizují míru zvýšení či snížení úrovně posturální stability v závislosti na přidání kognitivní úlohy k posturálně náročné situaci. Plusové hodnoty značí, že v rámci daného souboru docházelo častěji ke zlepšení posturální stability v daném parametru přidáním kognitivní úlohy a vyznačené mínusové hodnoty značí parametry, u kterých docházelo častěji ke zhoršení přidáním kognitivní úlohy v rámci daného souboru.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v žádném z vypočtených rozdílů hodnot parametrů mezi skupinou M a skupinou S.

Lze tedy konstatovat, že rozdíl mezi úrovní posturální stability hodnocené bez kognitivního úkolu a mezi úrovní posturální stability hodnocené při současném provádění Zapamatování řady slov se u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů statisticky významně neliší.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H3b potvrzena.**

## 6.4 Ověření hypotéz H4

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H4 zvláště pro skupinu M – **H4a** (Tabulka 9) a zvláště skupinu S – **H4b** (Tabulka 10). Obě hypotézy se zabývají srovnáním úrovně posturální stability při současném provádění kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task s úrovní posturální stability při současném provádění kognitivní úlohy Zapamatování řady slov.

K posouzení hypotézy H4a a H4b byl zvolen Wilcoxonův párový test, což je neparametrický test dvou závislých proměnných, v tomto případě parametrů posturální stability při duálních úlohách se dvěma typy kognitivních úkolů. Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.4.1 Ověření hypotézy H4a

**H4a:** Úroveň posturální stability je u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění kognitivního úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně nižší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

Tabulka 9. Výsledky srovnání parametrů posturální stability s kognitivní úlohou Brooks‘ spatial memory task a s kognitivní úlohou Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Brooks		Kog. úloha Slova		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	4,56	4,36	4,61	4,40	0,6051	NS
	Sway AP (mm)	4,80	4,69	4,68	4,44	0,6482	NS
	V ML (mm/s)	10,51	10,62	11,23	11,59	0,0244	p < 0,05
	V AP (mm/s)	8,28	8,22	8,50	8,40	0,4115	NS
	V (mm/s)	13,42	13,81	14,14	14,16	0,0416	p < 0,05
tandemový stoj	Sway ML (mm)	5,82	5,84	5,51	5,67	0,0777	NS
	Sway AP (mm)	4,85	4,89	5,48	5,33	0,1209	NS
	V ML (mm/s)	20,61	20,40	21,05	21,58	0,4842	NS
	V AP (mm/s)	18,74	16,97	19,87	17,71	0,2478	NS
	V (mm/s)	28,11	27,43	29,20	27,95	0,2604	NS
stoj na 1 DK	Sway ML (mm)	5,64	5,34	5,70	5,66	0,4654	NS
	Sway AP (mm)	6,89	6,52	7,03	6,64	0,9515	NS
	V ML (mm/s)	29,06	27,11	29,79	28,35	0,3155	NS
	V AP (mm/s)	22,93	21,99	23,31	22,19	0,4842	NS
	V (mm/s)	37,23	35,70	37,96	37,05	0,3304	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks‘ spatial memory task; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametrech „V ML“ a „V“ ve **stoji o úzké bázi**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech při současném provádění úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H4a potvrzena**.

## 6.4.2 Ověření hypotézy H4b

**H4b:** Úroveň posturální stability je u zdravých seniorů ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění kognitivního úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně nižší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

Tabulka 10. Výsledky srovnání parametrů posturální stability s kognitivní úlohou Brooks‘ spatial memory task a s kognitivní úlohou Zapamatování řady slov u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Kog. úloha Brooks		Kog. úloha Slova		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o široké bázi	Sway ML (mm)	2,87	2,71	3,15	3,23	0,0854	NS
	Sway AP (mm)	4,45	4,49	4,96	4,79	0,0176	p < 0,05
	V ML (mm/s)	7,04	6,80	8,15	7,12	0,0279	p < 0,05
	V AP (mm/s)	10,29	9,54	11,21	10,04	0,1330	NS
	V (mm/s)	12,60	11,80	13,97	12,01	0,0057	p < 0,05
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	5,40	5,41	5,72	5,66	0,0475	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,38	5,27	5,94	5,86	0,2668	NS
	V ML (mm/s)	17,84	17,01	18,99	19,08	0,0936	NS
	V AP (mm/s)	13,28	12,26	14,29	12,85	0,0854	NS
	V (mm/s)	22,33	21,40	23,89	23,97	0,0778	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	8,45	8,41	8,61	8,83	0,6475	NS
	Sway AP (mm)	7,41	7,75	8,83	8,18	0,4460	NS
	V ML (mm/s)	43,47	42,93	45,85	47,82	0,1570	NS
	V AP (mm/s)	39,44	36,86	44,03	32,56	0,3061	NS
	V (mm/s)	59,36	55,83	65,20	55,73	0,2485	NS

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks‘ spatial memory task; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametrech „sway AP“, „V ML“ a „V“ ve **stoji o široké bázi** a v parametru „sway ML“ ve **stoji o úzké bázi**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých seniorů byla v daných parametrech při současném provádění úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H4b potvrzena.**

## 6.5 Ověření hypotéz H5

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H5 zvláště pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H5a** (Tabulka 11) a zvláště pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H5b** (Tabulka 12). Obě hypotézy se zabývají srovnáním dosaženého skóre v dané kognitivní úloze mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory bez posturálně náročné situace (vsedě).

K posouzení hypotézy H5a a H5b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.5.1 Ověření hypotézy H5a

**H5a:** Výsledek v Brooks' spatial memory task zdravých mladých jedinců je bez posturálně náročné situace statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů.

Tabulka 11. Výsledky srovnání dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Posturální situace	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
	Kog. úloha Brooks (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Brooks (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	6,53	7,00	5,36	4,88	0,0021	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Výsledky analýzy dat prokázaly mezi výzkumnými soubory signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task vsedě.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že skóre v kognitivní úloze je bez posturálně náročné situace u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než skóre zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Na základě výše uvedených výsledků **byla hypotéza H5a potvrzena.**

## 6.5.2 Ověření hypotézy H5b

**H2b:** Výsledek v Zapamatování řady slov zdravých mladých jedinců je bez posturálně náročné situace statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů.

Tabulka 12. Výsledky srovnání dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Posturální situace	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
	Kog. úloha Slova (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Slova (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	4,57	4,50	3,65	3,50	0,0051	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Výsledky analýzy dat prokázaly mezi výzkumnými soubory signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov vsedě.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že skóre v kognitivní úloze je bez posturálně náročné situace u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než skóre zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Na základě výše uvedených výsledků **byla hypotéza H5b potvrzena.**

## 6.6 Ověření hypotéz H6

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H6 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H6a** (Tabulka 13) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H6b** (Tabulka 14). Obě hypotézy se zabývají srovnáním dosaženého skóre v dané kognitivní úloze při duálních úkolech mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

K posouzení hypotézy H6a a H6b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.6.1 Ověření hypotézy H6a

**H6a:** Výsledek v Brooks' spatial memory task zdravých mladých jedinců je za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Tabulka 13. Výsledky srovnání dosaženého skóre při duálních úkolech v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Posturální situace	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
	Kog. úloha Brooks (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Brooks (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	6,11	7,00	4,64	4,50	0,0292	p < 0,05
tandemový stoj	6,32	7,00	4,56	4,63	0,0005	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Výsledky analýzy dat prokázaly mezi výzkumnými soubory signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task ve **stoji o úzké bázi** i v **tandemovém stoji**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že skóre v kognitivní úloze při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než skóre zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Na základě výše uvedených výsledků **byla hypotéza H6a potvrzena.**

## 6.6.2 Ověření hypotézy H6b

**H6b:** Výsledek v Zapamatování řady slov zdravých mladých jedinců je za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci statisticky významně vyšší než výsledek zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Tabulka 14. Výsledky srovnání dosaženého skóre při duálních úkolech v kognitivní úloze Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Posturální situace	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U-test	
	Kog. úloha Slova (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Slova (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	4,25	4,50	3,18	3,13	0,0077	p < 0,05
tandemový stoj	4,42	4,50	3,14	3,00	0,0012	p < 0,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Výsledky analýzy dat prokázaly mezi výzkumnými soubory signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov ve **stoji o úzké bázi** i v **tandemovém stoji.**

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že skóre v kognitivní úloze při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně vyšší než skóre zdravých seniorů za stejných testovacích podmínek.

Na základě výše uvedených výsledků **byla hypotéza H6b potvrzena.**



## 6.7 Ověření hypotéz H7

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H7 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H7a** (Tabulka 15) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H7b** (Tabulka 16). Obě hypotézy se zabývají srovnáním rozdílů v dosaženém skóre v kognitivní úloze bez vystavení jedinců posturálně náročné situaci (vsedě) a za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory.

K posouzení hypotézy H7a a H7b byl zvolen Mann-Whitneyův U test, což je neparametrický test dvou nezávislých skupin – v tomto případě skupiny mladých zdravých jedinců (soubor M) a skupiny zdravých seniorů (soubor S). Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.7.1 Ověření hypotézy H7a

**H7a:** Rozdíl mezi výsledkem v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task hodnoceným bez současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a mezi výsledkem hodnoceným při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl ve výsledku Brooks' spatial memory task zdravých seniorů hodnoceném za stejných podmínek.

Tabulka 15. Srovnání rozdílů dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task vytvořených odečtem hodnot naměřených při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci od hodnot naměřených bez vystavení jedinců posturálně náročné situaci. Srovnání získaných rozdílů souboru M a souboru S.

Srovnání rozdílů hodnot	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
	Kog. úloha Brooks (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Brooks (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	0,42	0,00	0,72	0,75	0,5545	NS
tandemový stoj	0,22	0,00	0,81	1,00	0,3860	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost; NS – není signifikantní;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Vypočtené rozdíly charakterizují míru zvýšení či snížení skóre v kognitivní úloze v závislosti na vystavení jedince posturálně náročné situaci (oproti hodnotám vsedě). Vyznačené plusové hodnoty zobrazují, že v rámci daného souboru docházelo častěji ke snížení skóre vystavením jedince posturálně náročné situaci. Mínusové hodnoty, které se v tabulce nevyskytují, by naopak značily, že v daném typu stoje docházelo častěji ke zvýšení skóre v závislosti na vystavení jedince posturálně náročné situaci.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v žádném z vypočtených rozdílů skóre mezi skupinou M a skupinou S.

Lze tedy konstatovat, že rozdíl ve výsledku Brooks' spatial memory task hodnocený za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a bez vystavení jedinců posturálně náročné situaci se u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů statisticky významně neliší.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H7a potvrzena.**

## 6.7.2 Ověření hypotézy H7b

**H7b:** Rozdíl mezi výsledkem v kognitivní úloze Zapamatování řady slov hodnoceným bez současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a mezi výsledkem hodnoceným při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci je u zdravých mladých jedinců statisticky významně nižší než rozdíl ve výsledku Zapamatování řady slov zdravých seniorů hodnoceném za stejných podmínek.

Tabulka 16. Srovnání rozdílů v dosaženém skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov vytvořených odečtem hodnot naměřených při současném vystavení jedinců posturálně náročné situaci od hodnot naměřených bez vystavení jedinců posturálně náročné situaci. Srovnání získaných rozdílů souboru M a souboru S.

Srovnání rozdílů hodnot	Popisná statistika				Interferenční statistika Mann-Whitneyův U test	
	Kog. úloha Slova (body) Soubor M (n=23)		Kog. úloha Slova (body) Soubor S (n=18)		p-hodnota	Stat. význam.
	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	0,32	0,00	0,47	0,75	0,5633	NS
tandemový stoj	0,14	0,25	0,51	0,75	0,2320	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost; NS – není signifikantní;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián.

Vypočtené rozdíly charakterizují míru zvýšení či snížení skóre v kognitivní úloze v závislosti na vystavení jedince posturálně náročné situaci (oproti hodnotám vsedě). Vyznačené plusové hodnoty zobrazují, že v rámci daného souboru docházelo častěji ke snížení skóre vystavením jedince posturálně náročné situaci. Mínusové hodnoty, které se v tabulce nevyskytují, by naopak značily, že v daném typu stoje docházelo častěji ke zvýšení skóre v závislosti na vystavení jedince posturálně náročné situaci.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v žádném z vypočtených rozdílů skóre mezi skupinou M a skupinou S.

