

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Posturální stabilita dospělých jedinců s Downovým  
syndromem**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

**PhDr. Klára Dadřová, Ph.D.**

Vypracovala:

**Bc. Marie Ležíková**

Praha, červenec 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Dále potvrzuji, že tato práce ani její podstatná část nebyla využita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

.....

Bc. Marie Ležiková

Na tomto místě bych chtěla moc poděkovat vedoucí mé diplomové práce PhDr. Kláře Daďové, Ph.D. za odbornou pomoc, podporu a vstřícný přístup. Dále děkuji konzultantce práce Mgr. Heleně Vomáčkové za podnětné rady a připomínky.

Velký dík patří Bc. Michaele Tláskalové, rodičům, dalším členům rodiny a přátelům, kteří mě podporovali a poskytovali zázemí nejen při zpracovávání této diplomové práce, ale i během celého studia. Bez nich by tato práce nemohla vzniknout.

Děkuji lidem s Downovým syndromem a jejich rodinám za ochotu zúčastnit se této studie. Poděkování patří také všem probandům kontrolní skupiny, kteří podstoupili měření v nelehké době.

## Abstrakt

**Název:** Posturální stabilita dospělých jedinců s Downovým syndromem

**Cíle:** Cílem této diplomové práce bylo porovnat posturální stabilitu jedinců s Downovým syndromem s kontrolní skupinou zdravých jedinců. Dále pak porovnat posturální stabilitu dospělých mužů s Downovým syndromem s dospělými ženami s Downovým syndromem.

**Metody:** Empirická část této práce byla zpracována na základě dat, která byla naměřena na tlakové desce MobileMat 3140 od firmy Tekscan. Do výzkumu bylo celkem zařazeno 52 probandů (muži = 30, ženy = 22). Ti byli rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny na základě diagnózy Downova syndromu. Experimentální skupina byla složena z 11 žen a 15 mužů, průměrný věk celé skupiny byl  $38,4 \pm 8,7$  let, průměrná výška  $156 \pm 7,20$  cm a průměrná hmotnost  $75,1 \pm 16,2$  kg. Kontrolní skupina byla taktéž tvořena 11 ženami a 15 muži, průměrný věk  $38,8 \pm 9,2$  let, průměrná výška  $175 \pm 10,1$  cm a průměrná hmotnost  $78,9 \pm 14,5$  kg. Účastníci byli měřeni ve čtyřech modifikacích bipedálního stoje: široká opěrná báze a otevřené oči; široká opěrná báze a zavřené oči; úzká opěrná báze a otevřené oči; úzká opěrná báze a zavřené oči. Každé měření trvalo 30 s.

**Výsledky:** Ve statistické analýze bylo porovnáváno šest parametrů posturální stability: celková trajektorie COP, vychýlení COP v anteroposteriorním směru, vychýlení COP v laterolaterálním směru, průměrná rychlost pohybu COP, time to boundary v anteroposteriorním směru, time to boundary v laterolaterálním směru. Byla zjištěna horší posturální stabilita dospělých jedinců s Downovým syndromem oproti kontrolní skupině na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v posturální stabilitě mezi muži a ženami experimentální skupiny.

**Klíčová slova:** Downův syndrom, posturální stabilita, posturografie, MobileMat

## **Abstract**

**Title:** Postural Stability in Adults with Down Syndrome

**Objectives:** The goal of the thesis was to compare postural stability in individuals with Down syndrome and the control group comprising of healthy individuals, and to compare postural stability in adult men with Down syndrome and adult women with Down syndrome.

**Methods:** The empirical part of the thesis was based on data collected from a pressure sensing platform MobileMat 3140 by Tekscan. The study was made up of 52 probands (30 men and 22 women). The probands were separated into the experimental and the control group based on their Down syndrome diagnosis. The experimental group consisted of 11 men and 15 women, with the average age being  $38,4 \pm 8,7$  years, the average height  $156 \pm 7,2$  cm, and the average weight  $75,1 \pm 16,2$  kg. Similarly, the control group consisted of 11 men and 15 women, with the average age being  $38,8 \pm 9,2$  years, the average height  $175 \pm 10,1$  cm, and the average weight  $78,9 \pm 14,5$  kg. The participants were measured in four modifications of the bipedal stance: wide base of support with the eyes open; wide base of support with the eyes closed; narrow base of support with the eyes open; narrow base of support with the eyes closed. Each measuring session took 30 seconds.

**Results:** Six parameters of postural stability were compared in the statistical analysis: COP path length, COP excursion front-back, COP excursion left-right, COP velocity average, time to boundary front-back, time to boundary left-right. The postural stability of adults with Down syndrome has proven to be worse than that of the control group with the significance level of  $\alpha = 0,05$ . No statistically significant difference in postural stability was found between the two genders in the experimental group.

