

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ZMĚNY POSTURÁLNÍ STABILITY A MOŽNOSTI JEJÍHO TRÉNINKU U  
SENIORSKÉ POPULACE

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Jana Marková, fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Elisa Isabel Doleželová, PhD.

Olomouc 2021

**Název závěrečné práce:** Změny posturální stability a možnosti jejího tréninku u seniorské populace

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie

**Vedoucí:** Mgr. Elisa Isabel Doleželová, PhD.

**Rok obhajoby:** 2021

**Abstrakt:** Tato bakalářské práce rešeršní formou podává informace související se změnami v řízení posturální stability, které vznikají následkem stárnutí organismu, jejich hodnocení a trénink. V této práci jsou představeny jednotlivé systémy podílející se na udržování posturální stability člověka, dále jsou uváděné fyziologické změny, které stáří doprovází. V další části práce jsou představené základní postupy hodnocení posturální stability a možnosti fyzioterapie pro jeho trénink. Druhá praktická část obsahuje kazuistiku pacienta.

**Klíčová slova:** rovnováha, posturální stabilita, senioři, fyzioterapie, trénink

**Autor 's first name and surname:** Jana Marková

**Title of the bachelor 's thesis:** Changes in postural stability and training options in older adults

**Department:** Department of Physiotherapy

**Supervisor:** Mgr. Elisa Isabel Doleželová, PhD.

**Year of presentation:** 2021

**Abstract:** The presented bachelor thesis, based on background research, deals with the changes in the management of postural stability due to the ageing of organism, their assessment and training. In the thesis the various systems taking part in sustaining postural stability of man are described and the physiological changes accompanying the ageing process mentioned. In the next part, the main methods of assessment of postural stability are presented, and the possible physiological training offered. In the practical part, a case study of a female patient is demonstrated.

**Keywords:** balance, postural stability, seniors, physiotherapy, training.



**PhDr. Ivana Marková**  
Mozartova 29  
Olomouc 779 00

Prohlašuji, že jsem závěrečnou písemnou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí Mgr. Elisy Isabel Doleželové, PhD., uvedla jsem všechny literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne ..... 2021.

.....

Děkuji Mgr. Elise Isabel Doleželové, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady, které mi poskytla při zpracování mé bakalářské práce.

## Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL.....	9
3	ČÁST TEORETICKÁ.....	10
3.1	Postura a posturální stabilita.....	10
3.1.1	Biomechanické pojmy.....	10
3.1.2	Neurofyziologické faktory.....	12
3.1.2.1	Výkonná složka.....	12
3.1.2.1.1	Kotníková, kyčelní a kroková strategie.....	13
3.1.2.1.2	Anticipační posturální funkce.....	16
3.1.2.2	Senzorická složka.....	16
3.1.2.2.1	Zrakový systém.....	17
3.1.2.2.2	Somatosenzorický systém.....	17
3.1.2.2.3	Vestibulární systém.....	18
3.1.3	Kognitivní systém.....	18
3.2	Změny v systémech posturální stability při stárnutí.....	20
3.2.1	Změny muskuloskeletálního systému.....	21
3.2.2	Změny neuromuskulárního systému.....	22
3.2.2.1	Změny v pohybových strategiích.....	23
3.2.2.2	Změny anticipačních posturálních funkcí.....	23
3.2.3	Změny senzorického systému.....	23
3.2.3.1	Změny somatosenzorického systému.....	24
3.2.3.2	Změny zrakového systému.....	24
3.2.3.3	Změny vestibulárního systému.....	25
3.2.4	Změny kognitivního systému.....	25
3.3	Testování stability.....	26
3.3.1	Testování pomocí funkčních zkoušek.....	26
3.3.2	Vyšetření pomocí přístrojové techniky.....	31
3.4	Trénink stability.....	36
3.4.1	Trénink statické a dynamické rovnováhy.....	37
3.4.2	Senzorický trénink.....	38
3.4.3	Cvičení na zlepšení funkce anticipačního systému.....	40

3.4.4	Trénink reakční stability .....	40
3.4.5	Duální cvičení .....	41
3.4.6	Cvičení na zvýšení svalové síly .....	41
3.4.7	Cvičení pomocí přístrojové techniky .....	42
4	ČÁST PRAKTICKÁ .....	45
4.1	Anamnéza .....	45
4.2	Kineziologický rozbor .....	45
4.3	Další testy zaměřené na rovnováhu .....	48
4.4	Krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán .....	49
	DISKUZE .....	50
	ZÁVĚR .....	53
	SOUHRN .....	54
	REFERENČNÍ SEZNAM .....	56
	SEZNAM ZKRATEK .....	68

# 1 ÚVOD

Úvodní kapitoly se věnují problematice posturální stability. Udržování posturální stability ovlivňují jak na biomechanické faktory, tak faktory neurofyzilogické. K udržení rovnováhy tělo používá několika strategií: kotníkové, kyčelní a krokové a anticipační posturální funkce. Informace o svém postavení v prostoru a zpětnou vazbu přijímá ze sensorických systémů a k provádění duálních úkolů zapojuje i kognitivní systém.

Při stárnutí organismu dochází ke snížení výkonnosti i k zhoršení fyziologických funkcí. To může mít za následek rozvoje různých onemocnění, také změny v posturálních systémech, zhoršení schopnosti udržet rovnováhu a pády v pokročilém věku mohou mít až fatální následky.

Cvičení rozdělené do několika kategorií pomáhá zlepšovat funkci posturálních systémů a slouží i jako prevence vzniku poruch v těchto systémech.

Práce se zabývá popsáním tréninku statické a dynamické stability, anticipačních posturálních funkcí a reakční posturální stability.



## **2 CÍL**

Cílem této bakalářské práce je rešeršní formou podat informace související se změnami v řízení posturální stability, které vznikají následkem stárnutí organismu, jejich hodnocení a trénink.

## 3 ČÁST TEORETICKÁ

V teoretické části bude popsána problematika posturální stability, složky tělesných systémů, které napomáhají jejímu udržování a možnosti jejich tréninku.

### 3.1 Postura a posturální stabilita

**Postura** znamená zaujetí polohy v prostoru a její aktivní držení proti působení vnějších sil (zejména síly tíhové, ale i dalších vlivů vnějšího prostředí). Posturu je třeba zaujmout ve všech polohách těla (např. sed, stoj) i při všech pohybech (např. chůze, zvedání končetin) (Kolář, 2009).

**Posturální stabilita** je chápána jako schopnost zaujímat a udržovat stálou polohu v prostoru (Goliwas, Furmaniuk a Lewandowski, 2015), cílem je zabránit vychýlení projekce těžiště z opěrné báze (Míková, 2006).

Udržování stability je dynamický proces, dokonce i v klidném stoji, kdy jde o polohu statickou a nemění se opěrná báze (Shumway-Cook a Woollacott, 2012), což se nazývá **statickou posturální stabilitou** (Míková, 2006). Stoj je polohou labilní, tělo (jeho COG) je zevními i vnitřními silami neustále vychylováno, proto je nuceno opakovaně zaujímat stálou polohu, aby se vyhnulo nechtěnému pádu (Kolář, 2009).

**Dynamická stabilita** se týká udržení stability při pohybu těla jako odpovědi na vlivy prostředí, dochází ke změně (velikosti) či pohybu opěrné báze (Míková, 2006).

Udržování postury a posturální stability závisí jak na biomechanice, tak na neurofyziologických faktorech lidského těla, kam patří muskulární a nervový systém spolu s kognitivními funkcemi organismu.

#### 3.1.1 Biomechanické pojmy

Stabilita závisí na několika biomechanických faktorech. Prvním z nich je **těžiště** těla (Centre of mass, **COM**), které se dá popsat jako bod, kam směřuje hmotnost celého těla (Vařeka a Vařeková, 2009).

Těžiště promítnuté do opěrné báze se nazývá **těžnice** (Centre of gravity, **COG**) (Vařeka a Vařeková, 2009). Ve vzpřímeném stoji se nesmí dostat dozadu za osy hlezenních kloubů, jinak by došlo k pádu nazad.

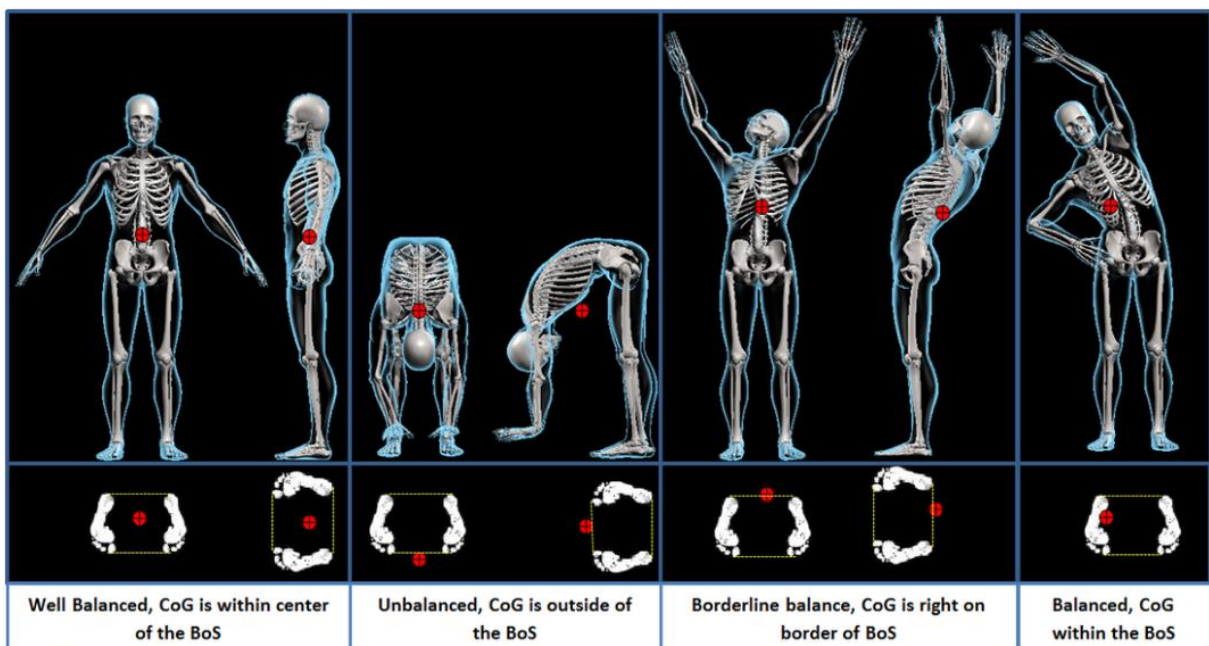
**Opěrná plocha** je část podložky, která je v kontaktu s tělem a v daném okamžiku vytváří opěrnou bázi (Kolář, 2009). Ve stoji to tedy budou plošky nohou, nebo tedy aspoň jejich části,

kteře se dotýkají podložky. Jejich zatížení však není rovnoměrné – největší tlak je kladen na kalkaneum a hlavičky metatarzů (Véle, 2006).

**Opěrná báze** (base of support, **BOS**) je celá plocha ohraničená vnějšími liniemi opěrné plochy (Vařeka a Vařeková, 2009). V klidném vzpřímeném stoji je normální opěrná báze plocha, která vzniká, pokud jedinec stojí s chodidly rovnoběžně a patami od sebe 17-30 cm (Goliwas et al., 2015). Zatížení dolních končetin v opěrné bázi není symetrické, při „uvolněném“ stoji (v „pohovu“) je jedna končetina zatěžována více než druhá, ovšem při vyrovnaném stoji by tento rozdíl neměl být větší než 10-15 % celkové hmotnosti (Véle, 2006). Tvar a velikost opěrné báze má vliv na posturální stabilitu. Například pokud člověk stojí s chodidly za sebou v tandemovém stoji, je jeho opěrná báze mnohem menší, než pokud stojí v normálním stoji (s chodidly na šířku pánve), a zároveň se i COP se více pohybuje, aby udržel COG mezi chodidly (Lee a Shin, 2019).

**COP** je působiště vektoru reakční síly podložky. Poloha COP se i v klidném stoji neustále mírně mění a pohybuje se kolem COG, aby ho udrželo v poměrně stálé pozici nad opěrnou bází. Uvnitř opěrné báze COG osciluje daleko méně než COP, které se pohybuje pomocí aktivace svalstva nohy a bérce (Vařeka a Vařeková, 2009). Rozhraní výchylek COP od COG je přibližně 1-2 cm (Ivanenko a Gurfinkel, 2018).

Obrázek 1. Projekce COG do opěrné báze v různých pozicích těla (převzato z <https://www.martial-science.com/balance-stability-and-mobility.html>)



### 3.1.2 Neurofyziologické faktory

Kromě biomechanických faktorů ovlivňují posturální stabilitu i faktory neurofyziologické. Posturální stabilita je tedy možná jen při spolupráci muskuloskeletálního a nervového systému (Míková, 2006).

Důležitou roli hraje muskuloskeletální systém (např. pohyblivost a rozsah v kloubech, flexibilita vazivového aparátu atd. (Míková, 2006).

Nervový systém zahrnuje svalovou aktivitu (výkonná složka), vjemy zaznamenávané senzorickou složkou (zrakový, vestibulární, somatosenzorický systém), anticipační posturální funkce a také zpracování těchto informací a řízení z CNS, který potom vybere vhodnou motorickou odpověď. Do této skupiny také řadíme kognitivní funkce.

#### 3.1.2.1 Výkonná složka

Na posturální stabilitě se z hlediska výkonné složky během klidného stoje podílí několik faktorů: svalový tonus, posturální tonus a pohybové strategie.

**Svalový tonus** představuje sílu, kterou se sval brání pasivnímu natažení. Tonus je dán jednak elasticitou svalových vláken a také souvisí s aktivací napínacích reflexů.

**Reflexní odpovědi** ovšem na udržení postury nemají velký vliv (Shumway-Cook a Woollacott, 2012), nicméně se na ní podílejí. Mezi ně se řadí posturální reflexy antigravitační, vzpřimovací reflexy a umíst'ovací reakce (Králíček, 2011).

**Posturální tonus** zajišťuje tonickou aktivaci antigravitačních svalů, která je pro udržení vzpřimeného stoje klíčová (Králíček, 2011). Jedná se o koordinovanou spolupráci agonistů a antagonistů, které jsou schopné zpevnit segmenty těla vzdorovat působení vnějších sil (v klidném stoji gravitační síle) (Kolář, 2009). Posturální tonus je řízen CNS ze supraspinálních oblastí. V klidném stoji převažuje tonus antigravitačních extenzorů nad flexory (Králíček, 2011). Aby mohlo dojít k pohybu, je funkce tonických svalů inhibována aktivací fázičkových svalů, ovšem jen po dobu trvání pohybu (Véle, 1995). Největší činnost vykazuje posturální systém ve vzpřimeném stoji (např. oproti poloze v sedu, lehu), proto budu nadále popisovat děje probíhající v této poloze. Pokud vnější vlivy tělo vychýlí z klidného stoje, v závislosti na směru vychýlení se posturální svaly v řetězcích aktivují a přispívají k obnovení stability. Nejvýznamnějšími posturálními svaly jsou: m. soleus a gastrocnemius, m. tibialis anterior, m. gluteus medius a tensor fasciae latae, m. iliopsoas, m. erector thoracis spinae a abdominální svaly (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Stabilizaci mezi páteřními segmenty zajišťuje **hluboký stabilizační systém páteře**. Do této skupiny svalů patří zejména m. transversus abdominis, bránice a svaly pánevního dna.

M. transversus abdominis spolu s břišními svaly a bránicí zpevňují břišní stěnu při nádechu, pomáhají stabilizaci páteře a vzpřímenému držení těla. Mezi svaly pánevního dna patří m. levator ani, m. coccygeus, mm. sacrococcygeus ventralis a dorsalis. Tyto svaly působí na postavení pánve, které ovlivňuje postavení segmentů páteře a tím tedy i držení těla (Véle, 2006).

K udržení posturální stability je kromě svalového a posturálního tonu potřeba **pohybových strategií**, které vyrovnávají fyziologické kolísání.