Lze tedy konstatovat, že rozdíl ve výsledku Zapamatování řady slov hodnocený za současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci a bez vystavení jedinců posturálně náročné situaci se u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů statisticky významně neliší.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H7b potvrzena.**

## 6.8 Ověření hypotéz H8

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H8 zvláště pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H8a** (Tabulka 17) a zvláště pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H8b** (Tabulka 18). Obě hypotézy se zabývají srovnáním úrovně posturální stability bez kognitivní úlohy s úrovní posturální stability při současném provádění kognitivní úlohy u zdravých mladých jedinců.

K posouzení hypotézy H8a a H8b byl zvolen Wilcoxonův párový test, což je neparametrický test dvou závislých proměnných, v tomto případě parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy. Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.8.1 Ověření hypotézy H8a

**H8a:** Úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění Brooks' spatial memory task je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez Brooks' spatial memory task.

Tabulka 17. Výsledky srovnání parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Bez kog. úlohy		Kog. úloha Brooks		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	5,19	4,86	4,56	4,36	0,0009	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,13	4,89	4,80	4,69	0,5230	NS
	V ML (mm/s)	11,25	11,46	10,51	10,62	0,0636	NS
	V AP (mm/s)	8,96	9,25	8,28	8,22	0,0043	p < 0,05
	V (mm/s)	14,42	14,82	13,42	13,81	0,0386	p < 0,05
tandemový stoj	Sway ML (mm)	6,23	6,03	5,82	5,84	0,0163	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,84	5,59	4,85	4,89	0,0680	NS
	V ML (mm/s)	20,10	19,66	20,61	20,40	0,3304	NS
	V AP (mm/s)	19,99	18,59	18,74	16,97	0,0074	p < 0,05
	V (mm/s)	28,53	28,28	28,11	27,43	0,5633	NS
stoj na 1 DK	Sway ML (mm)	6,02	5,91	5,64	5,34	0,0636	NS
	Sway AP (mm)	7,32	7,15	6,89	6,52	0,1529	NS
	V ML (mm/s)	31,17	29,27	29,06	27,11	0,0359	p < 0,05
	V AP (mm/s)	24,59	23,47	22,93	21,99	0,0150	p < 0,05
	V (mm/s)	39,80	37,38	37,23	35,70	0,0680	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; bez kog. úlohy – bez kognitivní úlohy; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametrech „sway ML“, „V AP“ a „V“ ve **stoji o úzké bázi**, v parametrech „sway ML“ a „V AP“ v **tandemovém stoji** a v parametrech „V ML“ a „V AP“ ve **stoji na jedné dolní končetině**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech při současném provádění Brooks' spatial memory task statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability bez Brooks' spatial memory task.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H8a potvrzena**.

## 6.8.2 Ověření hypotézy H8b

**H8b:** Úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců ve všech měřených posturálních situacích při současném provádění Zapamatování řady slov je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez Zapamatování řady slov.

Tabulka 18. Výsledky srovnání parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Bez kog. úlohy		Kog. úloha Slova		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	5,19	4,86	4,61	4,40	0,0126	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,13	4,89	4,68	4,44	0,2735	NS
	V ML (mm/s)	11,25	11,46	11,23	11,59	0,9032	NS
	V AP (mm/s)	8,96	9,25	8,50	8,40	0,0416	p < 0,05
	V (mm/s)	14,42	14,82	14,14	14,16	0,2124	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	6,23	6,03	5,51	5,67	0,0004	p < 0,05
	Sway AP (mm)	5,84	5,59	5,48	5,33	0,6265	NS
	V ML (mm/s)	20,10	19,66	21,05	21,58	0,0636	NS
	V AP (mm/s)	19,99	18,59	19,87	17,71	0,8552	NS
	V (mm/s)	28,53	28,28	29,20	27,95	0,2124	NS
stoj na 1 DK	Sway ML (mm)	6,02	5,91	5,70	5,66	0,0680	NS
	Sway AP (mm)	7,32	7,15	7,03	6,64	0,5034	NS
	V ML (mm/s)	31,17	29,27	29,79	28,35	0,1808	NS
	V AP (mm/s)	24,59	23,47	23,31	22,19	0,1909	NS
	V (mm/s)	39,80	37,38	37,96	37,05	0,1618	NS

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; bez kog. úlohy – bez kognitivní úlohy; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametrech „sway ML“ a „V AP“ ve **stoji o úzké bázi** a v parametru „sway ML“ v **tandemovém stoji**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců byla v daných parametrech při současném provádění Zapamatování řady slov statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability bez Zapamatování řady slov.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H8b potvrzena.**

## 6.9 Ověření hypotéz H9

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H9 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H9a** (Tabulka 19) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H9b** (Tabulka 20). Obě hypotézy se zabývají srovnáním úrovně posturální stability bez kognitivní úlohy s úrovní posturální stability při současném provádění kognitivní úlohy u zdravých seniorů.

K posouzení hypotézy H9a a H9b byl zvolen Wilcoxonův párový test, což je neparametrický test dvou závislých proměnných, v tomto případě parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy. Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.9.1 Ověření hypotézy H9a

**H9a:** Úroveň posturální stability u zdravých seniorů ve všech měřených posturálně náročných situacích při současném provádění Brooks' spatial memory task je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez Brooks' spatial memory task.

Tabulka 19. Výsledky srovnání parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Bez kog. úlohy		Kog. úloha Brooks		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o široké bázi	Sway ML (mm)	3,14	3,18	2,87	2,71	0,1989	NS
	Sway AP (mm)	5,03	5,13	4,45	4,49	0,0582	NS
	V ML (mm/s)	9,03	8,80	7,04	6,80	0,0065	p < 0,05
	V AP (mm/s)	11,12	10,74	10,29	9,54	0,0249	p < 0,05
	V (mm/s)	14,49	14,02	12,60	11,80	0,0123	p < 0,05
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	6,25	6,17	5,40	5,41	0,0065	p < 0,05
	Sway AP (mm)	6,25	6,07	5,38	5,27	0,0526	NS
	V ML (mm/s)	18,04	16,37	17,84	17,01	0,6475	NS
	V AP (mm/s)	14,51	12,29	13,28	12,26	0,1330	NS
	V (mm/s)	23,24	20,52	22,33	21,40	0,3271	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	8,90	9,11	8,45	8,41	0,1841	NS
	Sway AP (mm)	8,82	7,42	7,41	7,75	0,1446	NS
	V ML (mm/s)	42,44	39,18	43,47	42,93	0,3958	NS
	V AP (mm/s)	38,63	37,13	39,44	36,86	0,9479	NS
	V (mm/s)	57,58	55,68	59,36	55,83	0,4724	NS

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; bez kog. úlohy – bez kognitivní úlohy; kog. úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks' spatial memory task; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametrech „V ML“, „V AP“ a „V“ ve **stoji o široké bázi** a v parametru „sway ML“ ve **stoji o úzké bázi**.

Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých seniorů byla v daných parametrech při současném provádění Brooks' spatial memory task statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability bez Brooks' spatial memory task.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H9a potvrzena**.

## 6.9.2 Ověření hypotézy H9b

**H9b:** Úroveň posturální stability u zdravých seniorů ve všech měřených posturálních situacích při současném provádění Zapamatování řady slov je statisticky významně nižší než úroveň posturální stability bez Zapamatování řady slov.

Tabulka 20. Výsledky srovnání parametrů posturální stability bez kognitivní úlohy a při současném provádění kognitivní úlohy Zapamatování řady slov u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)		Popisná statistika				Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
Posturální situace	Parametry	Bez kog. úlohy		Kog. úloha Slova		p-hodnota	Stat. význam.
		$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
stoj o široké bázi	Sway ML (mm)	3,14	3,18	3,15	3,23	0,9479	NS
	Sway AP (mm)	5,03	5,13	4,96	4,79	0,7440	NS
	V ML (mm/s)	9,03	8,80	8,15	7,12	0,2485	NS
	V AP (mm/s)	11,12	10,74	11,21	10,04	0,8446	NS
	V (mm/s)	14,49	14,02	13,97	12,01	0,3720	NS
stoj o úzké bázi	Sway ML (mm)	6,25	6,17	5,72	5,66	<b>0,0347</b>	p < 0,05
	Sway AP (mm)	6,25	6,07	5,94	5,86	0,3720	NS
	V ML (mm/s)	18,04	16,37	18,99	19,08	0,2145	NS
	V AP (mm/s)	14,51	12,29	14,29	12,85	0,8446	NS
	V (mm/s)	23,24	20,52	23,89	23,97	0,3271	NS
tandemový stoj	Sway ML (mm)	8,90	9,11	8,61	8,83	0,3720	NS
	Sway AP (mm)	8,82	7,42	8,83	8,18	0,7113	NS
	V ML (mm/s)	42,44	39,18	45,85	47,82	0,0936	NS
	V AP (mm/s)	38,63	37,13	44,03	32,56	0,9479	NS
	V (mm/s)	57,58	55,68	65,20	55,73	0,3271	NS

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; bez kog. úlohy – bez kognitivní úlohy; kog. úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíl v parametru „sway ML“ ve **stojí o úzké bázi**.



Při porovnání statisticky významných proměnných lze konstatovat, že úroveň posturální stability zdravých seniorů byla v daném parametru při současném provádění Zapamatování řady slov statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability bez Zapamatování řady slov.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H9b potvrzena.**

## 6.10 Ověření hypotéz H10

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H10 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H10a** (Tabulka 21) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H10b** (Tabulka 22). Obě hypotézy se zabývají srovnáním dosaženého skóre v dané kognitivní úloze bez současného vystavení posturálně náročné situaci (vsedě) s dosaženým skóre se současným vystavením posturálně náročné situaci u zdravých mladých jedinců.

K posouzení hypotézy H10a a H10b byl zvolen Wilcoxonův párový test, což je neparametrický test dvou závislých proměnných, v tomto případě dosaženého skóre v kognitivní úloze vsedě a při současném vystavení posturálně náročné situaci. Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.10.1 Ověření hypotézy H10a

**H10a:** Výsledek v Brooks' spatial memory task u zdravých mladých jedinců je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

Tabulka 21. Výsledky dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task bez posturálně náročné situace (sed) a se současným vystavením jedinců posturálně náročné situaci u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)	Popisná statistika		Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
	Brooks' spatial memory task (body)		p-hodnota	Stat. význam.
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	6,53	7,00	0,1307	NS
stoj o úzké bázi	6,11	7,00		
sed	6,53	7,00	0,4236	NS
tandemový stoj	6,32	7,00		
sed	6,53	7,00	0,7221	NS
stoj na 1 DK	6,63	7,00		

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task bez posturálně náročné situace ve srovnání s dosaženým skóre při vystavení jedince posturálně náročné situaci u zdravých mladých jedinců.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H10a potvrzena.**

### 6.10.2 Ověření hypotézy H10b

**H10b:** Výsledek v Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

Tabulka 22. Výsledky dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov bez posturálně náročné situace (sed) a se současným vystavením jedinců posturálně náročné situaci u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)	Popisná statistika		Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
	Zapamatování řady slov (body)		p-hodnota	Stat. význam.
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	4,57	4,50	0,1841	NS
stoj o úzké bázi	4,25	4,50		
sed	4,57	4,50	0,5546	NS
tandemový stoj	4,42	4,50		
sed	4,57	4,50	0,5430	NS
stoj na 1 DK	4,73	5,00		

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov bez posturálně náročné situace ve srovnání s dosaženým skóre při vystavení jedince posturálně náročné situaci u zdravých mladých jedinců.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H10b potvrzena.**

## 6.11 Ověření hypotéz H11

V této kapitole jsou uvedeny výsledky získané při ověřování hypotéz H11 zvlášť pro kognitivní úlohu Brooks' spatial memory task – **H11a** (Tabulka 23) a zvlášť pro kognitivní úlohu Zapamatování řady slov – **H11b** (Tabulka 24). Obě hypotézy se zabývají srovnáním dosaženého skóre v dané kognitivní úloze bez současného vystavení posturálně náročné situaci (vsedě) s dosaženým skóre se současným vystavením posturálně náročné situaci u zdravých seniorů.