**Keywords:** Down syndrome, postural stability, posturography, MobileMat

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teoretická východiska práce .....	12
2.1	Posturální motorika .....	12
2.1.1	Pojmy .....	13
2.1.2	Faktory ovlivňující posturální stabilitu.....	16
2.1.3	Posturální kontrola.....	17
2.2	Hodnocení posturální stability .....	18
2.2.1	Přístrojová posturografie.....	19
2.3	Downův syndrom .....	21
2.3.1	Prenatální diagnostika.....	23
2.3.2	Fenotypové znaky DS .....	25
2.3.3	Specifika pohybového aparátu osob s DS.....	26
2.3.4	Motorický vývoj dětí s DS.....	27
2.3.5	Specifika řídicí složky osob s DS .....	29
2.3.6	Mentální retardace .....	30
2.3.7	Posturální stabilita jedinců s DS .....	32
2.3.8	Rozdíly v posturální stabilitě z hlediska pohlaví .....	36
3	Metodologie práce .....	39
3.1	Cíle práce .....	39
3.2	Úkoly práce .....	39
3.3	Výzkumné otázky.....	40
3.4	Hypotézy .....	40
3.5	Metodika práce.....	41
3.5.1	Popis výzkumného souboru .....	41
3.5.2	Použité metody .....	42
3.5.3	Sběr dat .....	44

3.5.4	Analýza dat .....	45
4	Výsledky .....	46
4.1	Porovnání experimentální a kontrolní skupiny .....	46
4.1.1	Celková trajektorie COP .....	48
4.1.2	Vychýlení COP v anteroposteriorním směru.....	50
4.1.3	Vychýlení COP v laterolaterálním směru.....	52
4.1.4	Průměrná rychlost pohybu COP .....	54
4.1.5	Time to boundary v anteroposteriorním směru.....	56
4.1.6	Time to boundary v laterolaterálním směru.....	58
4.2	Porovnání mužů a žen v experimentální skupině.....	60
4.3	Shrnutí výsledků.....	63
5	Diskuse.....	64
5.1	Diskuse k provedení studie .....	64
5.1.1	Hodnocení posturální stability .....	64
5.1.2	Výzkumný soubor.....	65
5.1.3	Průběh měření .....	65
5.2	Diskuse k hypotézám .....	67
5.2.1	Diskuse k H1.....	67
5.2.2	Diskuse k H2.....	70
5.3	Limity studie .....	71
6	Závěr .....	73
7	Seznam použité literatury .....	74
8	Seznam příloh .....	I

## Seznam použitých zkratek

AAIDD – American Association on Intellectual and Developmental Disabilities, Americká asociace intelektových a vývojových postižení

BBE – Better Balance Essential

BMI – Body mass index, index tělesné hmotnosti

BSID – Bayley Scales of Infant Development, vývojová škála Bayleyové

CMP – cévní mozková příhoda

CNS – centrální nervová soustava

COG – Centre of Gravity, centrum gravitace

COM – Centre of Mass, těžiště

COP – Centre of Pressure, centrum tlaku

DS – Downův syndrom

DSS – domov sociálních služeb

EMG – elektromyografie

exCOP F-B – vychýlení COP v anteroposteriorním směru

exCOP L-R – vychýlení COP v laterolaterálním směru

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

hCG – Human chorionic gonadotropin, lidský choriogonadotropin

IQ – inteligenční kvocient

LoP COP – celková trajektorie COP

m. – musculus

PAPP-A – pregnancy associated plasma protein-A, plasmatický specifický těhotenský protein A

SD – standard deviation, směrodatná odchylka

SO – stoj se širokou opěrnou bází a otevřenýma očima

SZ – stoj se širokou opěrnou bází a zavřenýma očima

TTB F-B – time to boundary v anteroposteriorním směru



TTB L-R – time to boundary v laterolaterálním směru

UK – Univerzita Karlova

UO – stoj s úzkou opěrnou bází a otevřenýma očima

UZ – ultrazvuk; stoj s úzkou opěrnou bází a zavřenýma očima

vCOP – průměrná rychlost pohybu COP

WHO – World Health Organization, Světová zdravotnická organizace

# 1 Úvod

Downův syndrom (DS) je nejčastější autozomální chromozomální odchylkou. Počet nově narozených dětí s DS díky prenatalní diagnostice klesá, avšak stále je množství jedinců s touto diagnózou nezanedbatelné. Popis znaků a projevů DS je v literatuře již velmi dobře zpracován. V České republice však zaostává výzkum posturální stability jedinců s tímto syndromem. Ve starších zahraničních publikacích se autoři věnovali především zkoumání dětské populace jedinců s DS. Až na přelomu tisíciletí se zájem o posturální stabilitu jedinců s DS rozšířil i na dospělou populaci. Nikdo z autorů se zatím nevěnoval rozdílu ve výkonu mezi pohlavími u dospělých jedinců s DS.