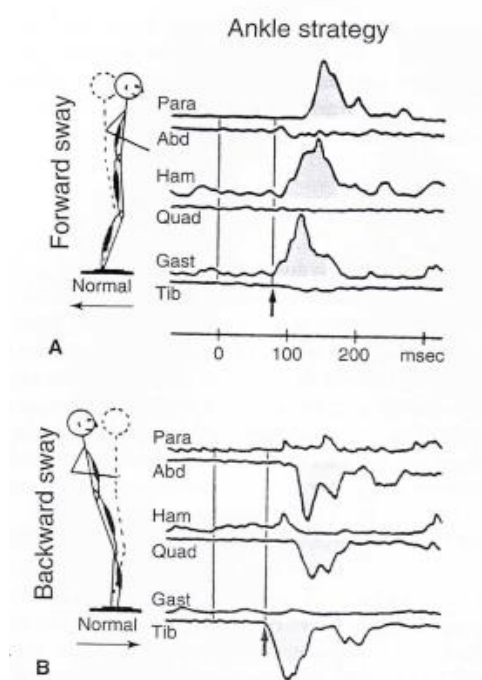
### **3.1.2.1.1 Kotníková, kyčelní a kroková strategie**

Pokud neměníme opěrou bázi, rozeznáváme dvě základní pohybové strategie – kotníkovou a kyčelní. Opěrná báze se mění při strategii krokové.

**Kotníková strategie** spočívá v aktivaci svalů způsobujících plantární/dorzální flexi a inverzi/everzi v hlezenním kloubu. Aktivují se ty svalové skupiny, které zajistí pohyb těla opačným směrem, než kterým bylo vychýleno. Pohyb se odehrává hlavně v hleznech a dolní končetiny se pohybují kolem hlezenních kloubů v jedné ose s trupem (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Tohoto mechanismu je využíváno v klidném stoji, kdy jsou vychýlení minimální. (Afschrift, Jonkers, Schutter a Grootte, 2016).

Pokud dojde k vychýlení v anteriorním směru, jako první se zapojí m. gastrocnemius. Aby nedošlo k flexi v kolenou či kyčlích, dojde k aktivaci hamstringů a nakonec i m. erectoru spinae. Při opačném směru vychýlení se aktivují svaly na přední straně dolních končetin, nejdříve m. tibialis anterior, dále m. quadriceps femoris a následují břišní svaly (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

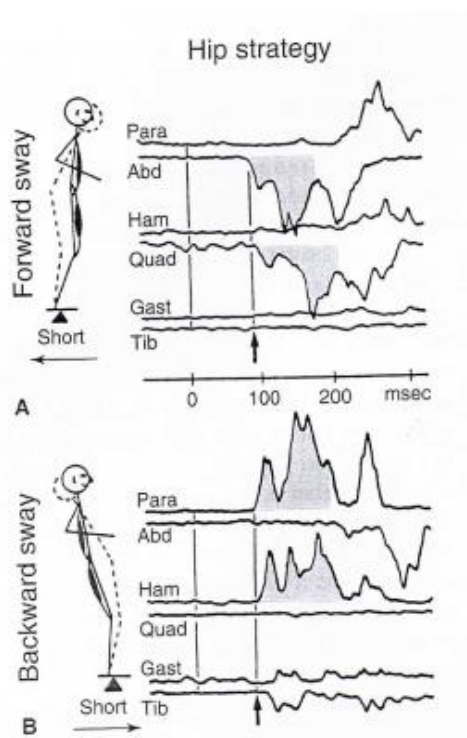
Obrázek 2. Hlezenní strategie (Shumway-Cook a Woollacott, 2012)



Pokud dojde k výraznější ztrátě stability, k většímu pohybu COM (např. menší opěrná báze, stoj v tandemovém stoji nebo stoj na pohyblivé podložce), strategie kotníková se změní na **kyčelní** (Reynard, Christe a Terrier, 2019). Při anetrioposteriorním pohybu se k flexi hlezenních kloubů se přidává flexe kloubů kyčelních. Při této strategii se svaly aktivují v opačném směru než u strategie kotníkové. Nejdříve se zapojí břišní svaly, které následuje m. quadriceps femoris (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Jestliže je potřeba stabilizovat posturu v mediolaterálním směru, bývá vzhledem k omezenému rozsahu pohybu v kolenních a hlezenních kloubech využíváno kyčelní strategie spíše než kotníkové. Po vychýlení je jedna dolní končetina více zatížena než druhá. Strategie začíná pohybem hlavy na stranu méně zatížené končetiny, pak dochází zde ke kombinaci abdukce v kyčli, abdukce vedlejší nohy (m. gluteus medius, m. tensor fascie latae) a aktivace kotníkových svalů, vše na opačnou stranu, než proběhl úklon hlavy (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Obrázek 3. Kyčelní strategie (Shumway-Cook a Woollacott, 2012)



Další strategií je **strategie kroková**. Často se jí využívá při velkých vychýlení, kdy je potřeba úkrokem zvětšit opěrnou bázi a zabránit pádu, ovšem může k ní docházet, i když se COG nedostane mimo opěrnou bázi (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Na udržení stability se vždy podílí jak kotníková, tak kyčelní strategie, avšak CNS může v závislosti na okolních podmínkách jednu zvolit jako dominantní (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Roli hrají i předchozí zkušenosti, adaptace nebo strach z pádu (Afschrift et al., 2016).

Na výběru strategie mají podíl i sensorické vjemy. CNS se o velikosti a směru vychýlení COG dozví pomocí zpětné vazby ze zrakových, somatosenzorických a vestibulárních receptorů a kompenzuje ho pomocí výše popsanych posturálních stereotypů (Reimann a Schöner, 2017).

Tyto stereotypy mohou být pozmeněny, pokud se jedná o anticipační vazbu. Při očekávaném vychýlení (např. zvedání těžkého předmětu, chůze) se přednastaví aktivace svalů a neoptimálnější postavení v kloubech tak, aby byla zachována co největší posturální stabilita. Tyto případy bývají spojovány s čtenějším využitím kotníkové strategie než u nepředvídaných vychýlení, kde byla zaznamenána převaha strategií kyčelních (Ritzmann, Lee, krause, Gollhofer a Freyler, 2018).

Může dojít i k situaci, kdy se vychýlení nerovná očekávání a přednastavení postavení v kloubech i svalová odpověď jsou neadekvátní. Na udržení stability se podílí monosynaptické napínací reflexy (Ritzmann et al., 2018).

### 3.1.2.1.2 Anticipační posturální funkce

Schopnost anticipačního posturálního nastavení je v každodenním životě nezbytná. Uplatňuje se již před začátkem pohybu a cílem je minimalizovat vznik titubací (Sakamoto a Iguchi, 2018). Mozek před každým volným pohybem vyhodnocením sensorických (např. zrak, propiocepce) a kognitivních informací (např. účel pohybu) předvídá jeho následky. V reakci na konkrétní situaci a prostředí aktivuje vhodné motorické programy (Zhang, Brenner, Duysens, Verschueren a Smeets, 2019) v předstihu asi 50 ms před začátkem pohybu. Této fázi se říká **fáze přípravná** (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Tyto svaly jsou předpřipraveny CNS a toto přednastavení se nazývá „centrálním nastavením“. To znamená, že posturální odpovědi jsou CNS vybírány na základě daného prostředí a pohybového úkolu. Díky centrálnímu nastavení je možné rychle vybírat vhodné posturální odpovědi (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Poté, co fázické svaly provedou žádaný pohyb, posturální svaly se zapojí znovu, tentokrát ve **fázi kompenzační**. Mozek využívá zpětnou vazbu ze sensorických receptorů (proprioceptorů svalů, fascií a kloubů) a snaží se pomocí tonických svalů vyrovnat vychýlení a udržet COG v opěrné bázi. Pokud jsou titubace moc velké, je k udržení rovnováhy potřeba opět zapojit fázické svaly (Zhang et al., 2019).

Na časný vznik přípravné i kompenzační fáze má vliv několik faktorů. Jsou to například směr a rychlost vychýlení, postura, očekávání a věk. Roli hraje i zátěž kognitivního systému (Zhang et al., 2019).

### 3.1.2.2 Sensorická složka

Udržování posturální stability závisí na správném určení polohy a orientace těla v prostoru. CNS vyhodnocuje podněty z vnějšího i vnitřního prostředí, které jsou zachycovány na sensorických receptorech zrakového, vestibulárního i somatosenzorického systému.

Pokud spolu informace z jednotlivých receptorů nesouhlasí, může to vést k pohybové/posturální nejistotě až nestabilitě, když se zapojí kompenzační posturální mechanismy, ačkoliv k vychýlení z původní polohy ve skutečnosti nedošlo. Aby k této situaci nedošlo, přikládá CNS sensorickým složkám v závislosti na okolních podmínkách (a tedy přesnosti a spolehlivosti informací ze sensorických receptorů) různý význam (Véle, 2006).

Ztrátou nebo snížením přísunu informací z jednoho systému, nahradí jeho funkci zesílením jiné složky, např. člověk s neuropatií, kde je propiocepce porušena, se při chůzi opírá hlavně o zrakové vjemy (Véle, 2006).

Patří sem tři sensorické systémy: zrakový, somatosenzorický a vestibulární.



### **3.1.2.2.1 Zrakový systém**

Pomocí zrakových vjemů získáváme informace o pozici a poloze hlavy v prostoru, také má podíl na přesnosti pohybů i „timing“ motorických reakcích (Alghadir, Alotaibi a Igbal, 2019) (největší důležitost má periferní vidění) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Důležitost jednotlivých systémů závisí na rychlosti svalové odpovědi. Díky podnětům ze zrakových receptorů se aktivují příslušné kompenzační mechanismy k vyrovnání stability s 200ms zpožděním, proto je pro CNS výhodnější využívat systémy s rychlejší svalovou odpovědí (somatosenzorický systém 80-100 ms) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Zrakem fixujeme pevné body v prostoru a řídíme podle nich svoji polohu (Véle, 2006). Tyto informace nejsou ovšem vždy plně spolehlivé. Zrakový systém není vždy schopen rozeznat od sebe „exocentrický“ pohyb okolních objektů od „egocentrického“ pohybu vlastního těla (Shumway-Cook a Woollacott, 2012) (např. při rozjíždění sousedního vlaku má člověk pocit, že se pohybuje vlak, ve kterém sám sedí), což může vést ke vzniku posturální nejistoty (Véle, 2006).

Zraková kontrola není k udržení stability nezbytná, při její ztrátě či omezení se ovšem zvýší výchylky COG a je tedy vyšší nestabilita, jak je možné pozorovat u jedinců se zavřenými očima (Alghadir et al., 2019). Ty jde docela dobře kompenzovat pomocí zesílení propiocepce. Naopak pokud se u zdravých mladých jedinců zvýší nestabilita (vlivy vnějšího prostředí, užší báze), posiluje se zraková kontrola. U dětí a seniorů hraje větší roli, jelikož kompenzuje snížení propiocepce z kotníků a plosek nohou (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.1.2.2.2 Somatosenzorický systém**

Úkolem somatosenzorického systému je poskytnout mozku informace ze somatosenzorických receptorů (kožních receptorů a propioceptorů) a předat mu tak informace o poloze a pohybu segmentů těla (Čada, Černý a Čakrt, 2017).

Kožní receptory zahrnují (mechanoreceptory) Meissnerova a Paciniho tělíška, která vnímají taktilní a vibrační cití, a tlakové Merkelovy disky a Ruffiniho tělíška. Tlakové receptory mají díky své pomalé adaptaci pro posturální kontrolu větší význam než Meissnerova a Paciniho tělíška, protože vysílají vzruchy do CNS po celou dobu působení podnětu. Jsou důležité ve stoji a při pomalých, kdy jsou plošky nohou s těmito receptory v kontaktu s podložkou po delší dobu. Ke kožním receptorům patří i volná nervová zakončení registrující teplo či bolest (Čada et al., 2017). Vjem bolesti má vliv na průběh pohybu, mění se pohybový program, aby se postižená bolavá část šetřila (Véle, 2006).

Mezi propioceptory patří svalová vřeténka (ve svalech), Golgiho šlachová tělíska (ve šlachách a vazech) a Paciniho tělíska (v kloubních pouzdrech), která vnímají mechanické podněty informují o postavení a pohybu v kloubech (Čada et al., 2017).

Pro pohyb jsou informace ze somatosenzorických receptorů zásadní. Pomocí nich jsou zapojovány svaly na dolních končetinách tak, aby došlo ke zmírnění titubací a zachování stability. Díky rychlosti zapojení posturálních mechanismů (80-100 ms) klade CNS na somatosenzorickou složku větší důraz a je při sensorickém konfliktu upřednostňovaná. Toto platí jen v podmínkách, kdy jedinec stojí na pevné, nepohyblivé podložce. Pokud je podložka v poloze horizontální (např. nájezd, rampa) nebo se pohybuje, informace ze somatosenzorických receptorů nejsou spolehlivé (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.1.2.2.3 Vestibulární systém**

Vestibulární aparát se dělí na periferní a centrální. Centrální zahrnuje vestibulární jádra dráhy. Periferní vestibulární aparát se skládá z labyrintu a vestibulárního nervu. Jeho receptory registrují úhlové zrychlení a lineární pohyb hlavy a informace posílají dále do CNS (vestibulární jádra, mozeček) (Čada et al., 2017). Aby ovšem mohl CNS rozeznat pohyby hlavy od pohybu celého trupu, potřebuje k tomu i informace z jednoho z předcházejících systémů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Také svalové odpovědi na vestibulární podněty jsou oproti somatosenzorickým cca. 10krát nižší, proto na udržování stability má u zdravých jedinců při horizontálním vychýlení nejmenší podíl. Na významu získává, jestliže se jedinec dostane na podložku nakloněnou. V tomto případě dojde k oslabení somatosenzitivních vjemů a svalová odpověď se řídí zrakovými a vestibulárními impulzy. Pokud jedinec navíc zavře oči, je aktivována z 80 % vestibulárními polokruhovitými kanálky. (Shumway-Cook a Woollacott, 2012)

Aktivace svalů závisí na směru vychýlení. Pokud dojde k nestabilitě v anterioposteriorním směru, nejdříve se aktivují svaly na dolních končetinách, kdežto v mediolaterálním směru jsou to svaly trupové a v okolí kyčle (hip muscles) a aktivace nastává později (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.1.3 Kognitivní systém**

Udržování rovnováhy není plně automatický proces. Kromě sensorické aference vyžaduje určitou míru pozornosti – tedy spolupráci kognitivního systému (Leassoe, Larsen, Schunck, Lehmann a Iversen, 2019).

Míra pozornosti závisí na aktuálních posturálních podmínkách prostředí, náročnosti posturální aktivity a schopnostech nebo i věku jedince (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Čím těžší je pro tělo udržet rovnováhu, zvláště pokud jedinec vykonává dva úkoly najednou, tím víc narůstá potřeba pozornosti (Leasso et al., 2019).

Pokud jedinec musí zvládnout dva úkoly najednou, pozornost je rozdělena mezi úkol senzomotorický a kognitivní (Huxhold, Li, Schmiedek a Linderberger, 2006). Pokud nároky překročí hranici pozornosti, tak buď dojde k horšímu provedení u obou úkolů, nebo k upřednostnění jednoho úkolu na úkor druhého. Při kombinaci posturálního a kognitivního úkolu je většinou posturální vybrán jako primární (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

## 3.2 Změny v systémech posturální stability při stárnutí

Průběh biologického stárnutí ovlivňuje mnoho faktorů. Tyto faktory ovlivňují zdraví jedince a potom i délku života. Ta je z části daná genetikou (20 %), záleží na schopnosti reparace DNA, tedy obnově buněk (klíčové jsou buňky mozkové, svalové a jaterní). Z větší části (80 %) mají na délku života vliv faktory, které jsou zvenčí ovlivnitelné. Jsou to vlivy prostředí jako například viry/bakterie, toxiny, znečištění, životní styl. Důležitou roli hraje správná výživa, dostatečná pohybová aktivita (zlepšení kardiovaskulárních funkcí, prevence obezity, svalová síla atd.). Pokud převáží pozitivní sekundární vlivy, mohou život prodloužit o 10 až 20 let (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Kombinace nebo součet faktorů může mít za následek změny v tělesných systémech, které mohou způsobit pokles výkonosti a zhoršení fyziologických funkcí. To je spojeno s vyšší náchylností k různým neurodegenerativním, metabolickým, kardiologickým, muskuloskeletálním onemocněním (Grote, Reinhardt, Zhang a Wang, 2019) nebo kognitivním deficitům (Saftari a Kwon, 2018).