K posouzení hypotézy H11a a H11b byl zvolen Wilcoxonův párový test, což je neparametrický test dvou závislých proměnných, v tomto případě dosaženého skóre v kognitivní úloze vsedě a při současném vystavení posturálně náročné situaci. Hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti 5 %.

### 6.11.1 Ověření hypotézy H11a

**H11a:** Výsledek v Brooks' spatial memory task u zdravých seniorů je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

Tabulka 23. Výsledky dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task bez posturálně náročné situace (sed) a se současným vystavením jedinců posturálně náročné situaci u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)	Popisná statistika		Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
	Brooks' spatial memory task (body)		p-hodnota	Stat. význam.
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	5,36	4,88	0,1221	NS
stoj o široké bázi	4,58	4,63		
sed	5,36	4,88	0,2560	NS
stoj o úzké bázi	4,64	4,50		
sed	5,36	4,88	0,1446	NS
tandemový stoj	4,56	4,63		

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task bez posturálně náročné situace ve srovnání s dosaženým skóre při vystavení jedince posturálně náročné situaci u zdravých seniorů.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H11a potvrzena.**

### 6.11.2 Ověření hypotézy H11b

**H11b:** Výsledek v Zapamatování řady slov u zdravých seniorů je při současném vystavení jedince posturálně náročné situaci statisticky významně nižší než výsledek bez posturálně náročné situace.

Tabulka 24. Výsledky dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov bez posturálně náročné situace (sed) a se současným vystavením jedinců posturálně náročné situaci u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)	Popisná statistika		Interferenční statistika Wilcoxonův párový test	
	Zapamatování řady slov (body)		p-hodnota	Stat. význam.
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$		
sed	3,65	3,50	0,0929	NS
stoj o široké bázi	3,38	3,50		
sed	3,65	3,50	0,0744	NS
stoj o úzké bázi	3,18	3,13		
sed	3,65	3,50	0,0627	NS
tandemový stoj	3,14	3,00		

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; stat. význam. – statistická významnost;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; NS – není signifikantní.

Výsledky analýzy dat neprokázaly signifikantní rozdíl v dosaženém skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov bez posturálně náročné situace ve srovnání s dosaženým skóre při vystavení jedince posturálně náročné situaci u zdravých seniorů.

Na základě výše uvedených výsledků **nebyla hypotéza H11b potvrzena.**

## 7 DISKUZE

Výzkum se zabýval ověřením vlivu duálních úkolů na úroveň posturální stability u skupiny zdravých mladých jedinců a u skupiny zdravých seniorů. Prvním hlavním cílem práce bylo ověřit, zda existují rozdíly v úrovni posturální stability mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory a zda se tyto případné rozdíly prohlubují během duálních úkolů. Druhým hlavním cílem práce bylo zjistit, zda je úroveň posturální stability během duálního úkolu ovlivněna typem kognitivního úkolu (kognitivní úkol zaměřený na verbální paměť versus kognitivní úkol zaměřený na vizuálně prostorovou paměť). Vedlejším cílem práce bylo ověřit, zda existují rozdíly ve výsledku kognitivních úloh mezi zdravými mladými jedinci a zdravými seniory a zda se tyto případné rozdíly prohlubují během duálních úkolů.

Do studie bylo zahrnuto celkem 41 probandů. Výzkumný soubor zdravých mladých jedinců byl tvořen z 23 účastníků ve věkovém rozmezí 21–30 let. Druhý výzkumný soubor tvořilo 18 zdravých seniorů ve věkovém rozmezí 62–78 let. U obou výzkumných souborů převládaly účastnice ženského pohlaví. U skupiny mladých jedinců tvořily ženy 60 % souboru, zbylých 40 % byli muži. Skupina seniorů byla tvořena z 55 % ženami a z 45 % muži. Obdobné věkové rozmezí a členění výzkumných souborů (na skupinu zdravých mladých jedinců a skupinu zdravých seniorů) popisují například studie skupiny autorů Rankin et al. (2000) a Redfern et al. (2001), ve kterých autoři ověřovali, zda bude úroveň posturální stability během duálních úkolů klesat v souvislosti s involučními změnami spojenými s vyšším věkem (tedy i u zdravých seniorů bez poruch rovnováhy).

V případě skupiny mladých účastníků byla posturální stabilita měřena ve stoji o úzké bázi, ve stoji tandemovém a ve stoji na jedné dolní končetině. Skupina seniorů byla testována ve stoji o široké bázi, ve stoji o úzké bázi a tandemovém stoji. Posturálně náročné situace byly voleny tak, aby některé z nich byly shodné pro oba soubory (tedy aby bylo možné soubory mezi sebou porovnat). Dále byl hodnocený vliv duální úlohy u každé skupiny zvlášť. Skupina mladých jedinců byla dále testována ve stoji na jedné dolní končetině. Tento stoj nebyl v případě skupiny seniorů zařazen z důvodu, že by senioři s největší pravděpodobností nezvládli udržet stoj po celou dobu měření, a také z důvodu rizika ztráty stability, která by mohla vést k pádu. Senioři byli oproti mladým jedincům navíc testováni ve stoji o široké bázi. Tento typ stoje byl pro skupinu seniorů zhodnocen jako bezpečný, avšak v případě mladých jedinců by byl naopak příliš jednoduchý, proto nebyl zařazen.

Duální úkoly vznikaly kombinací těchto typů stojů se dvěma sekundárními kognitivními úlohami. Kognitivní úlohy byly shodné pro obě skupiny, přičemž každá z úloh byla zaměřena na jinou složku paměti.

Velké množství studií zabývajících se tématem posturální stability a posturální kontroly poukazuje na pokles posturální jistoty v závislosti na vzrůstajícím věku (Abrahamová & Hlavačka, 2007; Du Pasquier et al., 2003; Fujita et al., 2005; Hageman et al., 1995), a totéž se potvrdilo v rámci tohoto výzkumu. Úroveň posturální stability byla u daných skupin porovnávána ve dvou typech stoje – ve stoji o úzké bázi a ve stoji tandemovém. Analýza dat prokázala ve stoji o úzké bázi signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability ve čtyřech z pěti měřených parametrů, a to v parametru „sway ML“, „V ML“, „V AP“ a „V“. Ve všech těchto parametrech vykazovali mladí jedinci statisticky významně vyšší posturální stabilitu oproti skupině seniorů. Skupina mladých jedinců na tom byla lépe také u parametru „sway AP“, avšak rozdíl mezi skupinami nebyl statisticky významný. Ve stoji tandemovém analýza dat prokázala signifikantní rozdíl mezi skupinami ve všech pěti měřených parametrech posturální stability. Hlavní příčinou rozdílných výsledků v rámci dvou typů stoje je s největší pravděpodobností odlišná náročnost jednotlivých pozic, kdy stoj o úzké bázi nebyl pro jedince (zejména pro skupinu seniorů) z hlediska posturální kontroly náročný tolik jako tandemový stoj, při kterém se věkové rozdíly projeví markantněji a v rámci všech měřených parametrů. Vzrůstající rozdíl v úrovni posturální stability mezi mladými a staršími účastníky spolu s navýšením počtu statisticky významných parametrů v posturálně obtížnější pozici popisují také Era et al. (2005).

Výzkumy, které využívají duální úlohy, vznikají primárně z potřeby zjišťování příčin vedoucích k pádu. Duální úlohy jsou používány především ke zjišťování role kognice v udržování posturální stability. Ve výzkumech se obvykle používá zvyšování nároků na kapacitu pozornosti a zkoumá se schopnost distribuovat pozornost. Otázkou je, kolik z kapacity pozornosti jednotlivé motorické a kognitivní činnosti potřebují, a zda některé činnosti nejsou natolik automatické, že využívají jen velmi malou část z kapacity pozornosti nebo dokonce nepotřebují pozornost žádnou (Yogev-Seligmann et al., 2008). Dá se uvažovat, zda do této skupiny „zautomatizovaných činností“, které vyžadují jen velmi malou část kapacity pozornosti, nepatří také klidový stoj či chůze po rovném terénu (viz dále).

Při srovnání úrovně posturální stability u duálních úkolů mezi mladými jedinci a seniory se výsledky lišily u jednotlivých kognitivních úloh. V případě současného provádění kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task, která se zaměřovala na vizuálně prostorovou složku paměti, analýza dat prokázala ve stoji o úzké bázi signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability ve čtyřech z pěti měřených parametrů, a to v parametru „sway ML“, „V ML“, „V AP“ a „V“. Ve všech těchto parametrech vykazovali mladí jedinci statisticky významně vyšší posturální stabilitu ve srovnání se seniory. Skupina mladých jedinců na tom byla lépe také u parametru „sway AP“, ale rozdíl mezi skupinami nebyl statisticky významný. Ve stoji tandemovém analýza dat prokázala signifikantní rozdíl mezi skupinami ve všech pěti měřených parametrech posturální stability.

Jinak tomu bylo v případě současného provádění kognitivní úlohy zaměřené na verbální složku paměti – Zapamatování řady slov. Analýza dat prokázala signifikantní rozdíl mezi skupinami ve všech pěti měřených parametrech ve stoji o úzké bázi i ve stoji tandemovém tedy v parametrech „sway AP“, „sway ML“, „V ML“, „V AP“ a „V“. Ve všech parametrech vykazovala skupina mladých jedinců statisticky významně vyšší úroveň posturální stability oproti skupině seniorů.



Hlavní otázkou však je, zda přidání kognitivní úlohy ovlivnilo některou z testovaných skupin více než druhou. Předpokladem bylo, že přidání kognitivní úlohy ke stojící skupině seniorů ovlivní více ve smyslu snížení úrovně posturální stability oproti mladým jedincům. Tato hypotéza se však nepotvrdila. Porovnání těchto rozdílů mezi úrovní posturální stability bez kognitivní úlohy a mezi úrovní posturální stability s kognitivní úlohou neprokázalo statistickou významnost v žádném z pěti porovnávaných parametrů, a to ani ve stojící o úzké bázi a ani v tandemovém stojící. Při porovnání průměrných hodnot rozdílů jednotlivých skupin je zjevné, že se hodnoty skupin liší v řádech desetin milimetrů, popřípadě milimetrů za sekundu, výjimečně se liší v řádech jednotek. Na základě výsledků lze tedy konstatovat, že přidání kognitivní úlohy k posturálně náročné situaci ovlivnilo obě skupiny v průměru téměř totožně, a to jak v případě kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task, tak v případě Zapamatování řady slov. Obdobné výsledky zaznamenali také autoři Shumway-Cook et al. (1997) a Shumway-Cook a Woollacott (2000). Ve studii autorů Shumway-Cook et al. (1997) bylo navýšení rozdílů mezi úrovněmi posturální stability přidáním sekundárního kognitivního úkolu průkazné až mezi skupinou zdravých mladých jedinců a seniorů s poruchami rovnováhy, nikoliv však mezi skupinou zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů. Shumway-Cook a Woollacott (2000) popisují, že ke znatelnému nárůstu rozdílů mezi skupinou zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů docházelo až za náročnějších posturálních podmínek (pohyblivá plošina, pohyblivé prostředí). Za stabilních podmínek (pevná podložka, pevný fixační bod) byly obě skupiny sekundární kognitivní úlohou ovlivněny zhruba stejně. Rozdíl za stabilních podmínek se projevil pouze mezi skupinou zdravých mladých jedinců a seniorů s poruchami rovnováhy.

Pokud jde o rozdílný vliv dvou odlišných typů kognitivních úloh (vizuálně prostorová paměť versus verbální paměť) na posturální stabilitu, není zatím jasné, zda je vliv úloh zcela rovnocenný (Maylor et al., 2001). Starší studie autorů Kerr et al. (1985) a Maylor a Wing (1996) popisovaly sníženou stabilitu při posturální situaci souběžně vykonávané s vizuálně prostorovým úkolem, avšak nikoliv s úkolem, který nezaměstnával vizuálně prostorovou paměť. Kerr et al. (1985) předpokládali, že jelikož je zrak důležitým systémem posturální kontroly a vizuálně prostorová představitost zahrnuje taktéž zrakový systém, měla by obtížná posturální situace interferovat s vizuálně prostorovým paměťovým úkolem, ale nikoliv s úkolem zaměřeným na verbální paměť, u nějž je při řešení využíváno jiných zdrojů. Novější studie tezi autorů vyvracejí a potvrzují určitou míru interference s oběma typy úloh. Připouští se možná rozdílná míra interference, avšak ta je nově připisována především odlišným nárokům na kapacitu pozornosti nežli charakteru kognitivní úlohy (Dault et al., 2001; Huxhold et al., 2006; Maylor et al., 2001; Ramenzoni et al., 2007).