Měřením posturální stability dospělých jedinců s DS jsem se rozhodla zabývat právě proto, že v České republice se tomuto tématu dodnes nikdo nevěnoval. Jedná se tak o zcela novou a neprozkoumanou oblast. Navíc mě toto téma zajímá i z osobních důvodů – ráda bych se v budoucnu profesně věnovala fyzioterapii osob s postižením.

Cílem této diplomové práce je porovnat posturální stabilitu jedinců s DS s kontrolní skupinou zdravých jedinců. Dále pak porovnat posturální stabilitu dospělých mužů s DS s dospělými ženami s DS. Konkrétní výzkumné otázky jsou vytyčeny takto: Jaký je rozdíl mezi posturální stabilitou dospělých osob s DS a posturální stabilitou zdravých dospělých osob? Jaký je rozdíl mezi posturální stabilitou dospělých mužů s DS a posturální stabilitou dospělých žen s DS?

V první části diplomové práce se zabývám teoretickými východisky posturální stability, hodnocením posturální stability a popisem DS. Konkrétně se zaměřuji na základní pojmy, faktory ovlivňující posturální stabilitu a možnosti hodnocení posturální stability. V kapitole Downův syndrom je zpracované téma prenatalní diagnostiky a fenotypové znaky tohoto syndromu. Důraz je však kladen především na specifika pohybového aparátu, motorický vývoj a specifika řídicí složky tohoto syndromu. V metodické části práce je uvedena metodologie výzkumu a výsledky statistické analýzy dat, které jsou dále diskutovány v kontextu předchozích zahraničních studií zabývajících se tímto tématem.

Přínosem této diplomové práce je zejména samotné zkoumání posturální stability u populace dospělých jedinců s DS v České republice, specificky také u obou pohlaví. Podle dostupných publikací se tímto tématem doposud nikdo v tuzemsku nezabýval. Dále

pak mohou být výsledky této práce základem pro fyzioterapeutické intervence ovlivňující poruchy posturální stability dospělých osob s DS.

V celé práci je čerpáno výlučně z odborné literatury včetně odborných zahraničních studií. Veškeré překlady zahraniční literatury jsou mé vlastní. V práci je citováno dle normy ČSN ISO 690.

## 2 Teoretická východiska práce

### 2.1 Posturální motorika

Cílem posturální motoriky je zajistit polohovou i pohybovou jistotu. Posturální funkce tkví v udržování zaujaté polohy a zabraňování její změny (tj. zabraňování pohybu) (Véle, 2012). Posturální funkce převažuje vždy před začátkem a na konci pohybu, ale zároveň celý pohyb provází a zajišťuje jeho plynulost (Véle, 1995). Posturální motoriku tvoří tři hlavní složky – senzorická, řídicí a výkonná. Senzorickou složku tvoří propioceptory, exteroceptory, zrak a vestibulární systém, řídicí složkou je CNS a výkonnou složku představuje pohybový aparát (kosti, klouby a svaly) (Vařeka a Vařeková, 2009). Je důležité si uvědomit, že posturální systém není přesně anatomicky definován, jelikož se jedná o funkční celek propojující různé systémy lidského těla (Míková, 2007).

Pro udržení jakékoli statické polohy je nutné neustálé zapojení svalů posturální motoriky (Véle, 2012). Je to tedy statický výsledek dynamického děje (Véle, 1995). Posturální motorika je zajišťována aktivitou posturálních svalů v oblasti dolních končetin, pánve, páteře a šíje, které se vyznačují schopností vyvinout menší sílu po delší čas (Véle, 1997). K udržení jakékoli pozice tělo využívá co nejméně energie, proto se procesu stabilizace účastní nejdříve drobné svaly a až později (při náročnější pozici) svaly velké (Véle, 1995). Posturální svaly pracují v koaktivaci, kdy se aktivují současně agonisté i antagonisté. Míra zapojení jednotlivých svalových skupin se neustále mění v reakci na měnící se podmínky (Bizovská a kol., 2017).

Posturální svaly se dle Véleho (2012) dále dělí do dvou funkčně rozdílných systémů – vnitřního (hlubokého) a vnějšího (povrchního). Vnitřní stabilizační systém tvoří hluboko uložené krátké svaly podél páteře, krátké rotátory ramenního a pánevního pletence, bránice, m. transversus abdominis a svaly pánevního dna. Tato skupina svalů je specifická svým hlubokým uložením a množstvím propioceptorů s vysokou citlivostí k jemným změnám polohy. Vnější stabilizační systém tvoří střední a dlouhé silné svaly podél páteře, svalstvo pánevního pletence a dolních končetin. Svaly vnějšího stabilizačního systému udržují stabilitu jednotlivých segmentů při vychýlených polohách a při pohybu. Vnitřní a vnější stabilizační systém zajišťuje jistotu polohy a pohybu (Véle, 2012). Na stabilizaci osového orgánu má vliv i rytmicky se opakující respirační

mechanika a bránice, která má mimo nádechové funkce též funkci posturální (Bizovská a kol., 2017)

Stoj je poměrně nestabilní poloha, což je zapříčiněno úzkou opěrnou bází a vysoko umístěným těžištěm těla. Těžiště těla ve stoji stále mírně kolísá vlivem neustálé kontroly z CNS, která upravuje zaujatou posturu (Véle, 2012). Stabilní stoj je souhrou stabilizační funkce dolních končetin a páteře. Velké klouby dolních končetin (kyčelní a kolenní) jsou schopné se uzamknout, což zajišťuje mechanickou stabilizaci dolních končetin. Stabilizační funkce páteře je oproti tomu prováděná pouze svalovým aparátem (Véle, 1995).