Tyto změny v pokročilém věku zvyšují riziko pádů. Pádem (nebo ztrátou rovnováhy) se rozumí stav, kdy se COG dostane mimo opěrnou bázi nebo jakákoliv situace, kdy jedinec neúmyslně spadne na zem nebo na nižší úroveň (Roman-Liu, 2018). Pády jsou druhou nejčastější příčinou nepřirozených smrtí hned po dopravních nehodách (Saftari a Kwon, 2018). Jejich následky často vedou ke smrti nebo ke zhoršení zdraví a kvality života (Le Mouel, Tisserand, Robert a Brette, 2019). Pády seniorů často vedou ke zlomeninám, hospitalizaci, následně ke zhoršení mobility a rovnováhy, omezení v ADL aktivitách. Ty nejsou patrné v takové míře u seniorů, kteří v minulosti nespádli (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Stárnutí je rozděleno podle tří kritérií. **Kalendářní stáří** je určuje jednoduše podle věkové hranice. Ta je v Evropské unii nastavena na 65 let. **Sociální stáří** se týká změn v sociálních podmínkách, které jsou spojovány s odchodem do důchodu, osamostatněním se dětí v rodině, nejistotou ve vyhlídkách do budoucnosti. Naopak **biologické stáří** závisí na přirozených změnách v organismu, které mohou vést k poklesu zdraví nebo výskytu onemocnění. Stárnutí je ovšem proces individuální, nikdo nemá stejné genetické předpoklady ani životní podmínky (vnější faktory). Proto nelze pro biologické stárnutí jednoduše stanovit přesné věkové rozpětí (Slepička, 2015).

Následující kapitoly popisují změny v systémech podílejících se na udržování rovnováhy, které vznikají jako následek fyziologického procesu stárnutí.

### **3.2.1 Změny muskuloskeletálního systému**

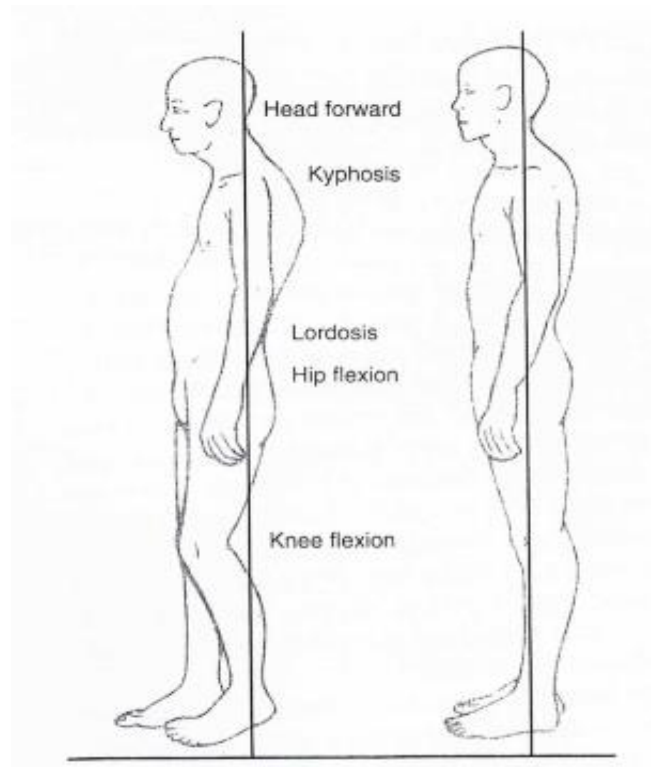
Na muskuloskeletálním systému se změny objevují již po 30. roce života. Avšak k rychlému rozvoji dochází až kolem 60 let (Bonewald, 2018).

Mluvíme zde o úbytku svalové a kostní hmoty, změnách na chrupavce i vazech. Svalové buňky zanikají a jsou nahrazovány pojivovou a tukovou tkání (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Takovýto úbytek svalové hmoty se u stárnoucí populace označuje jako sarkopenie (Bonewald, 2018). Ta se váže se snížením svalové síly a funkce svalů.

U starších jedinců dochází k poklesu svalové síly o 1-1,5 % za rok (Grote et al., 2019), například na dolních končetinách, kde mezi 30. a 80. rokem může svalová síla klesnout až o 40 %. Snižuje se počet motorických jednotek i nervosvalových plotének (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Jedinci ve věku 60 let mají až o 25-50 % méně motoneuronů než jedinci 20 letí (Grote et al., 2019), což ovlivňuje nejen svalovou sílu, ale i výdrž svalů v kontrakci. Svaly se unaví rychleji a také klesá rychlost, s jakou se ve svalu vytvoří napětí. Proto bývají více ovlivněny rychlé/koncentrické kontrakce než kontrakce pomalé/excentrické (Shumay-Cook a Woollacott, 2012).

Ve stáří se objevuje flekční držení těla. Jednou z příčin je oslabení spinálních extenzorů, zvětšená kyfotizace páteře a zmenšení rozsahu pohybu zejména v meziobratlových skloubeních. Jedná o omezení pohybu do extenze, které může souviset i se zaujímanou posturou během běžných denních aktivit nebo může jít o kompenzaci při vertikálním vychýlení COM dozadu. Dále je také omezen pohyb v hlezenních kloubech, který je součástí hlezenní strategie, a s tím může souviset porucha rovnováhy nebo pomalejší chůze (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Obrázek 4. Flekční držení těla seniorů oproti mladým jedincům (Shumway-Cook a Wollacott, 2012)



### 3.2.2 Změny neuromuskulárního systému

Jak již bylo řečeno, nervový systém k udržení stability využívá a vyhodnocuje informace ze sensorických receptorů a díky nim vybírá vhodné motorické odpovědi, aby zajistil správnou polohu těla v prostoru.

Během stárnutí nervový i svalový systém podléhá změnám, které se projevují v klidném stoji zvýšením frekvence a amplitudy titubací. Problémem u seniorské populace tedy je jak snížená svalová síla a omezený rozsah pohybu, tak i snížení somatosenzorické citlivosti, kterou se snaží kompenzovat zvýšením výchylek COP v opěrné bázi a získat tím více informací pro CNS (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). U seniorů se zvyšuje pohyb COP v opěrné bázi o 30 % v anterioposteriorním směru a až o 50 % v mediolaterálním (Roman-Liu, 2018). Proto jsou pády při vychýlení ve frontální rovině typické pro seniorskou populaci (Shulman, Spencer a Valis, 2018).

Na tato vychýlení jedinec reaguje použitím pohybových strategií (kotníkové, kyčelní a krokové), které stejně jako anticipační systém procházejí při procesu stárnutí fyziologickými změnami.

### **3.2.2.1 Změny v pohybových strategiích**

Jako u mladých jedinců, tak i seniorů se zapojují pohybové strategie, které mají minimalizovat pohyby COP, ale je zde upozorňováno na změny, kterými se liší od mladých jedinců. Seniori používají oproti mladým jedincům více kyčelní než kotníkovou strategii. U kotníkové strategie také probíhá aktivace svalů v kaudokraniálním směru, ovšem někdy jsou některé proximální svaly aktivovány před svaly distálními. Celá aktivace nastupuje s výraznou latencí (v řádu desítek ms) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Upřednostnění kyčelní strategie by mohlo mít dva důvody. Zaprvé jsou to změny spojované se stárnutím organismu, například úbytek svalové hmoty (v tomto případě oslabením kotníkového svalstva) nebo omezení rozsahu pohybu v hlezenních kloubech. A za druhé porušení senzoricke aference, kdy seniori nejsou schopni rozlišit začátek malých nebo pomalých vychýlení a aktivace svalstva nastupuje později. U vychýlení velkých nebo rychlých bylo zpoždění výrazné jenom u seniorů, kteří již mají problémy se stabilitou nebo pády (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Nejběžněji využívaná strategie při mediolaterálním vychýlení je strategie kroková, která umožňuje zvětšení oporné báze. Mladí jedinci při této strategii ukročí až dvakrát méně, zatímco seniori často využívají několika malých kroků (tedy více než dva), aby vyrovnali nestabilitu, kterou mohl počáteční krok způsobit (Shulman et al., 2018).

### **3.2.2.2 Změny anticipačních posturálních funkcí**

Anticipační posturální schopnosti slouží ke stabilizaci těla před volným pohybem, kdy se první aktivují posturální svaly a potom je možné provést pohyb svaly fázickými. V pozdějším věku se ovšem rychlost předvídavých reakcí snižuje jak v posturálních, tak fázických svalech. Na ztrátu rovnováhy však má největší vliv zkrácení časového intervalu mezi aktivací posturálních svalů a počátkem pohybu. U velmi starých jedinců mohou být zapojeny posturální a fázické svaly současně (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.2.3 Změny senzorickeho systému**

Na posturální kontrole se u mladých zdravých jedinců různou mírou podílejí všechny složky senzorickeho systému: nejvíce somatosenzoricke, o něco méně zrakový a nejméně vestibulární. Avšak s narůstajícím věkem se projevují poruchy v těchto systémech a tento poměr se mění (Hafröm, 2018).

Pokud dojde k postižení více jak jedné senzoricke složky, v literatuře se uvádí jako multisenzoricke deficit. Při deficitu jen jedné složky, její funkce mohla být kompenzován jiným

ze sensorických systému, ovšem při multisenzorickém deficitu tato kompenzace již možná není (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Senzorický deficit jednotlivých systémů negativně ovlivňuje schopnost udržení rovnováhy. Avšak u zdravých seniorů, u kterých tento deficit není patrný, nejsou patrné ani rozdíly mezi četností a velikostí přirozených titubací. Mladí jedinci a zdraví senioři mají schopnost adaptace sensorických systémů se vnějšími podmínkám a dosáhnout větší stability. Tato schopnost je u seniorů snižena, avšak nevymizela úplně. Při nepředpokládaných opakovaných vychýleních se zlepšuje (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.2.3.1 Změny somatosenzorického systému**

S narůstajícím se snižuje elasticita pokožky, rychlost vedení v nervech. Mění se i morfologie receptorů, které pak mají menší denzitu. Kvůli tomu se předpokládá zvýšení vibračních i tlakových prahů, a to všechno způsobuje zeslabení vjemů z tlakových a vibračních receptorů (Haftröm, 2018). Postupně dochází ke ztrátě samotných receptorů a také jejich sensorických vláken, což vede k periferní neuropatii. Proto senioři, jejichž somatosezorická aference byla narušena, se více spoléhají na sensorické informace ze zrakových nebo vestibulárních receptorů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.2.3.2 Změny zrakového systému**

Oko, zrakový orgán, prochází s věkem anatomickými i funkčními změnami. Mění se struktura čočky – stává se tlustší a méně elastickou, takže jedinec má větší potíže se zaostřováním zejména na blízké předměty. Toto onemocnění se nazývá presbyothia (vetchozrakost) (Saftari a Kwon, 2018).

Akomodace je ztížená taky degenerací krátkých svalů okolo čočky (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Dochází zde také ke zhoršení obrazu sítnice, což přispívá ke snížení schopnosti rozlišit kontrast, zvláště při špatném osvětlení (Saftari a Kwon, 2018). To působí potíže při určování obrysů a hloubky vnímaného obrazu (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Zhoršuje se také prostorové vidění, barevné vidění, zotavení po oslnění, omezení zrakového pole – zejména periferního vidění (Saftari a Kwon, 2018).

Senioři více spoléhají na vizuální vjemy než na somatosenzorické (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Proto zhoršení kvality vjemů ze zrakového orgánu (v důsledku anatomických a funkčních změn) může vést ke zhoršení posturální posturální stability a orientace, což se projevuje zvětšením titubací (Lee, 2017).

Dalším sensorickým systémem je systém vestibulární.



### **3.2.3.3 Změny vestibulárního systému**

Stejně jako předešlé sensorické systémy, i ve vestibulárním systému dochází v rámci fyziologického procesu stárnutí ke snížení funkčnosti. Již od narození dochází k degeneraci vláskových buněk v makulách i polokruhovitých kanálcích. Tyto buňky degenerují stejným tempem po celý život (okolo 6 % za deset let). Ve středním věku začínají degenerovat také aferentní sluchová vlákna, ve vyšším věku degenerace postupuje rychleji (ve věku 70-85 let zůstává okolo 35 % vláken) (Jahn, 2019).

Vestibulární systém hraje roli v sensorickém konfliktu, kdy nesouhlasí informace jdoucí ze zrakových a somatosenzorických receptorů. S vestibulárním deficitem je tedy pro nervový systém těžší rozhodnout, podle které z těchto dvou sensorických informací se při konfliktu řídit. To může způsobovat závratě, vertigo, ztrátu rovnováhy a zpomalení posturálních reakcí na vychýlení (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### **3.2.4 Změny kognitivního systému**

Jak již bylo zmíněno, udržování stability ve vzpřímeném postoji vyžaduje kromě výše zmíněných funkcí i míru pozornosti. Zhoršení kognitivních funkcí je význačný negativní faktor, který často hraje roli při pádu (Hall a Heusel-Gilling, 2010).

Vzhledem k deficitům v sensorickém i neuromuskulárním systému, reakční odpovědi svalů jsou u seniorů pomalejší než u mladých jedinců. To nutně vede ke zhoršení stability a potřebě zvýšené pozornosti. Pokud při provádění dvou úkolů (posturálního a kognitivního) přesáhne kapacitu pozornosti a mělo by dojít k dalšímu zhoršení rovnováhy, jedinec jednoduše odkloní pozornost od kognitivního úkolu, aby se zmenšilo riziko pádu. Čím větší mají senioři sensorický deficit, tím náročnější je pro ně udržet rovnováhu při duálním (kognitivním a posturálním) úkolu. U zdravých seniorů, kde je porušení sensorických vjemů minimální, se zhoršení rovnováhy oproti mladým jedincům projeví až při těžších posturálních nebo duálních (posturálních a kognitivních) úkolech (Hall a Heusel-Gilling, 2010; Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

### 3.3 Testování stability

Klinické testování má za úkol zaprvé rozlišit, zda zkoumaný jedinec má, či nemá poruchu stability, a za druhé přijít na hlavní příčinu poruchy stability (Mancini a Horák, 2010). Těchto testů je možno využít k určení, jestli je jedinec náchylný k pádům, což bývá užitečné při testování v seniorské populaci, kde mají pády často vážné následky (Lee, Wu, Jianga Sun, 2020). Kapitola obsahuje popis funkčních zkoušek i vyšetření rovnováhy pomocí přístrojové techniky.

#### 3.3.1 Testování pomocí funkčních zkoušek

V příloze ke Standardům fyzioterapie doporučený UNIFY se uvádí, jaké zkoušky je vhodné použít u hodnocení posturální stability:

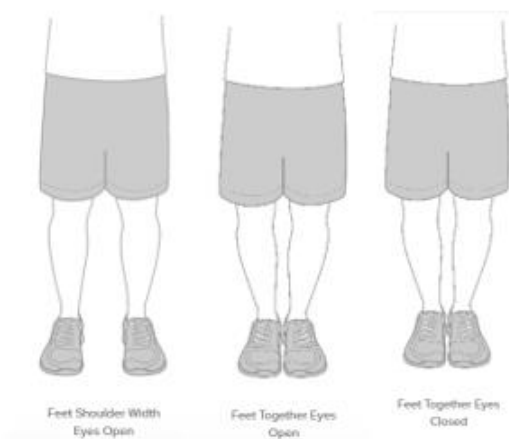
##### Hodnocení stability ve stoji

Testovaný postupně zmenšuje svoji opěrnou bázi, čímž zkoušku ztěžuje. Může také zavřít oči a vyloučit tím zrakovou kontrolu (Krhutová, 2015).