V rámci tohoto výzkumu analýza dat prokázala u mladých jedinců signifikantní rozdíl v úrovni posturální stability měřené při dvou různých typech kognitivních úloh pouze ve dvou parametrech z pěti, a to u parametrů „V ML“ a „V“ ve stoji o úzké bázi. Ve stoji tandemovém a ve stoji na jedné dolní končetině nebyl prokázán signifikantní rozdíl v žádném z parametrů. U seniorů byly potvrzeny signifikantní rozdíly v parametrech „sway AP“, „V ML“ a „V“ ve stoji o široké bázi a v parametru „sway ML“ ve stoji o úzké bázi. Z porovnání statisticky významných dvojic navíc vyplývá, že úroveň posturální stability byla v daných parametrech při současném provádění úkolu náročného na vizuálně prostorovou paměť statisticky významně vyšší než úroveň posturální stability při současném provádění kognitivního úkolu náročného na verbální paměť, a to u obou skupin. Výsledky se tedy neshodují s výsledky autorů studie Kerr et al. (1985) a Maylor a Wing (1996) a lze se spíše přiklánět k teorii o rozdílných nárocích na kapacitu pozornosti u jednotlivých úloh. Kognitivní úloha Zapamatování řady slov byla pravděpodobně pro většinu účastníků náročnější na pozornost než kognitivní úloha Brooks' spatial memory task. Odpovídá tomu i subjektivní hodnocení účastníků výzkumu, kdy pro naprostou většinu (78 %) mladých jedinců byla subjektivně náročnější úloha Zapamatování řady slov. U seniorů bylo rozložení subjektivní náročnosti úloh rovnoměrnější, kdy pro 60 % seniorů byla náročnější úloha Zapamatování řady slov a zbylým 40 % se jevila jako náročnější úloha Brooks' spatial memory task.

Při porovnání dosaženého skóre v kognitivních úlohách výsledky analýzy dat prokázaly signifikantní rozdíly mezi oběma skupinami jak vsedě, tak v rámci duálních úkolů při stoji o úzké bázi a tandemovém stoji. Ve všech testovaných situacích dosahovali zdraví mladí jedinci v kognitivních úlohách statisticky významně vyšších výsledků než senioři.

Při hodnocení, zda měla posturálně náročná situace na skóre v kognitivní úloze výraznější vliv na některou ze skupin, se hodnoty rozdílů opět statisticky významně nelišily ani v jednom z typů stoje. Lze tedy konstatovat, že kombinace kognitivních úloh s posturálně náročnou situací ovlivnila skóre v kognitivních úlohách obou skupin ve velmi podobném měřítku. Tyto výsledky jsou ve shodě se zjištěními studie autorů Shumway-Cook et al. (1997). Avšak například Shumway-Cook a Woollacott (2000) sice nezaznamenali navýšení reakčních časů na sluchový podnět v souvislosti se zvyšováním náročnosti posturální situace u mladých jedinců, ale u starších jedinců byl nárůst reakčních časů znatelný.

Důvodem, proč přidání sekundární kognitivní úlohy k posturální situaci ovlivnilo věkově odlišné skupiny téměř totožně, ať už z pohledu dosažených hodnot parametrů posturální stability či z pohledu dosaženého skóre, je pravděpodobně fakt, že se testování účastnili pouze zdraví senioři, tedy senioři bez poruch rovnováhy. Skupina zdravých seniorů byla velmi konzistentní v rámci anamnestických údajů týkajících se volnočasových aktivit. Všichni senioři byli nejenže samostatně pohybliví (bez kompenzačních pomůcek), ale také fyzicky a sociálně aktivní ve svém volném čase (skupinová pohybová aktivita dvakrát až třikrát týdně). Lze předpokládat, že za testovacích podmínek, které byly v rámci tohoto výzkumu nastaveny, by se rozdíly projevily až mezi skupinami, které by vykazovaly více odlišností v životním stylu (ve vztahu k míře fyzické a mentální aktivity), tedy například mezi skupinou zdravých mladých jedinců a seniorů s tendencí k pádu, jak uvádí studie Shumway-Cook et al. (1997) a Shumway-Cook a Woollacott (2000). Je možné také uvažovat, že rozdíly mezi stávajícími skupinami by se projevily až s narůstající obtížností (citlivostí) posturálních situací (mechanicky či vizuálně perturbovaný stoj).

Výsledky dále prokázaly signifikantní nárůst úrovně posturální stability po připojení sekundární kognitivní úlohy, a to jak u mladých jedinců, tak u seniorů. Mladí jedinci vykazovali při zapojení kognitivní úlohy Brooks' spatial memory task signifikantní navýšení úrovně posturální stability v parametrech „sway ML“, „V AP“ a „V“ ve stoji o úzké bázi, v parametrech „sway ML“ a „V AP“ v tandemovém stoji a v parametrech „V ML“ a „V AP“ ve stoji na jedné dolní končetině. V případě úlohy Zapamatování řady slov bylo navýšení posturální stability méně zjevné, avšak projevilo se signifikantně v parametrech „sway ML“ a „V AP“ ve stoji o úzké bázi a v parametru „sway ML“ v tandemovém stoji. Lze tedy konstatovat, že přenesení pozornosti ke kognitivní úloze mělo na úroveň posturální stability pozitivní vliv. Navýšení úrovně posturální stability přidáním kognitivního úkolu popisují například i autoři Potvin-Desrochers, Richer a Lajoie (2017), kteří tento jev připisují takzvanému automatickému řízení posturální stability. Tvrzení je založeno na předpokladu, že přesun pozornosti od posturálního úkolu ke kognitivnímu umožní zapojení automatických mechanismů posturální kontroly, což má za následek navýšení úrovně posturální stability (Huxhold et al., 2006; Wulf, McNevin, & Shea, 2018). Na to, v jaké míře se zapojí do kontroly posturální stability automatické procesy, může mít vliv takzvané vnitřní a vnější zaměření pozornosti. Jak zmiňují Huxhold et al. (2006), vnitřní zaměření pozornosti, tedy instrukce typu „*Snažte se stát co nejklidněji*“, způsobují omezení využití automatických kontrolních mechanismů. Naopak zaměření pozornosti externě, tedy například na zadání kognitivní úlohy, podněcuje automatické řízení posturální kontroly, což může být příčinou navýšení úrovně posturální stability oproti situaci bez kognitivní úlohy. Tomuto předpokladu odpovídají i studie, které se zabývají srovnáním vnitřního a vnějšího zaměření pozornosti na úroveň posturální stability. Výsledky studií jsou konzistentní ve smyslu zjištěné nižší úrovně posturální stability při vnitřním zaměření pozornosti oproti úrovni posturální stability při vnějším zaměření pozornosti (McNevin & Wulf, 2002; Riley, Stoffregen, Grocki, & Turvey, 1999).

V případě skupiny seniorů analýza dat prokázala signifikantní navýšení úrovně posturální stability v parametrech „V ML“, „V AP“ a „V“ ve stoji o široké bázi a v parametru „sway ML“ ve stoji o úzké bázi při kognitivní úloze Brooks' spatial memory task a v parametru „sway ML“ ve stoji o úzké bázi v případě zapojení Zapamatování řady slov. Při porovnání průměrů jednotlivých statisticky nevýznamných parametrů vykazovala skupina nejednotné rozložení, kdy v části parametrů docházelo k navýšení úrovně posturální stability při duálních úlohách a v jiných naopak ke snížení úrovně posturální stability. U skupiny mladých jedinců docházelo vždy k navýšení úrovně posturální stability, kromě parametru „V ML“. Tato nejednotnost výsledků víceméně vystihuje nejednotnost jednotlivých studií zabývajících se danou problematikou. Část autorů uvádí při zapojení kognitivní úlohy ke klidovému stoji snižování úrovně posturální stability (Marsh & Geel, 2000; Melzer et al., 2001; Mitra, 2003; Rapp et al., 2006; Shumway-Cook et al., 1997), druhá část autorů uvádí zvyšování úrovně posturální stability (Dault et al., 2001; Deviterne et al., 2005; Potvin-Desrochers et al. 2017; Siu & Woollacott, 2007). Huxhold et al. (2006) uvádí, že zvyšování či snižování úrovně posturální stability je závislé na obtížnosti kognitivní úlohy. V případě použití příliš jednoduchého kognitivního úkolu docházelo v jejich studii ke zvyšování úrovně posturální stability oproti situaci bez kognitivní úlohy, a naopak v případě složitějšího kognitivního úkolu, který vyžadoval více kapacity pozornosti, se úroveň posturální stability u starších testovaných jedinců snižovala, u mladších jedinců však nikoliv.

Například Schmidt a Lee (2011) uvádějí, že pokud lze provádět dva úkoly najednou na stejné úrovni, jako když jsou prováděny individuálně, minimálně jeden z nich nevyžaduje naši pozornost. K tomuto tvrzení lze na základě výsledků této studie a studií uvedených výše dodat, že platí pouze za předpokladu, že jsou oba nebo jeden z úkolů dostatečně obtížné (Huxhold et al., 2006), a že provádění jednoho nebo obou úkolů není automatické. Ostatně jak naznačovali Yogev-Seligmann et al. (2008).

Pokud jde o vliv posturální situace na kognitivní úlohu, ve studiích je popisováno snižování výsledku v kognitivní úloze, které se však projevuje až při větších nárocích na udržení rovnováhy, například zúžením báze při stoji spojném (Mitra, 2003) nebo tandemovém stoji (Kerr et al., 1985). Tato skutečnost se v tomto výzkumu nepotvrdila. V případě výsledků kognitivních úloh nedocházelo k signifikantní změně dosaženého skóre během duálních úloh oproti situacím vsedě ani u jedné ze skupin. Domnívám se, že tento výsledek je způsoben relativně jednoduchými posturálními situacemi, které nevyžadovaly velký podíl kapacity pozornosti. I ze studie autorů Doumas et al. (2008) vyplývá, že plnění kognitivního úkolu se stává druhotným až v momentu, kdy dochází ke ztížení podmínek posturálního úkolu a následně velkou část kapacity pozornosti přebírají mechanismy podstatné pro zachování stability. Jak uvádějí také Shumway-Cook et al. (1997), o takzvané „posture first“ strategii lze uvažovat až ve chvíli, kdy se jedinec ocitá v posturálně složitých podmínkách, tedy hrozí-li nebezpečí pádu či zranění (například chůze po ledě). Jelikož podmínky testování tohoto výzkumu byly velmi předvídatelné a bezpečné (proband byl vždy bezkontaktně jištěn testujícím), a navíc jednotlivé stoje nevyžadovaly příliš kapacity pozornosti, je výsledek analýzy dat logický.

Na základě zjištěných výsledků lze uvažovat o několika limitech této studie. Zaprvé jím je velká heterogenita v rámci výzkumného souboru, což lze pozorovat na poměrně vysokých směrodatných odchylnkách jednotlivých parametrů (Příloha 2). Na základě toho nelze z dat vyčíst žádný opakující se vzor (například opakující se signifikanci v některém z parametrů, tzn. jeho vyšší citlivost oproti ostatním parametrům). Zároveň se domnívám, že tato různorodost způsobila nejednotné výsledky ve snižování versus zvyšování úrovně posturální stability v rámci duálních úloh. Tento jev by se dal pravděpodobně zmírnit navýšením testovaného vzorku.

Další podstatnou skutečností, která se však podle mého názoru nedá považovat za limitní, je naopak celková vzájemná podobnost dvou testovaných skupin. Skupiny vykazovaly poměrně malý rozdíl v mentální a fyzické kondici (skupina seniorů byla velmi vitální), který způsobil, že kognitivní úlohy měly na úroveň posturální stability obou skupin téměř totožný vliv a stejně tak v případě vlivu posturálních úkolů na skóre kognitivních úloh.