### **2.1.1 Pojmy**

#### **Postura**

Posturu můžeme definovat jako zaujatou polohu těla a jeho segmentů v klidu proti působení zevních sil, zejména proti síle gravitační (Vařeka a Vařeková, 2009; Véle, 1995). Postura neznamena pouze bipedální stoj, ale i jiné statické pozice (jako je např. sed), je součástí chůze a dalších lokomočních pohybů, protože schopnost zaujmout a udržet posturu je předpoklad pro všechny motorické programy (Vařeka a Vařeková, 2009).

#### **Stabilita**

Z fyzikálního hlediska je stabilita schopnost tělesa ustát se v rovnovážném stavu i přes působení zevního podnětu a po skončení působení podnětu se vrátit do původní pozice. Lze ji kvantifikovat jako míru úsilí, které těleso musí vykonat, aby se po narušení rovnováhy vrátilo do výchozího stavu (Watkins, 2010).

Véle (1995) stabilitu definuje jako stav, kdy jsou všechny síly působící na těleso vyrovnané. U lidského těla hovoříme o tzv. dynamické stabilitě, jelikož pro udržení statické polohy je zapotřebí svalové práce. Míra stability podává údaje o tom, jakou sílu musíme vyvinout pro vyvedení těla z rovnováhy. Čím větší stabilita, tím větší úsilí je třeba vykonat pro porušení rovnováhy.

#### **Posturální stabilita**

Posturální stabilita je schopnost udržet ve stoji COG (Centre of Gravity, viz níže) v opěrné bází (Bizovská a kol., 2017). Dle Koláře a kol. (2009) jde o schopnost zajistit takové postavení těla, aby nedošlo k pádu.

Mnoho autorů (např. Shumway-Cook a Woollacott, 2007) dělí posturální stabilitu na statickou a dynamickou. O statickou posturální stabilitu se jedná tehdy, pokud se nemění opěrná báze a tělo je v klidu. Pokud je tělo v pohybu a dochází tak ke změně opěrné báze, hovoříme o dynamické stabilitě.

V rámci fyzioterapie je často potřeba vyšetřit posturální stabilitu pacienta. Jednou z možností je využití přístrojové posturografie, která bude popsána v samostatné kapitole (2.2.1). Na tomto místě proto uvádím některé základní pojmy vztahující se k posturografii pro snadnější orientaci v tématu.

### **Opěrná plocha**

*„Opěrná plocha je část podložky, která je v přímém kontaktu s částí těla, kde je realizována opora“* (Bizovská a kol., 2017, s. 20). Na obrázku č. 1 jsou červeně ohraničená chodidla, která znázorňují opěrnou plochu.



Obrázek 1 - Opěrná plocha (Tesařová, 2015)

### **Opěrná báze**

*„Opěrná báze je plocha vzniklá spojením všech vnějších hranic opěrné plochy“* (Bizovská a kol., 2017, s. 20). Opěrná báze je na obrázku č. 2 ohraničená červenou čarou.

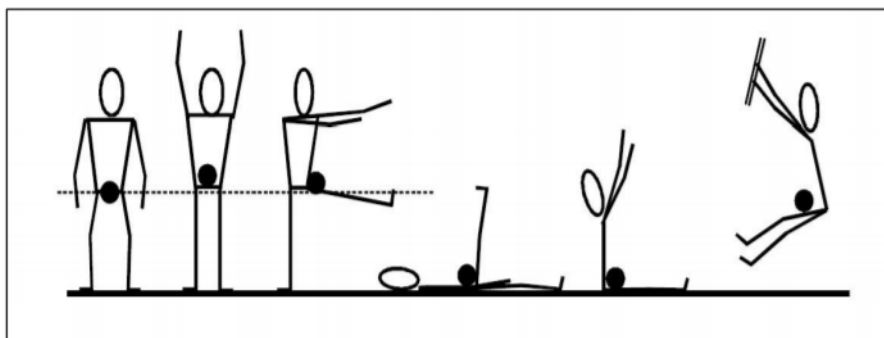


Obrázek 2 - Opěrná báze (Tesařová, 2015)

### COM (Centre of Mass, těžiště)

COM je působiště tíhové síly tělesa, avšak jde o hypotetický hmotný bod, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla. Všechny momenty tíhových sil působících na jednotlivé segmenty těla jsou vzhledem k těžišti rovny nule. Těžiště lze určit různými experimentálními, grafickými nebo matematickými metodami. Dnes je nejčastěji využívána analytická metoda, která vypočítává těžiště a momenty tíhových sil jednotlivých segmentů těla (Bizovská a kol., 2017; Vařeka a Vařeková, 2009). V klidném postoji se těžiště běžně nachází mezi obratli S2 – S3, 4 – 6 cm před promontoriem. Při změně postury (změnou polohy segmentů těla) se změní také těžiště těla (Janura, 2011), jak je vidět na obrázku č. 3.