##### Rombergova zkouška

Stoj I při této zkoušce popisuje profesor Opavský ve svém skriptu *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty* (2003, str. 72) jako stoj, při kterém jsou chodidla od sebe vzdálena na šíři ramen nebo jedné stopy. Stoj II je potom stoj spojný a stoj III je stojem spojným se zavřenými očima. Vyšetřovatel v průběhu zkoušky sleduje „hru šlach“ extenzorů nohy a směr titubací.

Obrázek 5. Rombergova zkouška, stoj I, II a III (převzato z <https://swaymedical.com/resources/protocols/>)



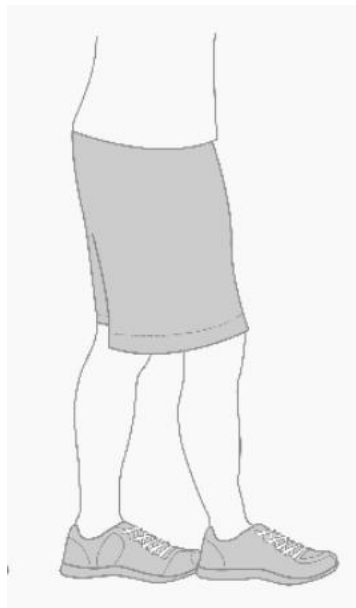
### **Stoj na jedné dolní končetině se zavřenýma očima**

Vyšetřovaný ohne nohu v koleni a tím ji zvedne nad podložku. Po ustálení se ve stoji zavře oči (Opavský, 2003).

### **Tandem test**

Tato zkouška se provádí v tandemové pozici, kdy jsou chodidla postavena za sebou, po ustálení se ve stoji vyšetřovaný zavře oči a vyšetřující sleduje oscilace trupu nebo vrávorání.

Obrázek 6. Tandem test (převzato z <https://swaymedical.com/resources/protocols>)



### **Chůze po linii**

Vyšetřovaný jde po čáře, nejdříve se zrakovou kontrolou, poté bez ní (Krhutová, 2015).

### **Tandemová chůze**

Vyšetřovaný při chůzi klade nohy za sebou (patu jedné nohy před špičku druhé). Horní končetiny jsou složeny na hrudi. Pokud je to možné lze vyzkoušet i se zavřenýma očima (Krhutová, 2015).

### **Fukudova zkouška (Unterbergova zkouška)**

Pacienti se zavřenýma očima pochodují na místě a snaží se zůstat ve stejné pozici (neotočit tělem se při pochodování). Tato zkouška bývá pozitivní při vestibulárním postižení (Opavský, 2003).

### Functional Reach Test

„Functional reach měří rozdíl mezi délkou paže a maximálním dosahem vpřed ve stoji.“ (Krhutová, 2015, 1). Testem se zjišťuje maximální vzdálenost COM od BOS ve stoji, kterou jsou jedinci schopni zvládnout bez ztráty rovnováhy a kterou tedy mohou využít u aktivit každodenního života (Rosa, Perracini a Ricci, 2018).

Provádí se tak, že se vyšetřovaný postaví bokem (chodidla na šířku pánve) ke zdi, kam je ve výšce ramene vodorovně upevněn metr. Předpaží paži a sevře ruku v pěst. Na metru se označí místo u úrovni třetího metakarpu. Z této výchozí pozice se bude pacient snažit dosáhnout co nejdále, ovšem nesmí změnit opěrnou bázi tím, že by ukročil. V nejzazší pozici se opět na metru zaznamená místo na úrovni třetího metakarpu. Vyhodnocení se pak porovnává s danými normami (tab.1) (Krhutová, 2015).

Tabulka 1. Interpretace výsledků ve Functional Reach Test (Krhutová, 2015)

Věk	Muži (mm)	Ženy (mm)
20–40	425 + 49	372 + 55
41–69	380 + 56	351 + 56
70–87	334 + 39	266 + 90

### Mini-BESTest

Podle Krhutové (2015, 1) je „Mini-BESTest speciální klinický test pro hodnocení dynamické rovnováhy vyvinutý Franchignoniem et al. v roce 2010. Jedná se o zkrácenou verzi Balance evaluation system test (BESTest)“. Test skládá se ze 14 položek rozdělených do 4 sekcí podle toho, co testuje (anticipační posturální funkce, dynamickou rovnováhu, sensorickou orientaci, dynamickou chůzi). Každá položka je bodována od 0 do 2 bodů, kdy 0 bodů značí neschopnost vykonat zkoušku a 2 body normu. Nejvyšší možný celkový počet je 28 bodů. Vyšší skóre signalizuje lepší stabilitu (O’Hoski, Sibley, Brooks a Beauchamp, 2015).

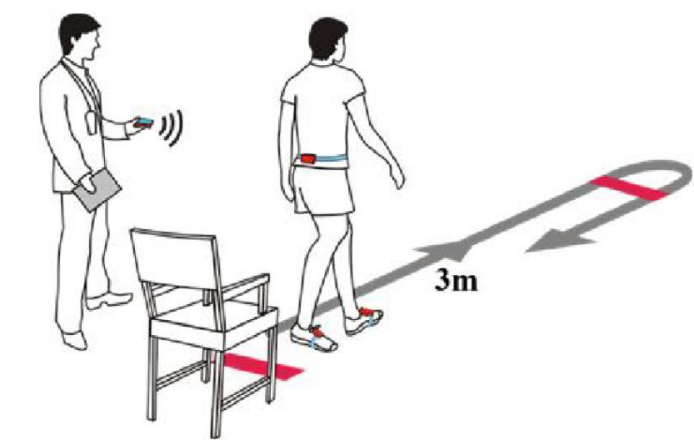
### Senior fitness test

Senior fitness test se skládá z osmi částí. Testuje svalovou sílu horních i dolních končetin (30-second chair stand test a 30-second arm curl test), aerobní výdrž (6-minute walk test, 2-minute step test), ohebnost (chair sit-and-reach test, back scratch test) a dynamickou rovnováhu (8-foot up-and-go test) a bere v potaz i tělesnou stavbu (body mass index) (Liu, Quach a Chung, 2018). K testu jsou používány závaží o hmotnosti 2,5 kg pro ženy a 3,5 kg pro muže, pásmo, židle, kužel a časomíra (Krhutová, 2015). Testu se využívá k určení, zda je senior (zde jedinec nad 60 let) schopen bezpečně a nezávisle vykonávat aktivity každodenního života (Liu, Quach a Chung., 2018).

### Timed up and go test

Tento test je jedním z nejoblíbenějších nástrojů pro vyšetření fyzické zdatnosti (konkrétně funkční mobility). Výchozím postavením je sed na židli. Po zahájení testu se pacient zvedne ze židle, ujde 3 metry, otočí se a jde zpátky k židli, na kterou se opět usadí. Měří se čas, který vyšetřovaný potřeboval na splnění úkolu. (Picardi, Redaelli, Antoniotti, Pintavalle, Arsitidou, Sterpi, Meloni, Corbo, a Caronni, 2020) Norma výsledného času závisí na věku, s narůstajícím věkem se rychlost chůze snižuje (Khant et al., 2018). U seniorů, kteří potřebují ke splnění úkolu delší čas než 13,5s existuje větší pravděpodobnost, že upadnou (Tisher, Mann, VanDyke, Johansson a Vallabjosula, 2019).

Obrázek 7. Time up and go test (Kampel, Doppelbauera a Planinc, 2018)



## Test podle Tinettiové

Test podle Tinettiové je vytvořen k hodnocení schopnosti udržet rovnováhu rovnováhy a chůze. (Curio a Francesco, 2016). Test se rozděluje se na dvě části, kdy v první se hodnotí schopnost udržet rovnováhu v sedě na židli a ve stoji, ve druhé dynamickou rovnováhu při chůzi. Výchozí pozice pro první část testu je v sedě na židli, ruce se židle nedotýkají. Poté pacient vstane, zavře oči, vyšetřující se ho snaží vychýlit postrky do hrudníku, poté pacient znovu otevře oči a stojí po dobu cca 10 s, poté se otočí kolem své osy o 360° a posadí se zpátky na židli. Následuje druhá část, kdy je pacient vyzván chůzi tak rovně, jak jen dokáže, po vyměřenou vzdálenost 10 m. Celkově tedy existuje 17 položek,

které se v testu hodnotí, 9 pro stoj a sed, 8 pro chůzi. Každá položka je obodovaná na stupnici 0 až 1 nebo 0 až 2 (popsáno v tabulce 2). Pokud je celkové skóre nižší nebo rovno 18, má pacient velkou náchylnost k pádům (Rivolta et al., 2018).

Tabulka 2. Bodové hodnocení Tinetti Test (Rivolta et al., 2018)

Items evaluated in the Tinetti test.		
Balance assessment items		Score
I1	Sitting balance	0–1
I2	Arises from the chair	0–2
I3	Attempts to arise	0–2
I4	Immediate standing balance (1st 5 s)	0–2
I5	Standing balance (eyes closed)	0–1
I6	Nudge	0–2
I7	Standing balance (eyes opened)	0–2
I8	Turning 360 degrees continuously	0–2
I9	Sitting down	0–2
Total balance score		0–16
Gait assessment items		Score
I10	Initiation of gait	0–1
I11	Step length	0–2
I12	Step height	0–2
I13	Step symmetry	0–1
I14	Step continuity	0–1
I15	Path related to the floor	0–2
I16	Trunk sway	0–2
I17	Walking stance	0–1
Total gait score		0–12
Total Tinetti score		0–28

### **Bergova škála stability**

Bergova škála stability se hojně využívá k vyšetření rovnováhy u seniorů. Skládá se z 16 zkoušek jako je např. sedání a vstávání ze židle, otáčení, udržování rovnováhy na jedné noze atd. Hodnotí se na stupnici od 0 do 4 bodů, kdy 0 znamená neschopnost cvičení vykovat a 4 značí, že proband vykonal zkoušku bez problémů. Celkem je možno získat 56 bodů. Pokud jedinec získá méně než 46 bodů, je zde podle testu vysoké riziko pádu (Tisher et al., 2019).

## **3.3.2 Vyšetření pomocí přístrojové techniky**

### **Posturografie**

Vyšetření probíhá pomocí posturografu – přístroje, co zachycuje oscilace těžiště, pomůže tedy při diagnostice i při posouzení účinnosti probíhající nebo proběhlé rehabilitace. Posturografem lze měřit statickou (Krhutová, 2015) i dynamickou rovnováhu.

### **NeuroCom EquiTest**

NeuroCom EquiTest (viz obrázek 8) je přístroj používaný jak k diagnostice, tak i k terapii. Řadí se k dynamickým počítačovým posturografům, který dokáže měřit jak motorické, tak senzorické funkce těla, které mají na starosti udržování rovnováhy.

Toto měření je možné díky tenzometrické silové plošině, na kterou se pacient postaví, a počítači s vyhodnocovacím softwarem. LCD monitor umožňuje zpětnou vazbu pacienta. Součástí přístroje i pohyblivá kabina, která poskytuje vizuální prostředí. Ve výšce očí pacienta se nachází LCD monitor, který umožňuje zpětnou vazbu pacienta. Pacient je po celou dobu měření jistěn bezpečnostními popruhy, aby nedošlo k nechtěnému pádu.

Samotné testování může probíhat podle různých protokolů (Senzory organization test, Motor control test a Adaptation test). Plošina může být stabilní či nestabilní, pohybuje se translačními pohyby anterioposteriorním směrem, či pohyby rotační kolem transverzální osy. Může se pohybovat i kabina nebo vizuální prostředí.

Přístroj sleduje výchylky COG a latenci motorických odpovědí na vychýlení ze stávající polohy a podle těchto údajů je schopen vyhodnotit reaktivitu posturální stability nebo posoudit, jak je jedinec schopný automaticky reagovat a adaptovat se na vychýlení z rovnováhy (Vomáčková, Pavlů a Pánek, 2020).

Obrázek 8. NeuroCom SMART EquiTest system (převzato z [https://partners.natus.com/asset/resource/file/newborncare/asset/201804/013387B\\_NCM%20Family%20Brochure\\_EN%20US\\_lo-res.pdf](https://partners.natus.com/asset/resource/file/newborncare/asset/201804/013387B_NCM%20Family%20Brochure_EN%20US_lo-res.pdf))



### **Posturografický chodník (Long Force Plate)**

Posturografický chodník je rozšířením k systému NeuroCom rozšířen o posturografický chodník, který umožňuje použití protokolů jako: Sit-to-stand, kdy se proband rychle zvedá ze sedu na židli do stoje, Walk across, kdy se hodnotí stabilita chůze, při chůzi po posturografickém chodníku a stabilita a rychlost při tandemové chůzi. Dalším z testů je Step-quick-turn, při kterém se pacient po dvou krocích náhle otočí o 180° a vrací se zpátky, Step-up-and-over hodnotí stabilitu při výstupu a sestupu na stupínek a test Forward lunge, kdy je sledována schopnost pacienta udržovat rovnováhu při výpadech směrem dopředu (NeuroCom International, Inc, n. d.).



Obrázek 9. Posturografický chodník (převzato z [https://partners.natus.com/asset/resource/file/newborncare/asset/201804/013387B\\_NCM%20Family%20Brochure\\_EN%20US\\_lo-](https://partners.natus.com/asset/resource/file/newborncare/asset/201804/013387B_NCM%20Family%20Brochure_EN%20US_lo-res.pdf)

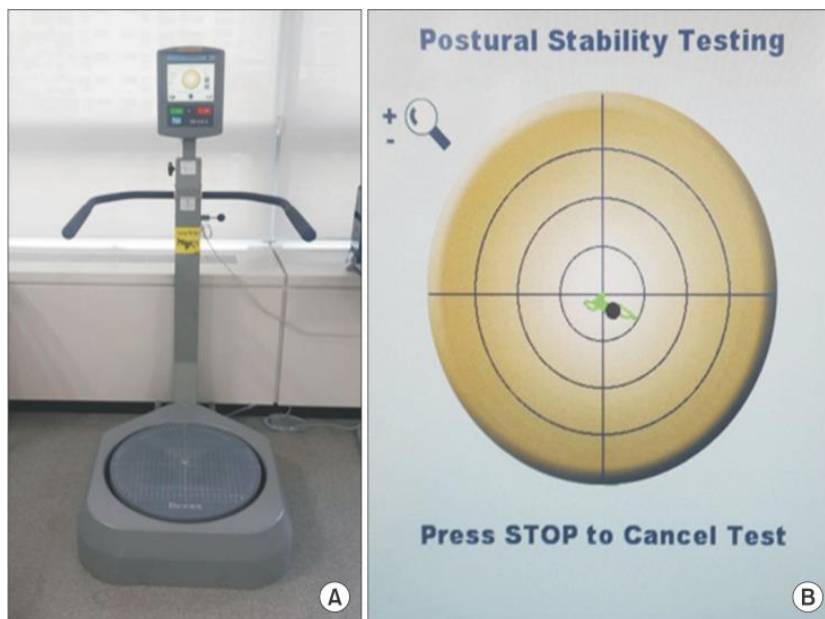


[res.pdf](#))

### **Biodex**

Zařízení Biodex slouží ke tréninku a diagnostice dynamické stability. Na rozdíl od NeuroComu využívá kruhové plošiny, která umožňují její volný pohyb v anteroposteriorní a lateromediální osy zároveň. Maximální vychýlení plošiny z horizontální polohy je  $20^\circ$  (Hinman, 2000). Zároveň je možné nastavit, jak lehce se plošina vychýlí z rovnovážné polohy. Plošina se rozčleňuje na 4 stejné kvadranty a zároveň na několik kruhových zón (Arnold a Schmitz, 1998), které nesou názvy podle výchylek COP převedených na stupně  $5-20^\circ$  (Vlasáková, 2017).

Obrázek 9. unif Balance Systém (Sohn, M., K., Jee, D., J., Hwang, P., Jeon, Y., Lee, H., 2015).



Součástí zařízení je i LCD obrazovka, kde pacient vidí kde na podložce se nachází jeho momentální COM. Pokud by pacient nebyl schopen udržet rovnováhu, může se přidržet bezpečnostních držadel (Hinman, 2000).