Jako jeden z dalších limitů lze považovat přílišnou jednoduchost zvolených posturálních úkolů pro tyto skupiny a v případě zdravých mladých jedinců také příliš velkou jednoduchost kognitivních úloh (průměrné skóre dosažené v úlohách se příliš nevzdalovalo maximálnímu možnému skóre). Jak upozorňují Yogev-Seligmann et al. (2008) některé činnosti mohou být natolik automatické, že nevyžadují příliš kapacity pozornosti. Je tedy otázkou, zda je vhodné pro testování málo odlišných skupin volit stoj klidový. Na druhou stranu i při stoji klidovém byly v rámci tohoto výzkumu nalezeny signifikantní rozdíly v úrovni posturální stability v závislosti na věku, a to při stoji bez kognitivního úkolu i při stoji v rámci duálních úloh. Zajímavé by však bylo tyto skupiny testovat i za posturálně náročnějších (proměnlivých) podmínek, které by zamezily „zautomatizování“ posturální situace, a tím zvýšily citlivost měření. Lze předpokládat, že by s navýšením obtížnosti posturálních situací bylo možné sledovat nárůst rozdílů mezi skupinami a tyto rozdíly by šlo prokázat i v parametrech, u kterých to za použitých testovacích podmínek nebylo možné. Avšak jak již bylo zmíněno, tento výzkum tvoří část projektu, který ověřuje úroveň posturální stability u tří různých skupin – u zdravých mladých jedinců, zdravých seniorů a seniorů s poruchami rovnováhy, respektive s tendencí k pádu. Je velmi obtížné stanovit podmínky testování tak, aby byly testy zaprvé dostatečně motivační pro všechny tři skupiny, za druhé, aby byly testy dostatečně citlivé (tedy aby odhalily i malé rozdíly mezi skupinami), a za třetí, což pokládám za nejdůležitější, aby byly testy bezpečné pro všechny zúčastněné. Splnění třetí podmínky při použití perturbovaného stoje u seniorů s poruchami rovnováhy by bylo přinejmenším obtížné.

Nedostatků použitých kognitivních úloh sledávám, kromě zmíněné jednoduchosti pro mladší účastníky, několik. Většina probandů s postupujícími pokusy našla určitou strategii k jejich plnění. V případě úkolu Zapamatování řady slov se jednalo především o tvoření příběhů, asociací, pamatování si prvních písmen, či dělení slov na trojice, kdy si proband při prvním opakování nahrávky zapamatoval jednu trojici a při druhém opakování druhou trojici. Po skončení nahrávky zapsal trojici, kterou měl v živé paměti, a poté doplnil zbývající trojici slov. Nejčastější strategií v plnění úkolu Brooks' spatial memory task bylo tvoření takzvaného „hada“ se současným neřešením čísel jako takových. Na druhou stranu někteří probandi za celou dobu testování nevymysleli žádnou strategii, a proto jejich skóre dosahovalo velmi nízkých hodnot. Jako možné řešení tohoto problému navrhuji pro další testování zvolit kognitivní úkol, u kterého toto strategické uvažování nebude možné a bude tedy naplněna hlavní podstata úkolu, čímž je testování kapacity pozornosti, respektive schopnosti rozdělit pozornost (například úkoly typu Stroopova testu). Dalším úskalím zvolených kognitivních úloh byla jejich nejednotná náročnost (úloha Zapamatování řady slov byla pro probandy subjektivně náročnější). Při srovnání vlivu vizuálně prostorové a verbální složky paměti na úroveň posturální stability je tedy nutné počítat i s tímto faktorem.

V návaznosti na posouzení zvolené metodiky je důležité upozornit na komplikovanost splnění podmínek pro potvrzení hypotéz. Pro potvrzení hypotéz týkajících se posouzení posturální stability bylo nutné prokázat statistickou významnost u pěti až patnácti parametřů. V několika případech tedy nemohlo dojít k potvrzení hypotézy z důvodu, že se statistická významnost neprokázala právě v jednom z měřených parametřů (například u hypotéz H1a a H2a). Variantou by bylo jako výstup zvolit jeden parametr, který by vystihoval úroveň posturální stability, nikoliv pět parametřů. Rizikem by však byla velká nepřesnost tohoto výstupu. Další možností u takto volené metodiky, která obsahovala velké množství testovacích situací (měřené u dvou výzkumných souborů), by bylo danou hypotézu rozčlenit po jednotlivých parametrech nebo alespoň typech stoje. V tomto případě by bylo nutné zaměřit se při stanovování hypotéz pouze na zlomek dané problematiky, protože již bez tohoto členění vzniklo vlivem velkého množství testovacích situací nadprůměrné množství hypotéz.



Nutno uvést i faktory, které jako limitní vnímali sami účastníci (pouze z řad seniorů). Jedním z faktorů byla vzdálenost plošiny od místa se záznamovým archem, kde byl navíc umístěn mírný schod (plošina byla na vyvýšeném místě). Testovaní jedinci uváděli, že měli problém řešení úlohy uchovat v paměti během přesunu k záznamovému archu. Jedna seniorka uvedla rušivý element nahrávky, který upozorňoval na konec měření. Věta upozorňující na konec měření zněla: „*Konec měření. Prosím, sestupte z plošiny a zaznamenejte čísla/slova do archu.*“. Variantou by tedy bylo upozornit na konec měření například pomocí zvukového signálu. Velké množství testovaných také potvrdilo využití fixačního bodu ve tvaru plného čtverce, který v představě použili jako mřížku s čísly u úlohy Brooks' spatial memory task. Tyto podněty lze zvážit pro budoucí testování.

Dalším zajímavým podnětem pro budoucí testování, který vzešel z tohoto výzkumu, je zkoumání vlivu vnitřního a vnějšího zaměření pozornosti na úroveň posturální stability při duálních úlohách (otázka použití instrukce „*Snažte se stát co nejklidněji.*“).

I přes zmíněné limity studie bylo na základě výsledků výzkumu ověřeno několik teoretických východisek. Lze konstatovat, že zdraví mladí jedinci vykazovali vyšší úroveň posturální stability než zdraví senioři. Tato skutečnost se potvrdila v situaci bez kognitivní úlohy (tzv. single task) i v případě, kdy byla posturálně náročná situace prováděna současně s kognitivní úlohou (tzv. dual task). Zdraví mladí jedinci rovněž prokázali vyšší dosažené skóre v kognitivních úlohách oproti zdravým seniorům. Výzkum potvrzuje zvýšení posturální stability při zapojení sekundární kognitivní úlohy v některých z měřených parametrů, a to jak u zdravých mladých jedinců, tak u zdravých seniorů. Lze tedy připustit možnou souvislost vnějšího zaměření pozornosti se zapojením automatických mechanismů posturální kontroly.

## ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabývala posouzením vlivu kognitivních úloh na úroveň posturální stability zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů. Obě skupiny byly vystaveny třem posturálně náročným situacím. Posturální stabilita mladých dospělých jedinců byla měřena ve stoji o úzké bázi, ve stoji tandemovém a ve stoji na jedné dolní končetině. Skupina seniorů byla testována ve stoji o široké bázi, ve stoji o úzké bázi a ve stoji tandemovém. Posturálně náročně situace byly kombinovány se dvěma odlišnými typy kognitivních úloh. První z úloh byla zaměřena na verbálně prostorovou složku paměti (Brooks' spatial memory task) a druhá úloha se zaměřovala na paměť verbální (Zapamatování řady slov). Dosažené skóre v kognitivních úlohách a data získaná z měření posturální stability na silové plošině byla následně statisticky zpracována. Na základě získaných výsledků bylo možné dojít k následujícím závěrům.

Při vzájemném srovnání skupin zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů vykazovali mladší jedinci statisticky významně vyšší úroveň posturální stability ve všech měřených parametrech u obou posturálně náročných situací (ve stoji o úzké bázi i stoji tandemovém). Statistická významnost se neprokázala pouze u parametru „sway AP“ ve stoji o úzké bázi. Při kombinaci posturálně náročně situace s kognitivními úlohami vykazovali mladí jedinci opět statisticky vyšší úroveň posturální stability. V případě současného provádění kognitivní úlohy Zapamatování řady slov byla statistická významnost potvrzena ve všech parametrech obou typů stoje. V případě současného provádění Brooks' spatial memory task nebyla statistická významnost potvrzena u parametru „sway AP“ ve stoji o úzké bázi.

Při porovnání dosaženého skóre v kognitivních úlohách výsledky analýzy dat prokázaly, že mladí jedinci dosahovali statisticky významně vyššího skóre v kognitivních úlohách ve všech posturálních situacích (tedy vsedě, ve stoji o úzké bázi a ve stoji tandemovém).

Na základě získaných výsledků lze dále konstatovat, že přidání kognitivní úlohy k posturálně náročně situaci ovlivnilo obě skupiny (ve smyslu zvýšení či snížení úrovně posturální stability) téměř totožně. Totéž lze říci i při opačném pohledu na věc, tedy z hlediska ovlivnění dosaženého skóre v kognitivní úloze přidáním posturálně náročně situace. Obě skupiny byly změnou posturálních podmínek z hlediska dosaženého skóre ovlivněny srovnatelně.

Sekundární kognitivní úlohy měly obecně pozitivní vliv na úroveň posturální stability obou skupin. V případě mladých jedinců bylo při zapojení Brooks' spatial memory task statisticky významné zvýšení posturální stability potvrzeno u parametrů „sway ML“, „V AP“ a „V“ ve stoji o úzké bázi, v parametrech „sway ML“ a „V AP“ v tandemovém stoji a v parametrech „V ML“ a „V AP“ ve stoji na jedné dolní končetině. V případě úlohy Zapamatování řady slov bylo navýšení úrovně posturální stability statisticky významně vyšší u parametru „sway ML“ a „V AP“ ve stoji o úzké bázi a v parametru „sway ML“ v tandemovém stoji. V případě skupiny seniorů, analýza dat prokázala statisticky významné navýšení úrovně posturální stability parametrech „V ML“, „V AP“ a „V“ ve stoji o široké bázi a v parametru „sway ML“ ve stoji o úzké bázi při kognitivní úloze Brooks' spatial memory task a v parametru „sway ML“ ve stoji o úzké bázi v případě zapojení Zapamatování řady slov.

Navýšení úrovně posturální stability bylo statisticky významně vyšší v případě použití úlohy Brooks' spatial memory task ve srovnání s úlohou Zapamatování řady slov. U mladých jedinců byla statistická významnost potvrzena u parametrů „V ML“ a „V“ ve stoji o úzké bázi. V případě seniorů byly statisticky významné parametry „sway AP“, „V ML“ a „V“ ve stoji o široké bázi a parametr „sway ML“ ve stoji o úzké bázi.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že úroveň posturální stability se v závislosti na věku snižuje, a to i v případě, jedná-li se o zdravé seniory (bez poruch rovnováhy). Potvrdilo se, že s přibývajícím věkem dochází rovněž k poklesu funkce některých kognitivních systémů (nižší skóre v kognitivních úlohách u skupiny seniorů). Avšak vztaženo k aspektům kapacity pozornosti a schopnosti rozdělit pozornost lze na základě získaných dat konstatovat, že zdraví mladí jedinci a zdraví seniory vykazovali srovnatelné výsledky. Přidání sekundární kognitivní úlohy k posturálně náročné situaci mělo na testované jedince pozitivní vliv, a lze tedy zvážit možné zapojení automatických mechanismů posturální kontroly při přenesení pozornosti vně.

## SOUHRN

Diplomová práce se zabývá posouzením vlivu kognitivních duálních úloh na úroveň posturální stability u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů. Hlavním cílem práce bylo posoudit, zda existují rozdíly v úrovni posturální stability mezi mladými jedinci a seniory a zda se tyto případné rozdíly navyšují při použití duálních úkolů. Druhým hlavním cílem práce bylo zjistit, zda se liší úroveň posturální stability v závislosti na použití odlišných typů kognitivních úloh. Vedlejším cílem diplomové práce bylo ověřit, zda budou skupiny dosahovat v kognitivních úlohách rozdílného skóre, a zda se tyto případné rozdíly zvýrazní během duálních úkolů. Měření posturální stability bylo provedeno pomocí silové plošiny.