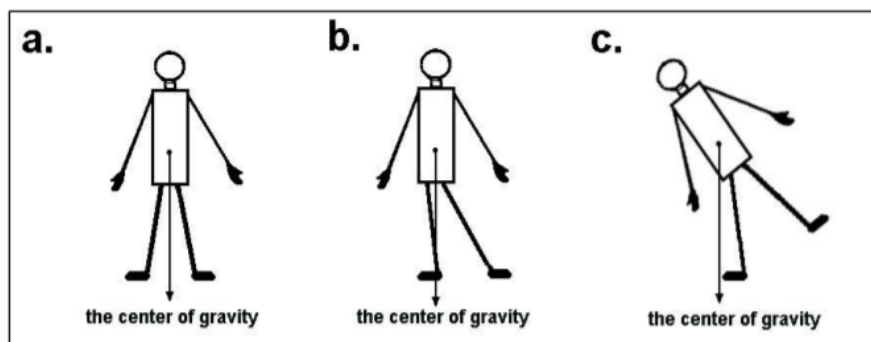
V průběhu posturální stabilizace COM stále osciluje v anteroposteriorní i laterolaterální rovině. Tento bod ale není posturografií měřitelný, ačkoli je často zaměňován za COP (Centre of Pressure, viz níže) (Morasso et al., 1999).



Obrázek 3 - Umístění COM v různých pozicích (Janura, 2011)

### COG (Centre of Gravity)

COG je vertikální projekce těžiště těla (COM) na podložku (Winter, 1995). Na obrázku č. 4 je vidět, jak se při změně postury změní COG.



Obrázek 4 - Projekce COG v různých pozicích (YCGF-NAH, 2000)

## **COP (Centre of Pressure)**

COP je působiště vektoru reakční síly podložky. Představuje vážený průměr všech tlaků v oblasti opěrné plochy (Winter, 1995). Zároveň se jedná o výsledný parametr naměřený posturografií (Míková, 2007). V případě dokonale tuhého tělesa se COP shoduje s COG, nikoli však u lidského těla (Vařeka a Vařeková, 2009). Mnoho autorů (Benda et al., 1994; Crétual, 2015; Lafond, et al., 2004; Yeung et al., 2014) se shoduje, že pokud je testovaná pozice dynamičtější, snižuje se přesnost odhadu COM z naměřeného COP. Pokud je ale poloha těla statická (např. stoj), je COP rovno COG, a tedy přesným ukazatelem COM (Maudsley-Barton et al., 2020).

### **2.1.2 Faktory ovlivňující posturální stabilitu**

Véle (1995) rozděluje faktory ovlivňující posturální stabilitu na fyzikální a neurofyziologické. Kolář a kol. (2009) následuje toto dělení a doplňuje ještě faktor psychických vlivů. Bizovská a kol. (2017) píše ještě o vnitřních faktorech lidského těla, kam řadí dech, který způsobuje cyklicky se opakující pohyb hrudníku a břišní stěny.

Do fyzikálních faktorů se řadí velikost a vlastnosti opěrné plochy. Čím větší je opěrná plocha, tím je stoj stabilnější. Nejdůležitější vlastností opěrné plochy je přilnavost. Dalším faktorem je hmotnost osoby a poloha jejího těžiště. Stabilita je přímo úměrná hmotnosti těla a nepřímo úměrná výšce těžiště (resp. výšce postavy). Nejstabilnější stoj je při poloze COG spadajícím do středu opěrné plochy. Charakter kontaktu těla s opěrnou plochou závisí na schopnosti nohy přilnout k terénu naboso či v obuvi. Zdravá noha by měla zvládnout převést zátěž těla přes klenbu nožní na podložku. Poslední fyzikální faktor, který ovlivňuje stabilitu, je postavení a vlastnosti hybných segmentů, zejména končetin a hlavy (Véle, 1995).

Mezi neurofyziologické faktory řadíme multisenzorické vstupy (integrace vestibulárních, zrakových, propioceptivních a exteroceptivních informací), míru excitability nervového systému a kvalitu zpětnovazebních mechanismů regulujících rovnováhu (Kolář a kol., 2009).

Johnson (2012) píše, že držení těla (postura) je ovlivněno dalšími faktory – strukturálními (např. skolióza), věkem, fyziologickými pochody (únava, těhotenství), patofyziologickými procesy (bolest, nemoci), psychickými procesy (emoce), pracovními a sportovními návyky, ale třeba i vlivy počasí (chlad nebo extrémní horko).