Nastavení obsahuje 4 protokoly (Postural stability, Limits of stability, Athlete single leg, Fall risk) a čas je možné nastavit od 10 vteřin do 10 minut (Biodex medical systems, Inc., n. d.).

Přístroj měří úhel náklonu plošiny a z něj vypočítává anterioposteriorní (APSI), mediolaterální (MLSI) a celkový index stability (OSI). Zde platí, že čím nižší index při testu je, tím stabilnější je jedinec na plošině. Software je také schopen přepočítat čas, po jaký jedinec v určité zóně udržel rovnováhu, na procenta (Arnold a Schmitz, 1998).

Obrázek 10. Active step treadmill (převzato z <https://activestep.simbex.com>)



### **Active step treadmill**

Přístroj je sestaven zejména k vyšetření a hodnocení reakční stability. Reakční stabilita se nedá vyšetřovat pomocí funkčních testů (Berg balance scale, Timed up and go test, Functional reach test) jelikož zde jde o volní vychýlení z rovnováhy, které pacient sám iniciuje. Měření i trénink se standartně odehrává na speciálním běžeckém pásu (např. Active Step treadmill), kdy je pacient zajištěný bezpečnostními pásy na tyči nad sebou a zároveň mu nebrání v pohybu. Pohyb pásu se pak nečekaně simuluje zakopnutí (pohyb pásu dozadu) nebo uklouznutí (pohyb dopředu) při chůzi a počítačový software pak dokáže určit pohyb COM nebo latenci při svalové odpovědi (Kannan, Vora, Varaz-Diaz, Bhatt a Hughes, 2021).

### 3.4 Trénink stability

Stárnutí ovlivňuje výkonnost a funkčnost lidského organismu včetně systémů, které udržují stabilitu. Ve stáří se také zvyšuje riziko vzniku různých onemocnění. Tyto skutečnosti mohou u seniorské populace vést ke ztrátám rovnováhy a následným pádům.

Na území USA v populaci seniorů (nad 65 let) má 71 % pádů fatální následky. Pro cca 33 % seniorů pád znamená výrazné zhoršení zdravotní nebo ekonomické situace, trápí je snížení jejich nezávislosti a neschopnost provádět každodenní aktivity, na které byli zvyklí (Tisher et al. 2019; Lesinski, Hortobágyi, Muehlbauer, Gollhofer, 2015).

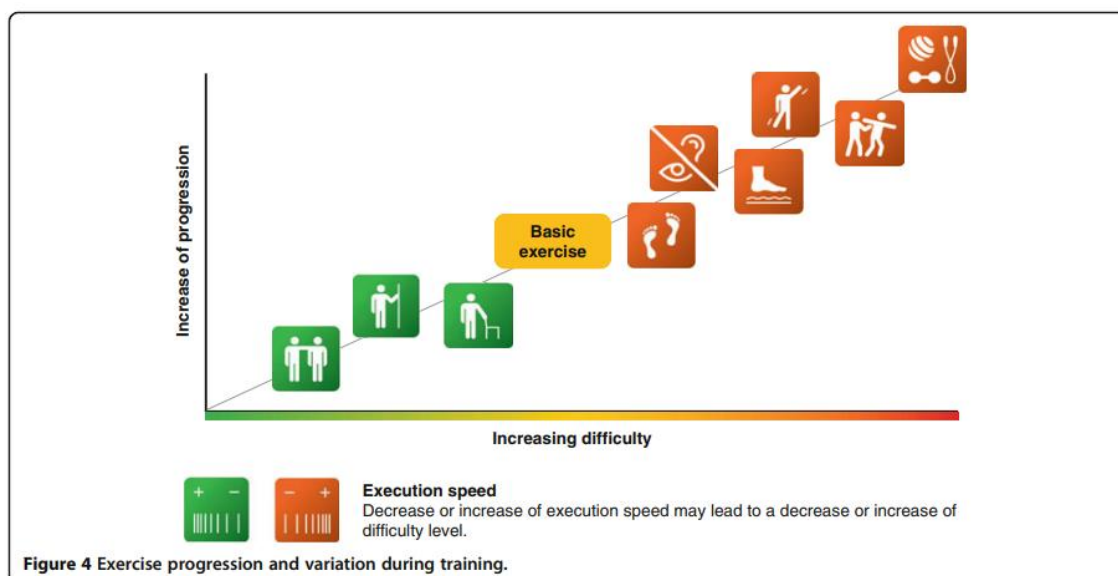
Je tedy žádoucí a velmi důležité, aby byla u jedinců, kterých se toto nebezpečí týká, prováděna cvičení zlepšující rovnováhu a svalovou sílu. U seniorů, kteří pravidelně tato cvičení cvičí, je pokles rizika pádu o 35 % (Tisher et al., 2019).

Tato cvičení mají snížit výskyt a rozvoj poruch v rovnováhových systémech organismu, udržování či vytvoření potřebných motorických, senzorických i kognitivních strategií, které efektivně dokáží zabránit ztrátě rovnováhy (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Posturální stabilita je udržována několika různými systémy, a proto je nutné trénink rozdělit do několika kategorií: statická a dynamická rovnováha (což znamená udržení rovnováhy v sedě/stoji a při chůzi), anticipační systém a reakční rovnováha. Trénink posturálních systémů je v těchto různých kategoriích prováděn odlišným způsobem. (Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Navíc se přidává duální cvičení („multi tasking“, „dual-task“), kdy pacient je nucen zvládat více úkolů najednou, kdy se k posturálnímu cvičení přidává cvičení kognitivní (Gschwind, Kressig, Lacroix, Muehlbauer, Pfenninger, Granacher, 2013).

Cvičení by se měla provádět minimálně třikrát týdně po dobu 30 minut a jejich cílem je snížit výskyt nebo rozvoj poruch v systémech pro udržování rovnováhy nebo jejich prevence (Gschwind et al., 2013).

Obrázek 11. Náročnost cvičení v závislosti na zlepšení rovnováhy (Gschwing et al.,2013)



Velmi důležitá je bezpečnost při cvičení, proto je vhodné upravit podmínky prostředí (domácí prostředí, tělocvična, ...) tak, aby mu umožňovaly provádět cvičení bez rizika ztráty rovnováhy a pádu. Pokud je pacient nejistý, provádí se cvičení v blízkosti zdi, stolu, židle, o které se může opřít nebo přidržet. Chůze je možná trénovat i mezi kladinami nebo u zábradlí (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Fyzioterapeut pacienta celou dobu sleduje a kontroluje a je v jeho blízkosti, aby mohl v případě ztráty rovnováhy zasáhnout.

### 3.4.1 Trénink statické a dynamické rovnováhy

**Statickou stabilitou** rozumíme stabilitu udržovanou v sedě na židli nebo ve vzpřímeném stoji. Cílem je udržení COM v rozmezí opěrné báze, k tomu jedinec používá pohybových strategií a sensorických vjemů (zraková, vestibulární a somatosenzorická složka), které je možno trénovat.

Statickou stabilitu tedy trénujeme v požadované pozici na pevné podložce, je možno využít několika způsobů:

1. pacient je zavřením očí zbaven zrakové kontroly a snaží se udržet symetricky vertikální, navádí ho verbální a manuální signály terapeuta.
2. pacientovi je poskytnuta vizuální zpětná vazba ve formě zrcadla, pacient má na sobě triko se silnou vertikální čarou uprostřed, může tedy v zrcadlo kontrolovat svoje postavení v prostoru a snaží se o co nejsymetrickější stoj (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Ztížení je možno zajistit zmenšením opěrné báze (stoj spojný, tandemový stoj, stoj na jedné noze) nebo vyloučením nebo snížením jednoho ze sensorických vjemů (viz sensorický trénink), podle kterých tělo upravuje svoji pozici/polohu v prostoru.

Tischer et al. (2019) uvádí cvičení, která pracují se zmenšováním opěrné báze pacienta. Pacient se snaží udržet rovnováhu v následujících pozicích:

1. stoj spojný
2. tandemový stoj
3. stoj na jedné noze

Cvičení je ideálně prováděno dvakrát za sebou po dobu 30-60 s alespoň třikrát týdně.

Obrázek 12. Stoj spojný, tandemový stoj, stoj na jedné noze (Tisher et al., 2019)



### **Dynamická stabilita**

Dynamická stabilita se trénuje zpravidla při chůzi. Je třeba upravit délku a výšku kroku (Toulotte, Toursel a Olivier, 2012). Toto lze trénovat při překračování objektů (Dhargave, Sendhilkumar a James, 2020). Dále je možné přenést prvky z tréninku statické rovnováhy i na cvičení rovnováhy dynamické. Lze tedy upravit šířku kroku, kterou postupně zužuje (tandemová chůze, chůze po čáře) (Arghavani Zolaktaf a Lenjannejadian, 2020) i celou opěrnou bázi (chůze po špičkách, po patách, po laterální ploše chodidla) (Dharvage et al., 2020). Lze trénovat chůzi v různých směrech (dopředu, pozpátku i chůze bokem) a různých površích (tvrdá, měkká podložka) (Arghavani et al., 2020). Hall a Heussel-Gilling (2010) k cvičením na dynamickou rovnováhu radí i překážkové dráhy, kdy pacient překážky buď překračuje, nebo se jim vyhýbá.

### **3.4.2 Sensorický trénink**

Sensorický trénink spočívá ve vyloučení nebo snížení jednoho nebo více ze sensorických vjemů. Takové cvičení podporuje mozek pacienta v tom, aby se naučil koordinovat a vybírat vhodné sensorické informace. Zrakovou kontrolu můžeme vyloučit zavřením/zavázáním očí, nebo použít Frenzelovy brýle, které díky svým čočkám a vnitřnímu osvětlení znemožňují zrakovou fixaci. Běžně se využívají k vyšetření periferního nystagmu (Shumway-Cook

a Woollacott, 2012; Strupp, Fisher, Hanß, Bayer, 2014). Dále lze použít pohyblivé závěsy s proužky, spořiče obrazovky (např. maze) nebo náhlavní displeje (Pavlou, 2010). Somatosenzorickou kontrolu snížíme stojem na nestabilní podložce (pěnová, měkká podložka/pohyblivá podložka) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012).

Obrázek 13. Frenzelovy brýle (převzato z <https://www.hojdarova.cz/vybaveni/>)



### **Senzomotorická stimulace**

Senzomotorická stimulace je vhodným nástrojem pro výcvik prevence pádů u seniorů. Jejím cílem je zautomatizovat aktivaci žádaných svalů tak, aby byla řízena z podkorových regulačních center. To zaručuje optimální „timing“ aktivovaných svalů i jejich zapojení v potřebném stupni, zlepšení stability stoje a chůze. Proto jsou nejdůležitější cvičení ve vertikále. Postupuje se ovšem vždy od periferie směrem proximálně.

Před samotným senzomotorickým cvičením je důležité ošetření tkání na periferii (kůže, podkoží, vazy, klouby) a pomocí pasivních (měkké a mobilizační techniky) a aktivních pohybů zajistit jejich normální funkci. Základním cvikem je malá (krátká) noha. Aktivace hlavně m. quadratus plantae má vliv na zlepšení aferencace z proprioceptorů uložených v plosce nohy, správné postavení vyšších segmentů těla, odpružování chodidla při chůzi a zlepšení stability (Janda a Vávrová, 1992).

Metodická základní řada obsahuje cvičení malé (krátké) nohy, malé nohy ve stoji výkročném, korigovaného stoje, cvičení na válcové úseči, nácvik předního a zadního půlkroku, nácvik přivíjení a odvíjení chodidla, výpady, výskoky, pohupování a postrky v korigovaném stoji, chůze po úsečích a v balančních sandálech. Je důležité, aby terapeut z řady vybral ty cviky, které jsou pro konkrétního pacienta nejvhodnější a nejdůležitější (Janda a Vávrová, 1992).

### 3.4.3 Cvičení na zlepšení funkce anticipačního systému

Anticipační systém se aktivuje ve chvíli, kdy jedinec očekává vychýlení z rovnováhy, a díky tomu se na něj dokáže připravit. Trénink anticipačního systému pomáhá zmírnit pohyb COP v opěrné bázi a tím i zmenšuje riziko, že kompenzační mechanismy nebudou schopny udržet rovnováhu a člověk upadne. I po jednom tréninku bylo zaznamenáno zlepšení anticipačních funkcí a menší pohyb COP (Arghavani et al, 2020).

Pomocí volných pohybů a přenosů váhy se učí ovládat pohyby COM. Cvičení je vhodné doplnit o úkoly, kdy pacient manipuluje s různými věcmi, např. zvedání předmětů různé váhy, chytání a házení míčů. Čím posturálně náročnější aktivita, tím je menší poskytnutí externí opory (Shumway-Cook a Wollacott, 2012). V tabulce č. 3 se popisuje variace cvičení házení a chytání míče. Mění se výchozí poloha (A), prováděná aktivita (B), váha a velikost míče (C), vzdálenost, ze které pacient míč hází/chytá (D), výška (zamíření) hodu (E) a způsob předání míče (F). Tyto jednotlivé části, ze kterých je cvik poskládán, lze různě kombinovat (Arghavani et al., 2020).

Tabulka 3. Variace cvičení házení a chytání míče. (Arghavani et al., 2020)

Methods for creating variety in perturbation training						
A: Condition	B: Action	C: Ball	D: Distance	E: Direction	F: Pass	
1. Sit on static chair	1: Catch and throw the ball with partner	6: Foot pass with partner	1. Volleyball	1. 2 m	1. Chest level	1. Air pass
2. Sit on non-static chair	2: Standing basket-ball dribble	7: Foot pass to the wall	2. Basketball	2. 3 m	2. Above the head	2. Ground pass
3. Standing	3: Pass by hand to the wall	8: Dribble while walking	3. Medicine ball (1 kg)	3. 4 m	3. Upper than waist	
4. Sit on Swiss ball	4: Hitting the hanging ball	9: Throw the ball up	4. Medicine ball (1.5 kg)		4. Lower than waist	
5. Stand on mats	5: Pushing the hanging ball	10: Throw the ball up while walking				

### 3.4.4 Trénink reakční stability

Trénink reaktivní stability zabrání pádům v seniorské populaci z 50 % (Okubo, Brodie, Sturnieks, Hicks a Lord, 2019). Jedná se o zde reaktivní odpověď těla na vnější vychýlení (postrky fyzioterapeutem, zakopnutí při chůzi). Na rozdíl od ostatních typů rovnovážných cvičení, je důležité, že vychýlení přicházejí nečekaně a jedinec na ně není zcela připraven. Odpovědí bývá buď kompenzace na místě, nebo při větším vychýlení kroková strategie (Kannan, et al., 2021).

Doporučuje cvičení, kdy fyzioterapeut postrkuje pacienta různými směry a různou silou v úrovni kotníku, kyčlí, trupu i ramen a pacient se snaží udržet rovnováhu (Gschwing et al., 2013).



### 3.4.5 Duální cvičení

Duální cvičení znamená kognitivně-motorické cvičení, kdy se k motorickému úkolu přidává úkol kognitivní. V běžném životě může jít o povídání si s další osobou při chůzi. Takové rozptýlení často může překročit kapacitu jedince a dojde ke zhoršení chůze nebo schopnosti plynule mluvit, a to může vést třeba i k pádu (Hall a Heusel-Gilling, 2010).

Motorická aktivita může představovat chůzi nebo rovnováhová cvičení, zatímco kognitivní část může obsahovat cvičení na paměť, pozornost, výkonné funkce, ovládání rychlosti či vizuálně-prostorové vnímání (Gallou-Guyot, Mandigout, Bherer a Perrochon, 2020).

Pacienti mají při chůzi nebo balancování na balančních podložkách plnit kognitivní úkoly jako jsou např. počty (odečítání čísla 7 nebo 3 od náhodného trojmístného čísla) vyhledávání rozdílů na obrázcích, plynule vyjmenovávat co nejvíce slov podřadných k slovu nadřazenému či slova začínající na určité písmeno (Hiyamizu, Morioka, Shomoto a Shimada, 2011; Reve a Bruin, 2014).