Výzkumu se účastnilo 41 probandů ve věkovém rozmezí 21–78 let. Účastníci byli na základě věku rozděleni do dvou skupin. Skupina zdravých mladých jedinců byla tvořena z 23 účastníků ve věkovém průměru 24,4 let. Skupinu zdravých seniorů tvořilo 18 seniorů ve věkovém průměru 68,7 let.

Výsledky studie poukazují na statisticky významně vyšší úroveň posturální stability mladých dospělých jedinců ve srovnání se seniory v situaci bez kognitivní úlohy i v případě provádění duálních úkolů. Nelze ale konstatovat, že by přidání kognitivní úlohy k posturální situaci ovlivnilo úroveň posturální stability některé z výzkumných skupin statisticky významně více. Úroveň posturální stability při použití kognitivní úlohy vyžadující vizuálně prostorovou složku paměti byla v některých parametrech statisticky významně vyšší než při použití kognitivní úlohy náročné na verbální složku paměti a to u obou výzkumných souborů.

Současně byla mezi skupinami zjištěna statistická významnost v dosaženém skóre v kognitivních úlohách, a to jak v situaci bez posturálně náročné situace, tak v případě současného vystavení jedinců posturálně náročné situaci. Ve všech testovacích situacích vykazovali zdraví mladí jedinci vyšší dosažené skóre v kognitivních úlohách oproti zdravým seniorům.

Přidání sekundární kognitivní úlohy způsobilo statisticky významné navýšení úrovně posturální stability v některých parametrech u obou skupin.

## SUMMARY

This thesis focuses on the assessment of the impact of cognitive dual tasks on postural stability in healthy young individuals and healthy elderly. The aim of this thesis was to ascertain the presence of differences in postural stability between young individuals and the elderly and whether these potential differences may be accentuated during dual tasks. The second primary aim of the thesis was to find out whether postural stability differs depending on the use of various types of cognitive tasks. The secondary aim of the thesis was to determine whether groups will achieve different scores in cognitive tasks and whether these potential differences will be accentuated during dual tasks. Postural stability was measured using a force plate.

41 subjects aged 21–78 years participated in the research. Participants were divided into two groups based on their age. The group of healthy young individuals consisted of 23 participants with an average age of 24.4 years. The group of healthy elderly consisted of 18 elderly adults with an average age of 68.7 years.

The study shows a statistically significantly higher postural stability in young adults compared to the elderly both in single task conditions and during dual tasks. However, we cannot conclude that the addition of cognitive load to the postural load has a statistically significant effect on postural stability of any of the study groups. The level of postural stability during a visuo-spatial memory task was statistically significantly higher (in some parameters) than during a verbal memory task in both study cohorts.

At the same time, there was a statistically significant inter-group difference in the score achieved in cognitive tasks, both in a situation without postural challenge and in simultaneous exposure of individuals to postural challenge. Healthy young subjects showed higher scores in cognitive tasks compared to healthy elderly in all test situations.

The addition of a secondary cognitive task caused a statistically significant increase in postural stability in some parameters in both groups.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- Abrahámová, D., & Hlavačka, F. (2008). Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiological Research*, 57, 957–964.
- Amarya, S., Singh, K., & Sabharwal, M. (2018). Ageing process and physiological changes. *Gerontology*. Retrieved from <https://www.intechopen.com/books/gerontology/ageing-process-and-physiological-changes>.
- Ambler, Z. (2012). Neurologické problémy ve starším věku. *Postgraduální medicína*, 14(2), 201–206.
- An, H. J., Kim, J. I., Kim, Y. R., Lee, K. B., Kim, D. J., Yoo, K. T., & Choi, J. H. (2014). The effect of various dual task training methods with gait on the balance and gait of patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(8), 1287–1291. doi: 10.1589/jpts.26.1287
- Andersson, G., Hagman, J., Talianzadeh, R., Svedberg, A., & Larsen, H. C. (2002). Effect of cognitive load on postural control. *Brain Research Bulletin*, 58(1), 135–139. doi: 10.1016/S0361-9230(02)00770-0
- Baddeley, A. D. (1983). Working Memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 302(1110), 311–324. doi: 10.1098/rstb.1983.0057
- Beauchet, O., Dubost, V., Allali, G., Gonthier, R., Hermann, F. R., & Kressig, R. W. (2007). 'Faster counting while walking' as a predictor of falls in older adults. *Age and Ageing*, 36(4), 418–423. doi: 10.1093/ageing/afm011
- Bizovská, L., Janura, M., Míková, M., & Svoboda, Z. (2017). *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Bloem, B. R., Valkenburg, V. V., Slabbekoorn, M., & van Dijk, J. G. (2001). The multiple tasks test. Strategies in Parkinson's disease. *Experimental Brain Research*, 137(3–4), 478–486. doi: 10.1007/s002210000672
- Boyce, J. M., & Shone, G. R. (2006). Effects of ageing on smell and taste. *Postgraduate Medical Journal*, 82(966), 239–241. doi: 10.1136/pgmj.2005.039453
- Brauer, S. G., Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2001). The interacting effects of cognitive demand and recovery of postural stability in balance-impaired elderly persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(8), M489–M496. doi: 10.1093/gerona/56.8.M489
- Brooks, L. R. (1967). The suppression of visualization by reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 289–299.

- Brown, L. A., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1999). Attentional demands and postural recovery: The effects of aging. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *54*(4), M165–M171. doi: 10.1093/gerona/54.4.M165
- Bryant, E. C., Trew, M. E., Bruce, A. M., Kuisma, R. M. E., & Smith, A. W. (2005). Gender differences in balance performance at the time of retirement. *Clinical Biomechanics*, *20*(3), 330–335. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2004.11.006
- Carpenter, M. G., Adkin, A. L., Brawley, L. R., & Frank, J. S. (2006). Postural, physiological and psychological reactions to challenging balance: Does age make a difference? *Age and Ageing*, *35*(3), 298–303. doi: 10.1093/ageing/afl002
- Carr, J., & Shepherd, R. (1998) *Neurological rehabilitation: Optimizing of motor performance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Colledge, N. R., Cantley, P., Peaston, I., Brash, H., Lewis, S., & Wilson, J. A. (1994). Ageing and balance: The measurement of spontaneous sway by posturography. *Gerontology*, *40*(5), 273–278. doi: 10.1159/000213596
- Čakrt, O. (2009). Kinetická analýza (posturografie). In P. Kolář et al., *Rehabilitace v klinické praxi* (pp. 198–199). Praha: Galén.
- Český statistický úřad. (2018). *Projekce obyvatelstva České republiky 2018–2100*. Retrieved from <https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-ceske-republiky-2018-2100>
- Dault, M. C., Frank, J. S., & Allard, F. (2001). Influence of a visuo-spatial, verbal and central executive working memory task on postural control. *Gait & Posture*, *14*(2), 110–116. doi: 10.1016/S0966-6362(01)00113-8
- Deviterne, D., Gauchard, G. C., Jamet, M., Vançon, G., & Perrin, P. P. (2005). Added cognitive load through rotary auditory stimulation can improve the quality of postural control in the elderly. *Brain Research Bulletin*, *64*(6), 487–492. doi: 10.1016/j.brainresbull.2004.10.007
- Dorfman, J. (1998). Problem solving, inhibition and frontal lobe function. In: N. Raz (Ed.), *The Other Side of the Error Term: Aging and Development as Model Systems in Cognitive Neuroscience* (pp. 395–448). Amsterdam: Elsevier Science. doi: 10.1016/S0166-4115(98)80010-1
- Doumas, M., Smolders, C., & Krampe, R. T. (2008). Task prioritization in aging: Effects of sensory information on concurrent posture and memory performance. *Experimental Brain Research*, *187*(2), 275–281. doi: 10.1007/s00221-008-1302-3

- Du Pasquier, R. A., Blanc, Y., Sinnreich, M., Landis, T., Burkhard, P., & Vingerhoets, F. J. G. (2003). The effect of aging on postural stability: A cross sectional and longitudinal study. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 33(5), 213–218. doi: 10.1016/j.neucli.2003.09.001
- El-Kahky, A. M., Kingma, H., Dolmans, M., & de Jong, I. (2000). Balance control near the limit of stability in various sensory conditions in healthy subjects and patients suffering from vertigo or balance disorders: Impact of sensory input on balance control. *Acta Oto-Laryngologica*, 120(4), 508–516. doi: 10.1080/000164800750046018
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Era, P., Avlund, K., Jokela, J., Gause-Nilsson, I., Heikkinen, E., Steen, B., & Schroll, M. (1997). Postural balance and self-reported functional ability in 75-year-old men and women: A cross-national comparative study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(1), 21–29. doi: 10.1111/j.1532-5415.1997.tb00973.x
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204–213. doi: 10.1159/000093652
- Faulkner, J. A., Larkin, L. M., Claflin, D. R., & Brooks, S. V. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 34(11), 1091–1096. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x
- Felšöci, M., Toman, O., & Špinar, J. (2009). Specifika kardiologických postižení ve vyšším věku. *Medicína pro praxi*, 6(5), 240–242.
- Fraizer, E. V., & Mitra, S. (2008). Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait & Posture*, 27(2), 271–279. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.04.002
- Fraser, S. A., & Li, K. Z. H. (2012). Dual-task performance in motor learning. In N. M. Seel et al. (Eds.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 1048–1050). Boston: Springer.
- Fujita, T., Nakamura, S., Ohue, M., Fujii, Y., Miyauchi, A., Takagi, Y., & Tsugeno, H. (2005). Effect of age on body sway assessed by computerized posturography. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 23(2), 152–156. doi: 10.1007/s00774-004-0554-7
- Gaines, A. D. (2010). Anosmia and hyposmia. *Allergy and Asthma Proceedings*, 31(3), 185–189. doi: 10.2500/aap.2010.31.3357



- Gatev, P., Thomas, S., Kepple, T., & Hallett, M. (1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of Physiology*, 514(3), 915–928. doi: 10.1111/j.1469-7793.1999.915ad.x
- Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research and Everyday Experience* (3rd ed.). Belmont: Wadsworth Cengage Learning.
- Grigg, P. (1994). Peripheral neural mechanisms in proprioception. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3(1), 2–17. doi: 10.1123/jsr.3.1.2
- Gruss, P. (2009). *Perspektivy stárnutí: Z pohledu psychologie celoživotního vývoje*. Praha: Portál.
- Hageman, P. A., Leibowitz, J. M., & Blanke, D. (1995). Age and gender effects on postural control measures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(10), 961–965. doi: 10.1016/S0003-9993(95)80075-1
- Haggard, P. (2000). Interference between gait and cognitive tasks in a rehabilitating neurological population. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 69(4), 479–486. doi: 10.1136/jnnp.69.4.479
- Hartl, P. (1993). *Psychologický slovník*. Praha: Jiří Budka.
- Helus, Z. (2018). *Úvod do psychologie* (2nd ed.). Praha: Grada Publishing.
- Hollman, J. H., Kovash, F. M., Kubik, J. J., & Linbo, R. A. (2007). Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait & Posture*, 26(1), 113–119. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.08.005
- Horak, F. B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*, 67(12), 1881–1885. doi: 10.1093/ptj/67.12.1881
- Horak, F. B. (1996). Postural orientation and equilibrium. In L. B. Rowell & J. T. Shepard (Eds.), *Handbook of Physiology – Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems* (pp. 255–292). New York: Oxford University Press.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(suppl 2), ii7–ii11. doi: 10.1093/ageing/afl077
- Horak, F., Shupert, C., & Mirka, A. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobiology of Aging*, 10(6), 727–738. doi: 10.1016/0197-4580(89)90010-9
- Huxhold, O., Li, S. C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 69(3), 294–305. doi: 10.1016/j.brainresbull.2006.01.002