### **2.1.3 Posturální kontrola**

Cílem posturální kontroly je přizpůsobit držení těla zamýšlenému úkolu a zajistit tak posturální stabilitu, resp. takovou bezpečnost, aby nedošlo k pádu. Klidný, vzpřímený bipedální stoj poskytuje člověku možnost využívat horní končetiny k pracovní činnosti. Dobrá posturální kontrola je proto předpokladem pro volní motoriku (Bizovská a kol., 2017; Králíček, 2011).

Na udržování statické polohy těla se podílí mnoho reflexních mechanismů, které jsou hierarchicky uspořádané (Králíček, 2011). Posturální kontrola však není pouhým reflexem nebo naprogramovanou reakcí, jedná se spíše o funkční adaptabilní chování. Pro její správné fungování je třeba mít intaktních několik funkcí – vnímání orientace těla v prostoru, senzoricou organizaci, prediktivní centrální složku, muskuloskeletální systém a pohybovou koordinaci. Poté je možné, aby posturální kontrola fungovala v daných specifických podmínkách (Enoka, 2008).

Systém posturální kontroly zahrnuje komplexní organizaci smyslových informací, které jsou spojeny přes CNS s muskuloskeletálním systémem. Princip řízení posturální stability je tedy 1) aference z receptorů, 2) zpracování informací v CNS, 3) efektorová část vykonaná pohybovým aparátem (Míková, 2007). Posturální kontrola nevychází pouze ze senzoricých informací z periferie, ale také ze schopnosti vyhodnotit tyto informace v CNS a aktivovat posturální svaly ještě před začátkem pohybu na základě předchozích zkušeností a učení. Na rozvoj adaptabilní a anticipační funkce posturální kontroly má vliv pozornost, motivace a soustředění (Bizovská a kol., 2017).

#### **Senzorická složka**

Velmi důležitou součástí posturální kontroly jsou senzorické informace – zrakové, vestibulární a somatosenzorické (zahrnující propiocepci a exterocepci) (Bizovská a kol., 2017). Véle (1997) řadí mezi tuto multisenzorickou aferenci ještě interoceptory a nociceptory. Můžeme hovořit o „feed forward“ (předvídání), která je umožněna díky zraku a sluchu podávajících informace o vnějším prostředí. CNS tak může vybrat vhodný posturální program vzhledem k okolní situaci. Ve „feed back“ (zpětné vazbě) hrají zase nejvýznamnější roli propioceptory, které zaznamenávají postavení kloubů, šlach, svalů a ligament a v CNS jsou tyto informace porovnávány s původně zvoleným programem (Véle, 1995).

## **Řídící složka**

Posturální motorika je součástí hrubé motoriky řízené extrapyramidovými drahami. V CNS je hlavním nastavovacím ústrojím posturální motoriky formatio reticularis a výkonovým ústrojím jsou vestibulární jádra v mozkovém kmeni. Udržování stabilního stoje je dynamický proces, který vyžaduje součinnost subkortikálních struktur včetně mozečku (Véle, 1997). Aby jedinec zvládl udržet určitou pozici (či provést cílený pohyb), je nutné mít pro tuto činnost v CNS vytvořený program (Véle, 1995).

## **Výkonná složka**

Výkonnou složku posturální kontroly tvoří muskuloskeletální aparát (Kolář et al., 2009). Převod motorické informace z CNS ke svalům zajišťují motoneurony předních rohů míšních a jader hlavových nervů. Základní podmínkou pro veškerou motoriku je svalový tonus kosterního svalstva. Při udržování vzpřímené polohy těla převažuje tonus tzv. antigravitačních svalů (extenzorové skupiny dolních končetin, zádové muskulatury a šijových svalů a flexory horních končetin) (Králíček, 2011).

## **2.2 Hodnocení posturální stability**

UNIFY ČR (2015) uvádí možnosti klinického hodnocení statické posturální stability: vyšetření stoje, Rombergova zkouška, stoj na jedné dolní končetině a Tandem test, vše i ve variantě se zavřenými očima či na pěnové podložce pro vyřazení určitých aferentních signálů. Rombergova zkouška je běžně užívaná ve fyzioterapeutické praxi. S pomocí zužování opěrné báze a zavřením očí jsou postupně zvyšovány nároky na rovnováhu. Rozlišujeme stoj I – normální šířka stojné báze (asi na šířku ramen) a otevřené oči, stoj II – paty i špičky u sebe a otevřené oči, stoj III – paty i špičky u sebe a zavřené oči. Examinátor hodnotí kolísání (titubace) a míru úsilí vyrovnat těžiště, což se projevuje hrou šlach na dorzu nohou (Ambler a Jeřábek, 2008; Opavský, 2003). Tato hodnocení jsou ale velmi subjektivní (závislé na konkrétním vyšetřujícím) a nemají jasně definovaná hodnotící kritéria (jsou neměřitelné), proto se neřadí mezi vhodné vyšetřovací postupy pro provádění vědeckých výzkumů (Véle, 2012). Vyšetření stability lze provést i pomocí přístrojů. Jednoduché vyšetření symetrie zatížení dolních končetin ve stoji je použití dvou osobních vah. Symetrický stoj označujeme při rozdílu na vahách menším, než je 10 – 15 % hmotnosti těla (Véle, 1995).