### 3.4.6 Cvičení na zvýšení svalové síly

Člověk mezi dospělostí a 80. rokem ztratí průměrně 20-30 % svalové hmoty. Jedná se především o svalová vlákna typu II, což má za následek pokles svalové síly, která je potřebná k provedení rychlých posturálních reakcí. Snížená svalová síla může zapříčinit zpomalení posturálních strategií reagujících na externí vychýlení a vést až k nechtěnému pádu (Gschwing et al., 2013).

Doporučuje se cvičení zaměřená na zvýšení svalové síly dolních končetin a trupu. Cvičí se buď s váhou vlastního těla, nebo s malými závažími, gumovými pásy, na nestabilních površích. Lze použít i posilovací stroje. Při cvičení platí, že pohyb má být vykonáván správně a v celém rozsahu pohybu. U posilovacích cvičení se provádí koncentrická i excentrická kontrakce konkrétního svalu po dobu 2 s, počet opakování se může lišit – začátečníci cvik opakují 10 – 15krát se středním odporem (do svalové únavy) a pokročilejší potom 8 – 12krát se silným odporem. Cvičení má podobu rychlé koncentrické kontrakce svalu po dobu 1 s a excentrickou kontrakci po dobu 2 s. Jednotlivé sety se u tréninku opakují 2 – 3krát s 2minutovou přestávkou mezi nimi (Gschwind et al., 2013).

Wang, Xu, Su a Li (2020) prokázali příznivý vliv joggingu a zejména cvičení Tai Chi na statickou stabilitu. Jogging zvyšuje svalovou sílu dolních končetin a rychlost neuromuskulární reakce. Tai Chi je tradiční čínské cvičení pro tělo i mysl, které klade důraz na plynulé, pomalé pohyby, přesuny váhy, progresivní flexe v kolenních kloubech, rotace trupu a končetin.

Zlepšuje svalovou sílu, zpomaluje rozvoj poruch posturální stability a degenerativních poruch kolene. Díky pomalému provedení je velmi vhodné pro seniory.

Obrázek 14. Cvičení Tai Chi (převzato z <https://www.louny.eu/cz/zobrazeni-detailu-akce/39/9622/>)



### 3.4.7 Cvičení pomocí přístrojové techniky

#### **Virtuální realita**

Virtuální realita je popsána jako umělý svět vytvořený počítačem, který může být ovlivněn činy osoby, která ho zažívá. Trénink založený na virtuální realitě je jedním z nejnovativnějších vynálezů v rehabilitaci (Ibrahim, Mattar a Elhafer, 2015).

Tréninkové programy virtuální reality představují velkou výhodu, jelikož se pohybují na hranici mezi hrou a cvičením (v angličtině běžně používaný výraz „exergaming“ z anglického „exercise“ a „gaming“). Jsou zábavné a motivující a podporují člověka ve cvičení. Mohou sloužit jak ke zvýšení celkové fyzické zdatnosti, tak k terapeutickým účelům (Donath, Rössler a Faude, 2016). Významným představitelem metody tréninku pomocí virtuální reality je Nintendo Wii Fit.

**Wii Fit** je oblíbený software, který používá Wii herní konzoli a Wii balanční podložku, představuje zábavný a bezpečný používaný k rehabilitaci, nejen ke tréninku stability, ale i ke zlepšení motorických funkcí. Je hojně využíván i pacienty, kteří trpí např. Parkinsonovou chorobou, roztroušenou sklerózou nebo Downovým syndromem. Je možné si vybrat ze čtyř skupin cvičení: balanční cvičení, kde si může vybrat z mnoha her, např. chůze po provaze, kdy hráč nakláněním těla a přesunem váhy ovládá figurku, která po provaze přechází propast. Na

tomto principu fungují i další hry (hlavičkování, ski slalom, naklánění plošiny, bublina...). Dalšími skupinami jsou yoga (palma, kobra, král tance, ...), posilování (klik, sklapovačky, výpady, natahování rukou a nohou, ...) a aerobní cvičení (hula hoop, super hula hoop, step plus, free step, ...). Na konci hry je hráči poskytnuta zpětná vazba (např. začátečník, pokročilý) nebo se výkon ve hře natáčí a porovnávají se výsledky v různých hrách. Některé hry se dají hrát ve více lidech a skupinách, co hrají proti sobě (Davoodeh, Sheikh, Sharifabadi a Bagherzadeh, 2020).

Obrázek 15. Nintendo Wii Fit balance board (Beato, Morton, Iadarola, Winterberg a Dawson, 2019).



### **Neurocom Smart EquiTest**

Již výše popsany přístroj je mimo diagnostiku používán také k terapii především u pacientů trpících závratěmi, pohybovými problémy a poruchami rovnováhy (Vomáčková, Pavlů a Pánek, 2020). NeuroCom Smart EquiTest umožňuje proprioceptivní/senzomotorický trénink ve třech tréninkových protokolech – cvičení v sekveních (sequence), zatěžování (weight bearing) a vlastní cvičení (custom training) (NeuroCom Interational, Inc, n. d.).

## **Biodex**

Zařízení pracuje se somatosenzorickým a neuromuskulárním systémem, má efekt na propriocepci a koordinaci a umožňuje řadu nastavení (Nel, Mudzi, Vuuren a Musenge, 2020).

Umožňuje trénink při statické i dynamické podložce. Trénink zahrnuje cvičení propriocepce, stabilizace, rozsahu pohybu a přesunů váhy a posílení specifických pohybových vzorů nebo strategií. Obsahuje 7 tréninkových módů, které používají vizuální i sluchovou zpětnou vazbu. Pacienti např. vidí na displayi rozložení své váhy a při statické či dynamické podložce přesouvají váhu tak, aby se udrželi v zelené zóně nebo přesunem své váhy pohybuje kurzorem a snaží se namířit tak na cíl (Biodex Medical Systems, Inc., n. d.).

## 4 ČÁST PRAKTICKÁ

V praktické části je zpracována kazuistika pacientky nad 65 let.

### 4.1 Anamnéza

**Datum a místo vyšetření:** 23. 3. 2021, Olomouc

**Pacientka:** Z. K.

**Pohlaví, věk:** žena, 69 let

**Osobní anamnéza:** občasné bolesti bederní páteře; v současné době vyšetřována štítná žláza

**Rodinná anamnéza:** sestra trpí postradiační polyneuropatií, matka zemřela na rakovinu prsu, otec na zápal plic

**Sociální anamnéza:** žije s manželem ve 3. patře cihlového domu bez výtahu

**Farmakologická anamnéza:** Torbacard, Caltrad D1

**Pracovní anamnéza:** dnes ve starobním důchodu, před pandemií spolupracice v hospici, dříve učitelka

**Sportovní anamnéza:** každý den cvičí protahovací cvičení ve stoji, občas chodí na procházku, do obchodu

**Epidemiologická anamnéza:** Covid-19 nejuje

**Toxikologická anamnéza:** nejuje (alkohol příležitostně)

**Gynekologická anamnéza:** dvě děti, první ve 20 letech, porody přirozenou cestou bez komplikací

**Nynější onemocnění:** pacientka udává při chůzi pocit nejistoty, hlavně při chůzi v terénu (les), bolesti bederní páteře, plochonoží – delší chůze po tvrdém povrchu vyvolává pálení chodidel

### 4.2 Kineziologický rozbor

Aspekce

**Pohled zezadu**

Pravý m. gluteus maximus více hypotrofický než levý, infragluéální rýha nepatrně níže napravo než nalevo. Pravá dolní končetina je v mírné vnitřní rotaci. Podélná klenba snižená na obou nohách – na pravé noze na 1 prst, na levé noze na ½ prstu. Oploštělá bederní lordóza,

symetricky hypertonické paravertebrální svaly, snížená hrudní kyfóza, v dolní části hrudní páteře je patrné zvýraznění valu napravo a mírné zakřivení páteře ve frontální rovině doleva. Taile jsou asymetrické, vlevo menší. Mezilopatkové svalstvo je hypotrofické. Napravo je dolní úhel lopatky níže, rameno levé strany se nachází výše. Kontury m. trapezius jsou v oblasti krku výrazné. Hlava nakloněna dopředu.

Adamsův test odhalil zvýšení paravertebrálního valu napravo, což napovídá, že by se mohlo jednat o dextrokovexní skoliotickou křivku v hrudní páteři.

### **Pohled z boku**

Celkové držení těla dopředu. Oploštělá bederní lordóza i hrudní kyfóza. Břišní stěna je povislá. Brada přitažená ke krku, ale krční páteř je v mírné anteflexi. Ramena jsou v protrakci.

### **Pohled zepředu**

Břišní stěna je povislá, prominující. Pravá dolní končetina mírně rotuje vpravo, příčné klenby nožní je propadlá na obou dolních končetinách. Taile jsou s menším prostorem vlevo, levý klíček tažen kraniálně.

### **Palpace**

Palpační vyšetření pánve neodhalilo patologii. M. trapezius (horní část) a mm. scaleni v mírném hypertonu a jejich úpony jsou bolestivé (zejména na levé straně). Bolestivé body jsou přítomné jak v horní části m. trapezius, tak v m. supraspinatus.

### **Hodnocení svalové síly**

Svalová síla byla vyšetřována podle svalového testu dle Jandy a je na dolních končetinách plně zachována, s výjimkou adduktorů kyčelního kloubu, kde byla hodnocena stupněm 4.

Na horních končetinách bylo provedeno orientační vyšetření svalové síly, výsledky odpovídají normě.

### **Hodnocení rozsahu pohybu**

Byla provedeno goniometrické měření dle Jandy, ze kterého vyplývá, že je rozsah pohybu dolních končetin plně zachován.

Tabulka 4. Rozsahu pohybů v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu.

Kyčelní kloub	Pravá dolní končetina	Levá dolní končetina
	Sa: 10–0–130	Sa: 10–0–135
	Sp: 15–0–130	Sp: 15–0–35
	Fa: 30–0–15	Fa: 30–0–20
	Fp: 35–0–20	Fp: 35–0–25
	Ra: 25–0–30	Ra: 25–0–35
	Rp: 30–0–35	Rp: 30–0–40
Kolenní kloub	Sa: 0–0–125	Sa: 0–0–125
	Sp: 0–0–130	Sp: 0–0–130
Hlezenní kloub	Sa: 15–0–30	Sa: 15–0–30
	Sp: 20–0–35	Sp: 20–0–35
	Ra: 15-0-40	Ra: 15-0-40
	Rp: 15-0-40	Ra: 15-0-40
Krční páteř	Ra:35-0-40	Sa: 25-0-25
	Rp:40-0-40	Sp: 30-0-25

Bylo provedeno vyšetření aktivního i pasivního rozsahu krční páteře v jednotlivých etážích, nevyskytovala se výrazná stranová asymetrie, bariéra byla pružná.

Na horních končetinách bylo provedeno orientační vyšetření rozsahu pohybu, výsledky odpovídají normě.

### **Vyšetření zkrácených svalů dle Jandy**

Na obou dolních končetinách bylo zjištěno velké zkrácení (dle Jandy) hamstringů na obou dolních končetinách, na pravé dolní končetině je zkrácení o čtvrtinu větší než na levé dolní končetině. Dále je přítomné malé zkrácení adductorů kyčelních kloubů a mm. gastrocnemii na obou dolních končetinách.

### **Orientační neurologické vyšetření**

Bylo provedeno orientační neurologické vyšetření, bez patologie.

### **Testy zaměřené na hlubokou stabilizaci páteře**

U bráničního testu bylo patrné mírné omezení laterolaterálního rozvoje dolních částí hrudníku, při extenčním testu zvýšená aktivace paravertebrálních svalů bederní páteře.

## **Funkční testy páteře**

Forestierova fleche: negativní

Čepojova zkouška: 1 cm

Ottův test – inklianační index: 7 cm; rekliaanační index: 2 cm

Stiborova zkouška: 3 cm

Shoberova zkouška: 5 cm

Zkouška lateroflexe: napravo 15 cm, nalevo 16 cm

Test dle Tomayera: +8 cm

Dolní hrudní páteř jde při obloukovité anteflexi téměř jednom bloku, při narovnávaní se zalomí v Th/L přechodu.

## **Funkční zkoušky rovnováhy**

**Rombergovu zkoušku I, II a III** zvládá bez potíží, „hra šlach není ovšem bez zvýšení titubací.

Při **stoji na jedné noze** nejdříve několik vteřin mírně vrávorá, několikrát se musí přidržet stolu, aby nespadla, je pozorována zvýšená „hra šlach“. Ovšem po ustálení stoj bez problémů. Druhá noha je srovnatelná s první.

**Stoj na špičkách** zvládá bez potíží, při **stoji na patách** vrávorá a pomáhá si souhyby rukou, někdy i ukročením.

Při **tandemovém stoji** jsou pozorovány výrazné titubace, pacientka si pomáhá pohyby rukou, musí se chvíli přidržet stolu, aby neupadla po několika vteřinách se střídá ustálení se ve stoji a balancování.

**Tandemová chůze** činí pacientce potíže, jsou zde pozorovatelné výrazné titubace. Značný je vyrovnávací souhyb rukou při chůzi, občas ukročí, aby neztratila rovnováhu.

**Chůze po linii** činí potíže, pacientka si pomáhá rychlejší chůzí, při pomalejším tempu jsou výrazné patrné výrazné titubace.

### **4.3 Další testy zaměřené na rovnováhu**



Při **Functional reach testu** pacientka dosáhne 39 cm.

Čas naměřený při **Timed up and go** testu je 7 s.

V **Tinetti test** pacientka dosáhla skóre 16/16 bodů ve vyšetření rovnováhy a 28/28 bodů ve vyšetření chůze.

**Bergova škála rovnováhy** 56 /56 bodů.

#### **4.4 Krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán**

**Krátkodobý rehabilitační plán (KPR)** by měl obsahovat cvičení na uvolnění bederní a hrudní páteře v kombinaci se stabilizačními cvičeními páteře a cvičení na posílení hypotrofických mezilopatkových svalů, cvičení na posílení svalů klenby nohy na obou dolních končetinách. Dále je vhodné zařadit cvičení určené ke zlepšení posturální stability. Vhodné jsou cvičení zaměřené na trénink statické i dynamické stability, duální cvičení a cvičení na reakční stabilitu.

**Dlouhodobý rehabilitační plán (DRP)** navazuje na krátkodobý rehabilitační plán, měl by být zaměřen na udržení rozsahu pohybu a svalové síly jako prevence poruch pohybového systému. Dále je vhodné pokračovat v posturálním tréninku probanda jako prevence pádů. Pokračuje se ve cvičeních rovnováhy.

## DISKUZE

Ve vyspělém světě se průměrný věk člověka stále prodlužuje. Za poslední 2 století se životnost člověka výrazně prodloužila. V roce 2015 se průměrná životnost člověka se pohybovala okolo 81 let, zatímco maximální životnost se vyšplhala až na 110 let (High a Kritchevski, 2015). I nadále se bude počet obyvatel nad 60 let celosvětově zvyšovat a do roku 2050 se počítá s trojnásobným nárůstem. Ještě výraznější se předpokládá celosvětový nárůst počtu obyvatel nad 80 let, který se zvětší až 5krát. Pouze ve vyspělých zemích včetně České republiky dnes tvoří podíl obyvatel nad 65 let přibližně 20 % populace a v roce 2050 se počítá s nárůstem tohoto čísla až na 29 % (Dalibor Holý, 2021; Vohralíková a Rabušic, 2004). Z těchto údajů vyplývá, že procentuální zastoupení seniorů v populaci je vysoké a nadále poroste a je proto důležité zaměřit se na to, jaké důsledky má proces stárnutí na lidský organismus.