- Chapman, G. J., & Hollands, M. A. (2007). Evidence that older adult fallers prioritise the planning of future stepping actions over the accurate execution of ongoing steps during complex locomotor tasks. *Gait & Posture*, 26(1), 59–67.  
doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.07.010
- Janura, M., Vařeka, I., Lenhert, M., Svoboda, Z., Klugarová, J., Elfmark, M., ... Vařeková, R. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Jiráček, R. (2013). *Gerontopsychiatrie*. Praha: Galén.
- Juklová, K. (2010). *Základy obecné psychologie* (4th ed.). Hradec Králové: Gaudeamus.
- Kalvach, Z. (2004). Tělesné projevy stáří. In Z. Kalvach et al., *Geriatric a gerontologie* (pp. 99–103). Praha: Grada Publishing.
- Kalvach, Z., & Matouš, M. (2004). Hypokinetický syndrom. In Z. Kalvach et al., *Geriatric a gerontologie* (pp. 228–233). Praha: Grada Publishing.
- Kalvach, Z., & Mikeš, Z. (2004). Základní pojmy – stáří, gerontologie a geriatric. In Z. Kalvach et al., *Geriatric a gerontologie* (pp. 47–49). Praha: Grada Publishing.
- Kerr, B., Condon, S. M., & McDonald, L. A. (1985). Cognitive spatial processing and the regulation of posture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(5), 617–622. doi: 10.1037//0096-1523.11.5.617
- Kiss, R., Brueckner, D., & Muehlbauer, T. (2018). Effects of single compared to dual task practice on learning a dynamic balance task in young adults. *Frontiers in Psychology*, 9. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/323700180\\_Effects\\_of\\_Single\\_Compared\\_to\\_Dual\\_Task\\_Practice\\_on\\_Learning\\_a\\_Dynamic\\_Balance\\_Task\\_in\\_Young\\_Adults](https://www.researchgate.net/publication/323700180_Effects_of_Single_Compared_to_Dual_Task_Practice_on_Learning_a_Dynamic_Balance_Task_in_Young_Adults)
- Klán, J., & Topinková, E. (2003). Pády a jejich rizikové faktory ve stáří. *Česká geriatrická revue*, 2, 38–43.
- Klevetová, D., & Dlabalová, I. (2008). *Motivační prvky při práci se seniory*. Praha: Grada Publishing.
- Králíček, P. (2011). *Úvod do speciální neurofyziologie* (3rd ed.). Praha: Galén.
- Kuo, A. D. (2005). An optimal state estimation model of sensory integration in human postural balance. *Journal of Neural Engineering*, 2(3), S235–S249. doi: 10.1088/1741-2560/2/3/S07
- Latash, M. L. (2008). *Neurophysiological basis of movement* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Lord, S. R., & Menz, H. B. (2000). Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*, *46*(6), 306–310. doi: 10.1159/000022182
- Manchester, D., Woollacott, M. H., 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. doi: 10.1093/geronj/44.4.M118
- Mareš, J. (2013). *Úvod do preklinické medicíny*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta.
- Marsh, A. P., & Geel, S. E. (2000). The effect of age on the attentional demands of postural control. *Gait & Posture*, *12*(2), 105–113. doi: 10.1016/S0966-6362(00)00074-6
- Masui, T., Hasegawa, Y., Matsuyama, Y., Sakano, S., Kawasaki, M., & Suzuki, S. (2005). Gender differences in platform measures of balance in rural community-dwelling elders. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *41*(2), 201–209. doi: 10.1016/j.archger.2005.02.003
- Maurer, C., Mergner, T., Bolha, B., & Hlavacka, F. (2000). Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neuroscience Letters*, *281*(2–3), 99–102. doi: 10.1016/S0304-3940(00)00814-4
- Maylor, E. A., & Wing, A. M. (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *51B*(3), P143–P154. doi: 10.1093/geronb/51B.3.P143
- Maylor, E. A., Allison, S., & Wing, A. M. (2001). Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. *British Journal of Psychology*, *92*(2), 319–338. doi: 10.1348/000712601162211
- McNevin, N. H., & Wulf, G. (2002). Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Human Movement Science*, *21*(2), 187–202. doi: 10.1016/S0167-9457(02)00095-7
- Melzer, I., Benjuya, N., & Kaplanski, J. (2001). Age-related changes of postural control: Effect of cognitive tasks. *Gerontology*, *47*(4), 189–194. doi: 10.1159/000052797
- Mitra, S. (2003). Postural costs of suprapostural task load. *Human Movement Science*, *22*(3), 253–270. doi: 10.1016/S0167-9457(03)00052-6
- Murphy, C., Schubert, C. R., Cruickshanks, K. J., Klein, B. E., Klein, R., & Nondahl D. M. (2002). Prevalence of olfactory impairment in older adults. *Jama*, *288*(18), 2307–2312. doi: 10.1001/jama.288.18.2307

- Nakagawa, H. B., Ferraresi, J. R., Prata, M. G., & Scheicher, M. E. (2017). Postural balance and functional independence of elderly people according to gender and age: Cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, *135*(3), 260–265. doi: 10.1590/1516-3180.2016.0325280217
- Nakonečný, M. (1998). *Základy psychologie*. Praha: Academia.
- Nath, S., & Szücs, D. (2016). Interaction of numerical and nonnumerical parameters in magnitude comparison tasks with children and their relation to arithmetic performance. In A. Henik (Ed.), *Continuous Issues in Numerical Cognition* (pp. 305-323). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-801637-4.00014-7
- Opavský, J. (2003). *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Pacovský, V. (1990). *O stárnutí a stáří*. Praha: Avicenum.
- Pellecchia, G. L. (2010). Dual-task training reduces impact of cognitive task on postural sway. *Journal of Motor Behavior*, *37*(3), 239–246. doi: 10.3200/JMBR.37.3.239-246
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, *88*(3), 1097–1118. doi: 10.1152/jn.2002.88.3.1097
- Plháková, A. (2004). *Učebnice obecné psychologie*. Praha: Academia.
- Porter, M. M., Vandervoort, A. A., & Lexell, J. (1995). Aging of human muscle: Structure, function and adaptability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *5*(3), 129–142. doi: 10.1111/j.1600-0838.1995.tb00026.x
- Preiss, M., & Kučerová, H. (2006). *Neuropsychologie v psychiatrii*. Praha: Grada Publishing.
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., & Myklebust, B. M. (1996). Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, *43*(9), 956–966. doi: 10.1109/10.532130
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of Physiology*, *587*(17), 4139–4146. doi: 10.1113/jphysiol.2009.175372
- Qu, X. (2014). Age-related cognitive task effects on gait characteristics: Do different working memory components make a difference?. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, *11*(1). doi: 10.1186/1743-0003-11-149
- Ramenzoni, V. C., Riley, M. A., Shockley, K., & Chiu, C. Y. P. (2007). Postural responses to specific types of working memory tasks. *Gait & Posture*, *25*(3), 368–373. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.04.014

- Rankin, J. K., Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A., & Brown, L. A. (2000). Cognitive influence on postural stability: A neuromuscular analysis in young and older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(3), M112–M119. doi: 10.1093/gerona/55.3.M112
- Rapp, M. A., Krampe, R. T., & Baltes, P. B. (2006). Adaptive task prioritization in aging: Selective resource allocation to postural control is preserved in Alzheimer disease. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 14(1), 52–61. doi: 10.1097/01.JGP.0000192490.43179.e7
- Redfern, M. S., Jennings, J. R., Martin, C., & Furman, J. M. (2001). Attention influences sensory integration for postural control in older adults. *Gait & Posture*, 14(3), 211–216. doi: 10.1016/S0966-6362(01)00144-8
- Redfern, M. S., Talkowski, M. E., Jennings, J. R., & Furman, J. M. (2004). Cognitive influences in postural control of patients with unilateral vestibular loss. *Gait & Posture*, 19(2), 105–114. doi: 10.1016/S0966-6362(03)00032-8
- Riley, M. A., Stoffregen, T. A., Grocki, M. J., & Turvey, M. T. (1999). Postural stabilization for the control of touching. *Human Movement Science*, 18(6), 795–817. doi: 10.1016/S0167-9457(99)00041-X
- Roberts, S. B., & Rosenberg, I. (2006). Nutrition and aging: Changes in the regulation of energy metabolism with aging. *Physiological Reviews*, 86(2), 651–667. doi: 10.1152/physrev.00019.2005
- Růžička, E., Kalvach, Z., Lischkeová, B., Rychlý, L., & Vrabc, P. (2004). Závratě, instabilita a pády ve stáří. In Z. Kalvach et al., *Geriatric a gerontologie* (pp. 207–225). Praha: Grada Publishing.
- Salvi, S. M., Akhtar, S., & Currie, Z. (2006). Ageing changes in the eye. *Postgraduate Medical Journal*, 82(971), 581–587. doi: 10.1136/pgmj.2005.040857
- Santos-Galduróz, R. F., Oliveira, F. G., Galduróz, J. C. F., & Bueno, O. F. A. (2009). Cognitive performance of young and elderly subjects on the free word recall memory test: Effect of presentation order on recall order. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42(10), 988–992. doi: 10.1590/S0100-879X2009001000019
- Scoppa, F., Gallamini, M., Belloni, G., & Messina, G. (2017). Clinical stabilometry standardization: Feet position in the static stabilometric assessment of postural stability. *Acta Medica Mediterranea*, 33, 707–713. doi: 10.19193/0393-6384\_2017\_4\_105

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, *84*(2), 127–190. doi: 10.1037/0033-295X.84.2.127
- Shock, N. W. (1957). *Trends in gerontology* (2nd ed.). Stanford: Stanford University Press.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2000). Attentional demands and postural control: The effect of sensory context. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*(1), M10–M16. doi: 10.1093/gerona/55.1.M10
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Motor control: Translating research into clinical practice* (4th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H., Kerns, K. A., & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *52A*(4), M232–M240. doi: 10.1093/gerona/52A.4.M232
- Shupert, C. L., & Horak, F. B. (1999). Adaptation of postural control in normal and pathologic aging: Implications for fall prevention programs. *Journal of Applied Biomechanics*, *15*(1), 64–74. doi: 10.1123/jab.15.1.64
- Schiffman, S. S., & Zervakis, J. (2002). Taste and smell perception in the elderly: Effect of medications and disease. *Advances in Food and Nutrition Research*, *44*, 247–346. doi: 10.1016/S1043-4526(02)44006-5
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Siu, K. C., & Woollacott, M. H. (2007). Attentional demands of postural control: The ability to selectively allocate information-processing resources. *Gait & Posture*, *25*(1), 121–126. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.02.002
- Soderberg, G. (1997). *Kinesiology: Application to pathological motion* (2nd ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Suchá, J. (2010). *Trénujte si paměť*. Praha: Portál.
- Swan, L., Otani, H., Loubert, P. V., Sheffert, S. M., & Dunbar, G. L. (2004). Improving balance by performing a secondary cognitive task. *British Journal of Psychology*, *95*(1), 31–40. doi: 10.1348/000712604322779442
- Swanenburg, J., de Bruin, E. D., Favero, K., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2008). The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *9*(1). doi: 10.1186/1471-2474-9-162

- Švingalová, D. (1998). *Základy psychologie. II díl, Kognitivní složka osobnosti* (2nd ed.). Liberec: Technická univerzita.
- Talarico, M. K., Lynall, R. C., Mauntel, T. C., Weinhold, P. S., Padua, D. A., & Mihalik, J. P. (2016). Static and dynamic single leg postural control performance during dual-task paradigms. *Journal of Sports Sciences*, *35*(11), 1118–1124. doi: 10.1080/02640414.2016.1211307
- Tang, P. F., & Woollacott, M. H. (1996). Balance control in the elderly. In A. M. Bronstein, T. Brandt, & M. H. Woollacott (Eds.), *Clinical disorders of balance, posture and gait* (pp. 268–284). London: Arnold.
- Teasdale, N., & Simoneau, M. (2001). Attentional demands for postural control: The effects of aging and sensory reintegration. *Gait & Posture*, *14*(3), 203–210. doi: 10.1016/S0966-6362(01)00134-5
- Teasdale, N., Bard, C., Larue, J., & Fleury, M. (1993). On the cognitive penetrability of posture control. *Experimental Aging Research*, *19*(1), 1–13. doi: 10.1080/03610739308253919
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England Journal of Medicine*, *319*(26), 1701–1707. doi: 10.1056/NEJM198812293192604
- Topinková, E. (2005). *Geriatric pro praxi*. Praha: Galén.
- Trojan, S. (2003). *Lékařská fyziologie* (4th ed.). Praha: Grada Publishing.
- van Iersel, M. B. (2006). Frail elderly patients with dementia go too fast. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *77*(7), 874–876. doi: 10.1136/jnnp.2005.084418
- VanderVelde, T. J., Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2005). Selective utilization of spatial working memory resources during stance posture. *Neuroreport*, *16*(7), 773–777. doi: 10.1097/00001756-200505120-00023
- Vařeka, I. (2002a). Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, *9*(4), 115–121.
- Vařeka, I. (2002b). Posturální stabilita (II. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, *9*(4), 122–129.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie*. Praha: Triton.