Bizovská a kol. (2017) vymezuje metody testování rovnováhy na funkční testy, škály, baterie testů a přístrojové hodnocení s využitím silových či tlakových plošin. Z celé

řady možností neexistuje jediný test, který by byl univerzálně vhodný pro posouzení všech aspektů posturální kontroly, nebo pro všechny jedince v populaci. Pro splnění stanovených cílů je zapotřebí správný výběr metody s ohledem na aspekt, který chceme sledovat (Bastlová a kol., 2015).

Funkční testy jsou nejvíce využívány v klinické praxi pro jejich jednoduchost a rychlost provedení, snadné vyhodnocení výsledku, minimum potřebných pomůcek a nenáročnost v oblasti školení examinátorů. Nevýhodou je nekomplexnost, jelikož se zaměřují vždy pouze na jednu úlohu. Řadíme mezi ně např. Single leg stance, Functional reach test, Five times sit-to-stand, Timed Up and Go (Bastlová a kol., 2015; Bizovská a kol., 2017).

Škály vytvořené pro hodnocení rovnováhy v sobě zahrnují úkoly, které často vychází z funkčních testů (stoj v různých modifikacích, chůze, změny poloh). Jednotlivé úlohy se bodují zvlášť a poté se sčítá celkový bodový zisk. Výhodou je opět nenáročnost na pomůcky, testující personál ale již vyžaduje určitou míru zaškolení. Kvůli většímu množství testovacích úloh (a tedy komplexnějšímu přístupu) jsou více časově náročné, obvykle 10 – 20 min. Do škál se řadí např. Dynamic gait index a Functional gait assessment, Tinetti Performance oriented mobility assessment a Berg balance scale (Bastlová a kol., 2015; Bizovská a kol., 2017).

Zmiňované metody hodnocení posturální stability jsou rychlé, nenáročné pro personál a k jejich využití většinou nejsou potřeba žádné pomůcky. Nevýhoda je, že nedokážou odhalit příčinu poruchy – pouze zjišťují, zda porucha je či není přítomná (Mancini a Horak, 2011).

Baterie testů systematicky hodnotí všechny parametry ovlivňující posturální stabilitu. Využívá se v nich velký soubor úloh obsahující funkční zkoušky. Výhoda tohoto typu testování je v komplexnosti – takže dokáže odhalit i příčinu poruchy. Nevýhodou bývá nutnost použití speciálních pomůcek, časová náročnost (cca 30 min) a nutnost zaškolení personálu. Nejznámější baterie testů je Balance evaluation systems test (Bastlová a kol., Bizovská a kol., 2017).

### **2.2.1 Přístrojová posturografie**

Posturografie je termín pro vyšetření stability stoje celou řadou měřících desek (Véle, 1995). Obecně se analýza posturální stability člověka provádí studiem posunů COP v anteroposteriorní a laterolaterální rovině (Safi et al., 2016). Poslední roky je

přístrojová posturografie mezi fyzioterapeuty více využívána pro účely objektivní diagnostiky, zhodnocení účinku fyzioterapie, či v terapii samotné. Kromě toho je hojně zastoupena i ve výzkumných pracích, jelikož poskytuje objektivní kvantifikaci posturální stability díky měření COP (Hageman et al., 1995; Míková, 2007).

Při posturografii jsou měřeny reakční síly působící na plošinu pomocí piezoelektrických nebo tenzometrických senzorů. Na plošinu působí síla tíhová (lidského těla) a reakční síly svalů. Plošina tyto síly snímá a následně znázorňuje jejich rozklad ve třech rovinách – anterioposteriorní, mediolaterální a vertikální. Plošina dokáže nalézt působiště reakční síly – COP – a jeho polohu zaznamenává v čase, takže získáváme parametry jako: délku trajektorie, kterou urazí COP za celou dobu měření; velikost amplitudy vychýlení COP v anterioposteriorním a laterolaterálním směru; plochu konfidenční elipsy atd. Dalšími matematickými výpočty lze určit např. frekvenční charakteristiku oscilací COP a rychlost změny COP v průběhu balanční reakce (Kolář a kol., 2009; Míková, 2007).