Se stárnutím souvisí řada fyziologických dějů, které podmiňují změny v tělesných systémech, a na ně navazující výskyt různých onemocnění, mezi které často patří i křehkost a osteoporóza. Proto pády starších jedinců často vedou k vážným zraněním nebo dokonce i následné smrti. Většina z nich se následně potýká se závažnými zdravotními problémy, snížením soběstačnosti a schopnosti vykonávat každodenní aktivity. Jsou omezeni po stránce zdravotní, ekonomické, pracovní a sociální, což výrazně snižuje kvalitu života (Kirby, Pillai, Brouillette, Keller, Vito, Bernstein, Gemmert a Carmichael, 2021; Tisher et al., 2019). Mimo fyzické zranění mohou být následky pádu i psychické ve formě psychologického traumatu nebo strachu z dalšího pádu, což se v literatuře označuje jako „post-fall syndrom“, což dále může omezovat mobilitu a jedinec může mít strach vykonávat aktivity, na které byl zvyklý (Vaishia a Vaish, 2020). Každý rok zažije pád jeden ze tří seniorů a tento poměr se s přibývajícím věkem rapidně zvyšuje, u jedinců nad 80 let se blíží až k polovině (Rieger et al., 2020).

Zvýšené riziko pádů souvisí již s výše zmíněnými změnami v tělesných systémech, tedy i v systémech podílejících se na udržování posturální stability. Posturální stabilita závisí na faktorech biomechanických a neurofyziologických. Z biomechanického hlediska je stabilitu možné udržet pouze pokud se bude těžnice (COG) pohybovat v rámci opěrné báze (BOS) (Vařeka a Vařeková, 2009). Toho lze docílit pomocí tělesných posturálních systémů. Pokud vlivem vnitřních nebo vnějších vlivů dojde k pohybu COG, tyto systémy se zapojí, aby nedošlo k jeho vychýlení mimo opěrnou bázi. Jde o spolupráci muskuloskeletálního a nervového systému. Významnou výkonnou složkou jsou mimo tonu posturálních svalů také pohybové strategie. Podle velikosti vychýlení se uplatňuje buď kotníková, kyčelní nebo kroková strategie. Výběru strategií pomáhají informace o poloze těla vůči okolí získané díky zrakovým,

vestibulárním a somatosenzorickým receptorům uloženým v příslušných orgánech. V situaci, kdy člověk očekává vychýlení z rovnováhy (např. chytá přihraný míč nebo se chystá zvednout těžké břemeno), mozek se snaží předpovědět jeho následky a připravit si potřebné svaly a svalové strategie, aby pohyb COG byl co možná nejmenší. Tato funkce se nazývá anticipační. V situacích každodenního života se uplatňuje jak posturální, tak kognitivní složka, tedy je potřebná určitá míra pozornosti.

Každý z těchto systémů je podroben fyziologickému procesu stárnutí, který je velmi individuální a záleží na mnoha faktorech v životě jedince, ovšem v určité míře postihuje každý organismus. Dochází k poklesu svalové síly, omezení rozsahu pohybu a snížení somatosenzorické citlivosti, tudíž se zvyšuje pohyb COP v opěrné bázi a mohou být přítomny titubace i při klidném stoji. Z těchto důvodů senioři využívají spíše kyčelní strategie. Stejně tak se zhoršují funkce anticipačního posturálního systému a senzorického systému, kde s přibývajícím věkem postupně dochází k samovolné degeneraci somatosenzorických, zrakových i vestibulárních buněk, které mají nutně za následek zhoršení rovnováhy. Při zhoršení posturálních funkcí organismus vyžaduje zvýšenou míru pozornosti k zachování rovnováhy. Při současném vykonávání nějakého kognitivního úkolu může dojít k překročení kapacity pozornosti a zhoršení rovnováhy nebo se nedokáže soustředit na daný kognitivní úkol (Hall a Heusell-Gilling, 2010; Shumway-Cook a Woollacott, 2012). Vzhledem k daným změnám poruchou chůze trpí 20-40 % jedinců nad 65 let a až 40-50 % seniorů nad 85 let (Tisher et al., 2019).

Mimo změny v tělesných posturálních systémech patří mezi rizikové faktory pádů i vnější faktory prostředí, kdy jsou větší nároky na posturální kontrolu a mobilitu, např. chůze po nerovných nebo kluzkých površích, chůze při chabém osvětlení, lezení po žebříku, nepředvídané překážky, anebo pohyb v prostředí, které je pro člověka neznámé, např. pokud se přestěhuje do nového bytu. Dalším faktorem je i daná situace, kdy je dotyčný rozptýlený nebo se soustředí na více věcí najednou, např. spěchá na záchod nebo ke zvonícímu telefonu. Ovšem velmi zřídka se u těchto lidí objeví pouze jeden z faktorů, většinou jde o kombinaci vnitřních i vnějších faktorů spolu se situačními faktory (prováděnou kognitivní činností). Velmi významným ukazatelem jsou i předchozí pády, kdy je velká pravděpodobnost, že dotyčný upadne znova (Vaishia a Vaish, 2020). Mezi rizikové pohyby patří otáčení, ohýbání se, natahování se za předměty atd. (Melzer a Oddsson, 2012).

Velmi důležité je včasné odhalení poruchy rovnováhy, která stárnutí provází a případná intervence zabraňující nebo zpomalující její rozvoj. Jak vyplývá i z kazuistiky v praktické části této práce, i pro pacientku bez významnějších zdravotních potíží byly některé testy zaměřené

na rovnováhu obtížné. Při stožení na patách bylo přítomné vrávorání a pomocné pohyby rukou, i tandemový stoj, tandemovou chůzí a chůzí po linii provázely výrazné titubace, občas se musela přidržet stolu, aby neupadla. Vykazovala tedy určitou míru zhoršení stability, i když subjektivně při chůzi po rovině nemá žádné problémy. Bylo by proto vhodné provádět u seniorské populace systematické testování rovnováhy a chůze v rámci prevence, kdy se identifikují jedinci se zvýšeným rizikem pádu. Systematičností testování by bylo možné odhalit i počáteční znaky a začít vhodnou terapií, což by zvýšilo šanci, že se pádu a jeho následkům vyhnou (Yu, Zhao, Wang, Sun, Murphy a Tsui, 2021).

Podle současných studií mezi nejefektivnější metody ke snížení rizika pádů jsou cvičení zaměřená na posílení svalů a trénink rovnováhy. Vhodné jsou i pohybové aktivity jako pilates nebo Tai Chi (Wang et al., 2020; Tisher et al., 2019). Tréninkem rovnováhy a svalové síly je možné snížit riziko pádu až o 35 % (Tisher et al. 2019). Jednotlivé složky rovnováhy se trénují různými způsoby – cvičení na statickou, dynamickou rovnováhu (stabilita ve stožení a při chůzi) a reakční rovnováhu (stabilita při externím vychýlení), anticipační (stabilita při očekávaném vychýlení) a duální cvičení (stabilita při současném posturálním a mentálním úkolu). Tato cvičení lze kombinovat se senzoryckým tréninkem (vyřazením jednoho nebo více senzoryckých vjemů). Současné studie tvrdí, že cvičení statické a dynamické rovnováhy prováděné třikrát týdně po dobu 30 minut snižuje riziko pádu, snižuje jejich výskyt, zlepšuje statickou i dynamickou rovnováhu a funkční mobilitu. Dokonce i několikaminutové domácí cvičení statické rovnováhy jednou týdně pomáhá má za následek zlepšení stability (Tisher et al., 2019). Rovnováha lze trénovat i pomocí přístrojové techniky (např. Wii Fit, Neurocom nebo Biodex). Často se pohybují na hranici hry a cvičení, což má příznivý vliv na motivaci pacientů. Výhodou je nastavitelná úroveň obtížnosti a u některých (Neurocom, Biodex) i možnost diagnostiky (Vomášková, Pavlů, Pánek, 2020; Nel et al., 2020; Donath et al, 2016). Dále je vhodné v rámci prevence případné odstranění vnějších rizikových faktorů ve smyslu úpravy domácího prostředí (odstranění volných koberečků, kabelů na zemi atd.) či používání pomůcek (např. hůlka nebo chodítka) (Vaishya a Vaish, 2020).

## ZÁVĚR

V této práci jsou popsány základní posturální mechanismy, jejich změny, které provázejí fyziologický proces stárnutí, a možnosti jejich hodnocení a tréninku.

V poslední době získává na významu trénink pomocí přístrojové techniky, např. virtuální realita, Biodex a NeuroCom, mnohé z nich nabízejí i možnost diagnostiky.

Podle studií, které byly podkladem pro tuto část bakalářské práce, je zřejmé, že lze tréninkem do jisté míry zmírnit negativní projevy stárnutí v udržování rovnováhy a je vhodné cvičení použít i jako prevenci vzniku poruch rovnováhy. To má velký význam přihlédneme-li ke statistikám, které dokazují, že pády v pokročilém věku mohou mít velmi vážné důsledky.

## **SOUHRN**

Tato bakalářská práce se zabývá fyziologií stárnutí v rámci posturálních systémů a možnostmi jejich rehabilitace.

Je rozdělena na dvě hlavní části – na část teoretickou a praktickou. Teoretická část se skládá z kapitol zabývajících se posturou a posturálními systémy, změnami těchto systémů ve stáří, testováním a tréninkem stability. Praktická část obsahuje kazuistiku pacientky nad 65 let, u které bylo provedeno vyšetření rovnováhy. Jedná se o zdravou seniorku, u které bylo odhaleno jen malé porušení rovnováhy, které by ovšem mohlo indikovat zahájení rehabilitace rovnováhy v rámci prevence výskytu pádů.

## **SUMMARY**

The presented bachelor thesis deals with the physiology of ageing within the framework of postural systems and the possibilities of their rehabilitation.

The thesis is divided into two parts – the theoretical and the practical. The theoretical part contains chapters dealing with posture and postural systems, changes in these systems in old age, their testing and stability training. The practical part contains a case study of an over 65 female patient. She was tested for her postural stability. She is a healthy old adult, showing only an insignificantly disturbed stability. However minor this disturbance may be, it could indicate initiation of rehabilitation to prevent fall risks.



**PhDr. Ivana Marková**

Mozartova 29  
Olomouc 779 00

## REFERENČNÍ SEZNAM

- Afschrift, M., Jonkers, I., De Schutter, J. & De Groote, F. (2016). Mechanical effort predicts the selection of ankle over hip strategies in nonstepping postural responses. *Journal of neurophysiology*, 116(4), 1937-1945. Retrieved 2. 11. 2019 from ncbi.nlm.nih.gov: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5144705/>.
- Alghadir, A. H., Alotaibi, A. Z., & Iqbal, Z. A. (2019). Postural stability in people with visual impairment. *Brain and behavior*, 9. Retrieved 3. 3. 2021 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31578824/>.
- Arghavani, H., Zolaktaf, V., & Lenjannejadian, S. (2020). Comparing the effects of anticipatory postural adjustments focused training and balance training on postural preparation, balance confidence and quality of life in elderly with history of a fall. *Aging clinical and experimental research*, 32(9), 1757-1765. Retrieved 18. 1. 2021 from link.springer.com: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40520-019-01358-5/>.
- Arnold, B., L., & Schmitz, R., J. (1998). Examination of balance measures produced by the Biodex stability system. *Journal of athletic training*, 33(4), 323-327. Retrieved 17. 1. 2021 from researchgate.net: [https://www.researchgate.net/publication/7219789\\_Examination\\_of\\_Balance\\_Measures\\_Produced\\_by\\_the\\_Biodex\\_Stability\\_System/link/00b7d537e18924e9bc000000/download](https://www.researchgate.net/publication/7219789_Examination_of_Balance_Measures_Produced_by_the_Biodex_Stability_System/link/00b7d537e18924e9bc000000/download).
- Balance system™ SD (version 4.x). Retrieved 5. 2. 2021 from m.biodex.com: [https://www.mbiobdex.com/sites/default/files/950440man\\_ifu\\_eng\\_19092clr\\_rev.c.pdf](https://www.mbiobdex.com/sites/default/files/950440man_ifu_eng_19092clr_rev.c.pdf)
- Beato, M., C., Morton, E., Iadarola, C., Winterberger, L., & Dawson, N. (2019). Can the Wii Fit balance board be used as a fall risk assessment tool among poststroke patients? *Journal of stroke and cerebrovascular diseases*, 29(2): 104500. Retrieved 16. 4. 2021 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31818679/>



- Bonewald, L. (2018). Use it or lose it to age: a review of bone and muscle communication. *Bone*, *120*, 212-218. Retrieved 20. 11. 2019 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S875632821830423X?via%3Dihub>.
- Curio, F., Basile, C., Liguori, I., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Galizia, G., Testa, G., Langellotto, A., Cacciatore, F., Bonaduce, D., & Abete, P. (2016). Tinetti mobility test is related to muscle mass and strength in non-institutionalized elderly people. *Age*, *38*, 525-533. Retrieved 3. 12. 2020 from eds.a.ebscohost.com:  
<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=44&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.
- Čada, Z., Černý, R., & Čakrt, O. (2017). *Závratě*. Havlíčkův Brod: Tobiáš.
- Davoodeh, S., Sheikh, M., Sharifabadi, D. H., & Bagherzadeh, F. (2020). The effect of Wii Fit exergames on static balance and motor competence in obese and non-obese college women. *Acta Gymnica*, *50*(2), 61-67. Retrieved 23. 1. 2021 from eds.a.ebscohost.com:  
<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=34&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.
- Dhargave, P., Sendhilkumar, R., & James, T., T. (2020). Effect of a structured exercise program in reducing falls and improving balance and gait in the elderly population living in long-term care homes – a randomized controlled trial. *Aging medicine and healthcare*, *11*(2), 53-59. Retrieved 2. 4. 2021 from agingmedhealthc.com:  
[https://www.agingmedhealthc.com/wp-content/uploads/2020/06/v11i2\\_4\\_amh-2019-07-014.pdf](https://www.agingmedhealthc.com/wp-content/uploads/2020/06/v11i2_4_amh-2019-07-014.pdf).
- Donath, L., Rössler, R., & Faude, O. (2016). Effects of virtual reality training (exergaming) compared to alternative exercise training and passive control on standing balance and functional mobility in healthy community-dwelling seniors: a meta-analytical review. *Sports medicine*, *46*(9), 1293-1309. Retrieved 21. 1. 2021 from link.springer.com:  
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-016-0485-1>.
- Espejo-Antúnez, L., Pérez-Mármol, J. M., Carbero-Dúran, M., Toledo-Marhuenda, J. V., & Albornoz-Cabello, M. (2020). The Effect of proprioceptive exercise on balance and

physical function in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 101(10), 1780-1788. Retrieved 17. 1. 2021 from ncbi.nlm.nih.gov:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32663479/>.

Gallou-Guyot, M., Mandigout, S., Bherer, L., & Perrochon, A. (2020). Effects of exergames and cognitive-motor dual-task training on cognitive, physical and dual-task functions in cognitively healthy older adults: an overview. *Ageing research reviews*, 63: 101135. Retrieved 20. 1. 2021 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32768594/>.

Goliwas, M., Furmaniuk, L., & Lewandowski, J. (2015). Postural stability in adults under 30 years of age. *Trends in sport sciences*, 22(2), 83-88.

Grote, C., Reinhardt, D., Zhang, M., & Wang, J. (2019). Regulatory mechanisms and clinical manifestations of musculoskeletal aging. *Journal of orthopaedic research*, 37(7), 1475-1488. Retrieved 20. 11. 2019 from eds.a.ebscohost.com:

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=51&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.

Gschwind, Y., J., Kressig, R., W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practise fall prevention exercise program to improve balance, strenght / power, and psychological health in older adults: study protocotl for randomized controlled study. *BMC Geriatrics*, 13:105. Retrieved 14. 1. 2021 from eds.a.ebscohost.com:

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.

Hafström, A. (2018). Negatively affected by diminished touch and vibration sensitivity in relatively healthy control adults and elderly. *Gerontology & geriatric medicine*, 4, 1-10. Retrieved 20. 11. 2019 from researchgate.net:

[https://www.researchgate.net/publication/325572915\\_Perceived\\_and\\_Functional\\_Balance\\_Control\\_Is\\_Negatively\\_Affected\\_by\\_Diminished\\_Touch\\_and\\_Vibration\\_Sensitivity\\_in\\_Relatively\\_Healthy\\_Older\\_Adults\\_and\\_Elderly/link/5b168e22a6fdcc31bbf5abd1/download](https://www.researchgate.net/publication/325572915_Perceived_and_Functional_Balance_Control_Is_Negatively_Affected_by_Diminished_Touch_and_Vibration_Sensitivity_in_Relatively_Healthy_Older_Adults_and_Elderly/link/5b168e22a6fdcc31bbf5abd1/download).