- Vrabec, P. (2002). *Rovnovážný systém I: Obecná část: Klinická anatomie a fyziologie, vyšetřovací metody*. Praha: Triton.
- Watkins, J. (2010). *Structure and function of the musculoskeletal system* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics
- Weber, P., Meluzínová, H., Kubešová, H., & Polcarová, V. (2005). Hypertenze a stárnoucí srdce z pohledu geriatra. *Kardiologická revue – Interní medicína*, 7(3), 160–164.
- Wickremaratchi, M. M., & Llewelyn, J. G. (2006). Effects of ageing on touch. *Postgraduate Medical Journal*, 82(967), 301–304. doi: 10.1136/pgmj.2005.039651
- Winter, D. A. (1995). *A. B. C. (Anatomy, Biomechanics and Control) of balance during standing and walking*. Waterloo: University of Waterloo.
- Wolfson, L., Whipple, R., Derby, C. A., Amerman, P., & Nashner, L. (1994). Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography. *Journal of Gerontology*, 49(4), M160–M167. doi: 10.1093/geronj/49.4.M160
- Woollacott, M. H. (1993). Age-related changes in posture and movement. *Journal of Gerontology*, 48(Special Issue), 56–60. doi: 10.1093/geronj/48.Special\_Issue.56
- World Health Organization. (2002). *Proposed working definition of an older person in Africa for the MDS Project*. Retrieved from <https://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/>
- World Health Organization. (2007). *WHO global report on falls prevention in older age*. Retrieved from [https://www.who.int/ageing/publications/Falls\\_prevention7March.pdf](https://www.who.int/ageing/publications/Falls_prevention7March.pdf)
- World Health Organization. (2018). *Falls*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls>
- Wulf, G., McNevin, N., & Shea, C. H. (2018). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 54(4), 1143–1154. doi: 10.1080/713756012
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23(3), 329–342. doi: 10.1002/mds.21720



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMTI	Advanced Mechanical Technology, Inc.
CNS	centrální nervová soustava
COG	center of gravity; vertikální projekce těžiště do opěrné báze
COM	center of mass; působíště tíhové síly, těžiště
COP	center of pressure; působíště vektoru reakční síly působící od podložky
EMG	elektromyografie
H	hypotéza
max	maximum
min	minimum
n	počet
NS	není signifikantní
SD	směrodatná odchylka
stat. význam	statistická významnost
stoj na 1 DK	stoj na jedné dolní končetině
sway AP	směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru
sway ML	směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru
V AP	průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru
V ML	průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru
V	celková rychlost pohybu COP
VO	výzkumná otázka
WHO	World Health Organisation
$\bar{x}$	aritmetický průměr
$\tilde{x}$	medián

# PŘÍLOHY

**Příloha 1.** Dotazník pro odběr anamnestických dat.

## **Anamnestický dotazník**

Jméno a příjmení:

Datum vyšetření:

Ročník narození (věk):

Výzkumný soubor:

Pohlaví:

Kontaktní údaje (telefon, e-mail):

### Kontrolní otázky pro zařazení do výzkumu

Pád během posledního půlroku (ano/ne + kolikrát):

Operace/úraz na dolních končetinách během posledního roku (ano/ne):

Specifika úrazů:

Onemocnění spjaté s poruchou rovnováhy (ano/ne):

Akutní neurologické onemocnění (ano/ne):

Amputace (ano/ne):

Testy poruch rovnováhy (výdrž 1 minuta)

Romberg II (splnil/nesplnil):

Tandemový stoj (splnil/nesplnil):

### Sociální anamnéza

Stupeň dosaženého vzdělání:

Zaměstnání (předchozí i aktuální, jak dlouho):

Charakter pracovní zátěže (například sedavé zaměstnání, fyzicky náročné):

Starobní důchod/DI/DIČ:

Pravidelná pohybová aktivita (ano/ne):

Jaká, jak často:

Rodinný stav:

Sám/s rodinou/dům/byt/schody/výtah (zakroužkovat)

Počet osob v domácnosti:

Osobní anamnéza:

Onemocnění (ano/ne):

Jaká, od kterého roku (relevantní data):

Užívané léky:

Kompenzační pomůcky (ano/ne, jaké):

Úrazy nebo operace dolních končetin či páteře (ano/ne):

Jaké + rok:

Bolesti v pohybovém systému (ano/ne):

Jaké, jak dlouho:

Závratě nebo poruchy rovnováhy (ano/ne, jak často, při jakých situacích):

Pády v minulosti (ano/ne) + počet:

Pokud ano, kdy a při jaké činnosti:

Počátek pádu (zatočení hlavy, podlomení kolen...):

Úrazy způsobené následkem pádu:

**Příloha 2.** Popisné statistiky měřených parametrů posturální stability u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Popisné statistiky měřených parametrů posturální stability u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)		Bez kognitivní úlohy			Kognitivní úloha Brooks			Kognitivní úloha Slova		
Parametr	Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD
Sway ML (mm)	stoj o úzké bázi	5,19	4,86	1,19	4,56	4,36	0,95	4,61	4,40	0,91
	tandemový stoj	6,23	6,03	0,97	5,82	5,84	1,12	5,51	5,67	0,90
	stoj na 1 DK	6,02	5,91	0,87	5,64	5,34	1,03	5,70	5,66	0,94
Sway AP (mm)	stoj o úzké bázi	5,13	4,89	1,71	4,80	4,69	1,36	4,68	4,44	1,14
	tandemový stoj	5,84	5,59	1,79	4,85	4,89	1,50	5,48	5,33	1,51
	stoj na 1 DK	7,32	7,15	1,39	6,89	6,52	1,71	7,03	6,64	1,71
V ML (mm/s)	stoj o úzké bázi	11,25	11,46	1,46	10,51	10,62	1,83	11,23	11,59	2,01
	tandemový stoj	20,10	19,66	3,24	20,61	20,40	3,83	21,05	21,58	4,24
	stoj na 1 DK	31,17	29,27	7,60	29,06	27,11	8,49	29,79	28,35	8,48
V AP (mm/s)	stoj o úzké bázi	8,96	9,25	1,22	8,28	8,22	1,36	8,50	8,40	1,45
	tandemový stoj	19,99	18,59	5,03	18,74	16,97	4,94	19,87	17,71	7,12
	stoj na 1 DK	24,59	23,47	5,08	22,93	21,99	5,32	23,31	22,19	6,38
V (mm/s)	stoj o úzké bázi	14,42	14,82	1,71	13,42	13,81	2,09	14,14	14,16	2,26
	tandemový stoj	28,53	28,28	5,15	28,11	27,43	5,09	29,20	27,95	7,39
	stoj na 1 DK	39,80	37,38	8,78	37,23	35,70	9,31	37,96	37,05	10,17

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet; kognitivní úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks ‘spatial memory task; kognitivní úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; SD – směrodatná odchylka; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

Popisné statistiky měřených parametrů posturální stability u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)		Bez kognitivní úlohy			Kognitivní úloha Brooks			Kognitivní úloha Slova		
Parametr	Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD
Sway ML (mm)	stoj o široké bázi	3,14	3,18	0,92	2,87	2,71	0,76	3,15	3,23	0,90
	stoj o úzké bázi	6,25	6,17	1,49	5,40	5,41	1,12	5,72	5,66	1,30
	tandemový stoj	8,90	9,11	1,63	8,45	8,41	1,79	8,61	8,83	1,97
Sway AP (mm)	stoj o široké bázi	5,02	5,13	1,38	4,45	4,49	1,15	4,96	4,79	1,26
	stoj o úzké bázi	6,25	6,07	1,91	5,38	5,27	1,19	5,94	5,86	1,74
	tandemový stoj	8,82	7,42	3,47	7,41	7,75	2,86	8,83	8,18	5,73
V ML (mm/s)	stoj o široké bázi	9,03	8,80	3,22	7,04	6,80	2,01	8,15	7,12	2,70
	stoj o úzké bázi	18,04	16,37	5,33	17,84	17,01	6,46	18,99	19,08	5,62
	tandemový stoj	42,44	39,18	12,34	43,47	42,93	12,94	45,85	47,82	14,28
V AP (mm/s)	stoj o široké bázi	11,12	10,74	3,19	10,29	9,54	3,38	11,21	10,04	4,29
	stoj o úzké bázi	14,51	12,29	6,16	13,28	12,26	4,76	14,29	12,85	5,41
	tandemový stoj	38,63	37,13	12,84	39,44	36,86	19,23	44,03	32,56	26,69
V (mm/s)	stoj o široké bázi	14,49	14,02	4,01	12,60	11,80	3,54	13,97	12,01	4,84
	stoj o úzké bázi	23,24	20,52	7,94	22,33	21,40	7,82	23,89	23,97	7,49
	tandemový stoj	57,58	55,68	17,28	59,36	55,83	21,72	65,20	55,73	27,20

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet; kognitivní úloha Brooks – kognitivní úloha Brooks‘ spatial memory task; kognitivní úloha Slova – kognitivní úloha Zapamatování řady slov;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; SD – směrodatná odchylka; sway ML (mm) – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v milimetrech; sway AP (mm) – směrodatná odchylka COP v anteroposteriorním směru v milimetrech; V ML (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v metrech za sekundu; V AP (mm/s) – průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru v metrech za sekundu; V (mm/s) celková rychlost pohybu COP v metrech za sekundu.

**Příloha 3.** Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task u zdravých mladých jedinců

Soubor M (n=23)	Brooks' spatial memory task (body)				
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	min	max	SD
sed	6,53	7,00	2,75	7,00	0,97
stoj o úzké bázi	6,11	7,00	1,25	7,00	1,46
tandemový stoj	6,32	7,00	4,00	7,00	1,08
stoj na 1 DK	6,63	7,00	4,50	7,00	0,66

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; min – minimum; max – maximum; SD – směrodatná odchylka; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině.

Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Brooks' spatial memory task u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)	Brooks' spatial memory task (body)				
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	min	max	SD
sed	5,36	4,88	3,50	7,00	1,23
stoj o široké bázi	4,58	4,63	1,75	7,00	1,62
stoj o úzké bázi	4,64	4,50	1,00	7,00	2,17
tandemový stoj	4,56	4,63	1,75	7,00	1,61

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; min – minimum; max – maximum; SD – směrodatná odchylka.

**Příloha 4.** Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců a zdravých seniorů.

Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov u zdravých mladých jedinců.

Soubor M (n=23)	Zapamatování řady slov (body)				
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	min	max	SD
sed	4,57	4,50	2,75	6,00	0,98
stoj o úzké bázi	4,25	4,50	1,25	6,00	1,32
tandemový stoj	4,42	4,50	2,50	6,00	1,05
stoj na 1 DK	4,73	5,00	2,50	6,00	1,05

**Legenda:** soubor M – soubor zdravých mladých jedinců; n – počet;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; min – minimum; max – maximum; SD – směrodatná odchylka; stoj na 1 DK – stoj na jedné dolní končetině.

Popisné statistiky dosaženého skóre v kognitivní úloze Zapamatování řady slov u zdravých seniorů.

Soubor S (n=18)	Zapamatování řady slov (body)				
Posturální situace	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	min	max	SD
sed	3,65	3,50	2,50	5,00	0,82
stoj o široké bázi	3,38	3,50	2,25	4,50	0,72
stoj o úzké bázi	3,18	3,13	2,00	6,00	1,09
tandemový stoj	3,14	3,00	1,25	6,00	1,13

**Legenda:** soubor S – soubor zdravých seniorů; n – počet;  $\bar{x}$  – průměr;  $\tilde{x}$  – medián; min – minimum; max – maximum; SD – směrodatná odchylka.