Hall, C., D., & Heusell-Gilling, L. (2010). Balance rehabilitation and dual-task ability in older adults. *Journal of clinical gerontology & geriatrics*, 1, 22-26. Retrieved 5. 2. 2021 from sciencedirect.com:re

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210833510000080?via%3Dihub>

High, K., P., & Kritchevsky, S. (2015). Translation research in the fastest-growing population: older adults. *Principles of translation science in medicine (2nd ed.)*, 299-311. Retrieved 16. 4. 2021 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128006870000311?via%3Dihub>.

Holý, D. (2021). Senioři v ČR v datech. Praha: Český statistický ústav.

Huxhold, O., Li, S., Schimedek, F., & Linderberger, 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. Retrieved 2. 12. 2019 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0361923006000037?via%3Dihub>.

Ibrahim, M., S., Mattar, A., G., & Elhafez, S., M. (2016). Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *The journal of physical therapy science*, 28(1), 20-26. Retrieved 21. 1. 2021 ncbi.nlm.nih.gov:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov//pmc/articles/PMC4755968/>

Ivanenko, Y. & Gurfinkel V. S. (2018). Human postural control. *Frontiers in neuroscience*, 12: 171. Retrieved 11. 11. 2019 from frontiersin.org:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2018.00171/full>.

Jahn, K. (2019). *The aging vestibular system: dizziness and imbalance in the elderly. vestibular disorders*, 82, 143–149. Retrieved 28. 11. 2019 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30947233/>.

- Janda, V. & Vávrová, M. (1992). Senzomotorická stimulace. *Rehabilitácia*, 25(3), 14-34.
- Kannan, L., Vora, J., Varas-Diaz, G., Bhatt, T., & Hughes, S. (2021). Does exercise-based conventional training improve reactive balance control among people with chronic stroke? *Brain science*, 11(1): 2. Retrieved 20. 1. 2021 from eds.b.ebscohost.com:  
<https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=17&sid=368628e3-a4a6-4855-8e8d-ab73863d713b%40sessionmgr102>.
- Kampel, M., Doppelbauer, S., & Planinc, R. (2018). Automated Timed up & go test for functional decline assessment of older adults. *Pervasive health '18: proceedings of the 12th EAI international conference on pervasive computing technologies for healthcare*, 208-216.
- Khant, N., Dani, V. B, Patel, P., Rathod, R. (2018). Establishing the reference value for “timed up-and-go” test in healthy adults of Gujarat, India. *Journal od education and health promotion*, 7: 62. Retrieved 6. 12. 2020 from jehp.net:  
[https://www.jehp.net/temp/JEduHealthPromot7162-3056439\\_082924.pdf](https://www.jehp.net/temp/JEduHealthPromot7162-3056439_082924.pdf).
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Králíček, P. (2011). *Úvod do speciální neurofyzologie (3rd ed.)*. Praha: Galén.
- Lee, Ch., Wu, Ch., Jiang, B., & Sun, T. (2020). Exploration of fall-evaluation scores using clinical tools with the short-form Berg balance scale and Timed up and go and motion detection sensors. *Applied science*, 10(19), 6931.
- Lee, S. (2017). Influence of higher visual dependence in senzomotor functions in community-dwelling people over 60 years old. *International journal of gerontology*, 11, 258-262. Retrieved 25. 11. 2019 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1873959816301958?via%3Dihub>.
- Lee, Y. & Shin, S. (2019). Effects of the shape of the base of support and dual task execution on postural control. *The asian journal of kinesiology*, 21(1), 14-24. Retrieved 11. 11. 2019 from researchgate.net:

[https://www.researchgate.net/publication/331174190\\_Effects\\_of\\_the\\_Shape\\_of\\_the\\_Base\\_of\\_Support\\_and\\_Dual\\_Task\\_Execution\\_on\\_Postural\\_Control](https://www.researchgate.net/publication/331174190_Effects_of_the_Shape_of_the_Base_of_Support_and_Dual_Task_Execution_on_Postural_Control).

Le Mouel, Ch., Tisserand, R., Robert, T., & Brette, R. (2019). Postural adjustments in anticipation of predictable perturbations allow elderly fallers to achieve a balance recovery performance equivalent to elderly non-fallers. *Gait & posture*, *71*, 131-137. Retrieved 30. 11. 2019 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636219300657?via%3Dihub>.

Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., & Gollhofer, A. (2015). Effects of balance performance in healthy older adults: a systematic review and Meta-analysis. *Sports med*, *45*, 1721-1738. Retrieved 5. 2. 2021 from link.springer.com:

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-015-0375-y>

Liu, J., Quach, B., & Chung, P. (2018). Further understanding of the Senior Fitness Test: Evidence from community-dwelling high function older adults in Hong Kong. *Archives of Gerontology and geriatrics* *82*, 286-292. Retrieved 3. 12. 2020 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167494319300470?via%3Dihub>.

Nel, H., W., Mudzi, W., Janse van Vuuren, J., E., C., & Musenge, E. (2020). Biodex© training post-stroke for postural stability in the upper trunk: A pilot study. *South African journal of physiotherapy*, *76(1)*: 1416. Retrieved 21. 1. 2021 from eds.b.ebscohost.com:

<https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=9c72f362-ae2f-4eee-a124-8f160e4c480a%40sdc-v-sessmgr01>.

O'Hoski, S., Sibley, K. M., Brooks, D., & Beauchamp, M. K. (2015). Construct validity of the BESTest, mini-BESTest and briefBESTest in adults aged 50 years and older. *Gait & posture*, *42(3)*, 301-305. Retrieved 3. 12. 2020 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636215005081?via%3Dihub>.

- Okubo, Y., Brodie, M. A., Sturnieks, D. L., Hicks, C., & Lord, S. R. (2019). A pilot study of reactive balance training using trips and slips with increasing unpredictability in young and older adults: biomechanical mechanisms, falls and clinical feasibility. *Clinical biomechanics*, 67, 171-179. Retrieved 19. 1. 2021 from clinbiomech.com:  
[https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(18\)30352-8/fulltext](https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(18)30352-8/fulltext).
- Opavský, J. (2003). *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Pavlou, M. (2010). The use of optokinetic stimulation in vestibular rehabilitation. *Journal of neurologic physical therapy*, 34(2), 105-110. Retrieved 19. 1. 2021 from journals.lww.com:  
[https://journals.lww.com/jnpt/Fulltext/2010/06000/The\\_Use\\_of\\_Optokinetic\\_Stimulation\\_in\\_Vestibular.10.aspx](https://journals.lww.com/jnpt/Fulltext/2010/06000/The_Use_of_Optokinetic_Stimulation_in_Vestibular.10.aspx).
- Picardi, M., Redaelli, V., Antoniotti, P., Pintavalle, G., Arsididou, E., Sterpi, I., Meloni, M., Corbo, M., & Caronni, A. (2020). Turning and sit-to-walk measures from the instrumented Timed up and go test return valid and responsive measures of dynamic balance in Parkinson's disease. *Clinical biomechanics*, 80. Retrieved 4. 12. 2020 from clinbiomech.com:  
[https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(20\)30296-5/fulltext](https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(20)30296-5/fulltext).
- Mancini, M. & Horak, F., B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 46(2), 239-248. Retrieved 3. 12. 2020 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20485226/>.
- Melzer, I., & Oddsson L. (2012). Improving balance control and self-reported lower extremity function in community-dwelling older adults; a randomized trial. *Clinical rehabilitation*, 27(3), 195-206.
- Míková, M. & Vaverka, F. (2006). *Posturografie – význam a uplatnění ve výzkumu a klinické praxi*. Olomouc: Marcela Míková.

NeuroCom clinical research system (CRS). Retrieved 5. 2. 2021 from medicalexpo.com:

<https://pdf.medicalexpo.com/pdf/natus-medical/clinical-research-system/76900-168313.html>.

NeuroCom SMART balance master: objective balance assesment & dynamic training protocols.

Retrieved 5. 2. 2021 from medicalexpo.com: <https://pdf.medicalexpo.com/pdf/natus-medical/neurocom-smart-balance-master/76900-168316.html>.

Van het Reve, E., & de Bruin, E. (2014). Strength-balance supplemented with computerized cognitive training to improve dual task gait and divided attention in older adults: a multicenter randomized-controlled trial. *BMC Geriatric*, 14: 134. Retreved 20. 1. 2021 from eds.a.ebscohost.com:

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.

Reynard, F., Christe, D., & Terrier, P. (2019). Postural control in healthy adults: determinants of trunk sway assessed with a chest-woen accelerometr in 12 quiet standing tasks. *Plos one*, 14(1). Retrieved 15. 11. 2019 from eds.b.ebscohost.com:

<https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&sid=368628e3-a4a6-4855-8e8d-ab73863d713b%40sessionmgr102>

Reimann, H., & Schönner, G. (2016). A multi-joint model of quiet, upright stance accounts for the „uncontrolled manifold“ structure of joint variance. *Biol cybern*, 111, 389-403. Retrieved 19. 11. 2019 from link.springer.com:

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00422-017-0733-y>.

Rieger, M., M., Papegaaij, S., Steenbrink, F., van Dieën, J. H., & Pijanappels, M. (2020). Perturbation-based gait training to improve daily life gait stability in older adults at risk of falling: protocol for the REACT randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 20 (1): 167. Retrieved 14. 1. 2021 from bmcgeriatr.biomedcentral.com:

<https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-020-01566-z>.

Ritzmann, R., Lee, R., Krause, A., Gollhofer, A., & Freyler, K. (2018). Stimulus prediction and postural reaction: phase-specific modulation of soleus H-reflexes is related to changes in

- joint kinematics and segmental strategy in perturbed upright stance. *Frontiers in intergrate neuroscience*, 12: 62. Retrieved 20. 11. 2019 from frontiersin.org:  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2018.00062/full>.
- Rivolta, M. W., Aktaruzzaman, Md., Rizzo, G., Lafortuna, C. L., Ferrarin, M., Bovi, G., Bonardi, D.R., Caspani, A., & Sassi, R. (2018). Evaluation of the Tinetti score and fall risk assessment via akcelerometry-based movement analysis. *Artificial inteligenca in medicine*, 95, 38-47. Retrieved 4. 12. 2020 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09333365717303901?via%3Dihub>.
- Roman-Liu, D. (2018). Age-related changes in the range and velocity of postural sway. *Archives of gerontology and geriatrics*, 77, 68-80. Retrieved 20. 11. 2019 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167494318300682?via%3Dihub>.
- Rosa, M. V., Perracini, M. R., & Ricci, N. A. (2018). Usefulness, assessment and normative data of the Functional reach test in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81, 149-170. Retrieved 3. 12. 2020 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167494318302322?via%3Dihub>.
- Saftari, L., & Kwon, O. (2018). Aging vision and falls: a review. *Journal of physiological antropology*, 37: 11. Retrieved 25. 11. 2019 from doaj.org:  
<https://doaj.org/article/82799fbec00b4c3d837daad07826d459>.
- Sakamoto, S., & Iguchi, M. (2018). The degree of postural automaticity influences the prime movement and the anticipatory postural adjustments during standing in healthy young individual. *Human movement science*, 60, 131-138. Retrieved 4. 11. 2019 from sciencedirect.com:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167945717304372?via%3Dihub>.



Shulman, D., Spencer, A., & Vallis, L. (2018). Age-related alterations in reactive stepping following unexpected mediolateral perturbations during gait initiation. *Gait & posture*, 64, 130-134. Retrieved 20. 11. 2019 from sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636218306568?via%3Dihub>.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Motor control: translating research into clinical practice*. Philadelphia, Pa.: Wolters Kluwer Health."

Sohn, M., K., Jee, D., J., Hwang, P., Jeon, Y., & Lee, H. (2015). The effects of shoulder slings on balance in patients with hemiplegic stroke. *Annals of rehabilitation medicine*, 39(6), 986-994. Retrieved 2. 12. 2020 from eds.b.ebscohost.com:

<https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=368628e3-a4a6-4855-8e8d-ab73863d713b%40sessionmgr102>

Strupp, M., Fiher, C., Hanß, L., & Bayer, O. (2014). The takeaway Frenzel goggles. *Neurology*, 83(14):1241-1245. Retrieved 19. 1. 2021 from oce.ovid.com:

<https://oce.ovid.com/article/00006114-201409300-00006/HTML>.

Toulotte, C., Toursel, C. & Olivier, N. (2012). Wii Fit® training vs. adapted physical activities: which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. *Clinical rehabilitation*, 26(9), 8827-835. Retrieved 5. 2. 2021 from pubmed.gov:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22324055/>.

Tisher, K., Mann, K., VanDyke, S., Johansson, Ch. & Vallanbhajosula, S. (2019). Functional measures show improvements after a home exercise program following supervised balance training in older adults with elevated fall risk. *Physiotherapy theory and practice*, 35(4), 305-317. Retrieved 6. 12. 2020 from eds.a.ebscohost.com:

<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=31&sid=6c240c77-39a1-4106-a500-ef47ee214fab%40sessionmgr4006>.

- Krhutová, Z. (2015). *Standard fyzioterapie doporučený UNIFY ČR: Metabolický onemocnění skeletu – osteoporóza – Příloha 1: Hodnocení posturální stability*. Retrieved 5. 2. 2021 from unify-cr.cz:  
<http://www.unify-cr.cz/obrazky-soubory/4-1-2-1-rtf-e8e63.pdf?redir>
- Vaishia R., & Vaish, A. (2020). Falls in older adults are serious. *Indian journal of orthopaedics*, 54, 69-74. Retrieved 16. 4. 2020 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32257019/>.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy (2nd ed.)*. Praha: Triton.
- Vohralíková, L., & Rabušic, L. (2004). *Čeští senioři včera, dnes a zítra*. Brno: Výzkumné centrum Brno.
- Vomáčková, H., Pavlů, D., & Pánek, D. (2020). Hodnocení dynamické posturální stability – tvorba referenčních hodnot pro běžnou, mladou populaci v ČR. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 27(2), 99-107.
- Vora, M., Ranawat, D., Tiwari, A., & Arora, M. (2018). Analysis of static, dynamic, and pelvic stability in junior badminton players of South Asia. *Journal of Sports Medicine and Therapy*, 3, 80-88. Retrieved 2. 12. 2020 from heighpubs.org:  
<https://www.heighpubs.org/jsmt/jsmt-aid1031.php>.
- Wang, J., Xu, D., Su, L., & Li, J., X. (2020). Effect of long-term exercise training on static postural control in older adults: a cross-sectional study. *Research in sports medicine*, 28(4), 553-552. Retrieved 11. 1. 2021 from pubmed.ncbi.nlm.nih.gov:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32686490/>.

Yu, L., Zhao, Y., Wang, H., Sun, T., Murphy, T., E, & Tsui, K. (2021). Assessing elderly's functional balance and mobility via analyzing data from waist-mounted tri-axial wearable accelerometers in timed up and go tests. *BMC Medical informatics and decision making*, 21: 108. Retrieved 18. 4. 2021 from eds.a.ebscohost.com:  
<https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=84c873b6-aa29-4826-bd47-67f9bbfef9e5%40sdc-v-sessmgr01>.

Zhang, Y., Smeets, J., B., J., Brenner, E., Verschueren, S., & Duyens, J. (2019). Fast responses to stepping-target displacements when walking. *The journal of physiology*, 10, 1987-2000. Retrieved 2. 4. 2021 from physoc.onlinelibrary.wiley.com:  
<https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1113/JP278986>.

## **SEZNAM ZKRATEK**

APSI – anteroposteriorní index stability

BOS – base of support

COG – center of gravity

COM – center of mass

COP – centre of pressure

CNS – centrální nervový systém

m./mm. – musculus/musculi

MLSI – mediolaterální index stability

OSI – celkový index stability

Unify ČR – Unie fyzioterapeutů České republik