Posturografické měřicí plošiny dělíme na dva typy – silové a tlakové (Kolář a kol., 2009). Silové desky měří reakční síly od podložky pomocí piezoelektrických či tenzometrických senzorů umístěných v každém svém rohu. Tlakové desky měří tlak na opěrné ploše pomocí kapacitních nebo tenzometrických senzorů, které jsou rozmístěny po celé ploše měřicí desky. Hustota senzorů se liší dle výrobce a typu plošiny. Kromě rozložení tlaku na chodidlech lze sledovat také trajektorii COP a průběh reakční síly od podložky (Bizovská a kol., 2017).

Dle podmínek, v jakých je subjekt testován, se posturografie dále dělí na statickou a dynamickou (Winter, 1995). Při testování statické posturální stability má jedinec za úkol zůstat v co nejstálenější poloze po určitou dobu (většinou 30 – 120 s). Základní a nejjednodušší varianta pro pacienta je klidný bipedální stoj na nepohyblivé a pevné podložce s pohodlnou šířkou opěrné báze (dle volby pacienta) a s otevřenými očima. Tato varianta testu je vhodná pro osoby s nízkou pohybovou zdatností, včetně pacientů s různými diagnózami (Bizovská a kol., 2017). Podmínky testování je možné modifikovat změnou pozice nohou (zúžením opěrné báze, stoj na jedné dolní končetině, tandemový stoj atd.) omezením vizuálních informací (zavřené oči), změnou propioceptivních informací (pěnová podložka), či přidáním sekundární úlohy (Kolář a kol., 2009). Dynamická posturografie spočívá v měření reakční doby potřebné k zaujetí rovnovážné polohy po vyrušení z klidového stoje. Podnětem narušujícím posturální stabilitu může být

pohyblivá plošina. Ta se může pohybovat translačními pohyby, rotovat, nebo se naklánět (jedinec má v tomto případě pokyn, aby nezměnil opěrnou bázi). Druhou možností, jak narušit posturální stabilitu může být pohyb jedince (např. výskok), po jehož dokončení je měřen čas, za který se COP testované osoby dostane opět do rovnovážného stavu (Bizovská a kol., 2017).

### **2.3 Downův syndrom**

Za první zmínku o dítěti s DS je považován popis Jeana Esquiroy z roku 1838. Další pramen je také z Francie, z roku 1846 od Edouarda Séguina. V roce 1866 napsal John Langdon Down práci týkající se popisu syndromu, který byl po něm později pojmenován (Pueschel, 1997). Od stejného roku je syndrom veden jako samostatná diagnóza (Selikowitz, 2005). Tento lékař (J. L. Down) označoval syndrom termínem „mongoloismus“. Po publikaci J. L. Downa se objevovaly práce dalších autorů popisující detaily DS (Chválová, 2012).

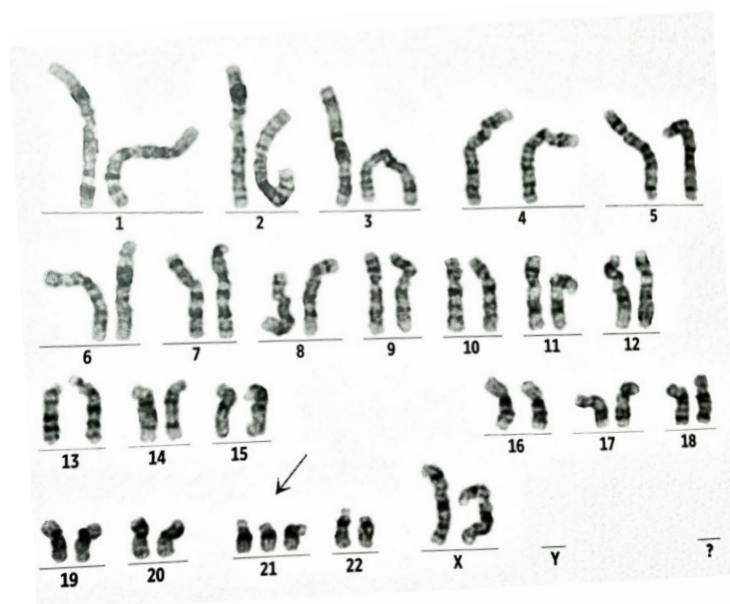
Každý syndrom je dle Selikowitz (2005) definován jako soubor příznaků, které se objevují společně. DS je nejčastější autozomální chromozomální odchylka (Bednařík a kol., 2010).

DS má prevalenci cca 1:800 narozených dětí (Škvor a Průhová, 2014), údaje se liší dle zdroje. Selikowitz (2005) dodává, že výskyt je stejný ve všech etnických skupinách. Avšak díky prenatální diagnostice se čeští neonatologové s touto diagnózou u novorozenců setkávají čím dál méně často (Laštůvková a kol., 2012). DS je totiž nejčastěji prenatálně zachycovaná vada (ÚZIS ČR, 2018). V České republice se tak např. v roce 2015 mělo narodit 126 dětí s DS (Český statistický úřad, 2016), avšak skutečný počet narozených dětí s DS byl pouze 43 (ÚZIS ČR, 2018). Incidence DS v roce 2015 byla tedy 1:2344 narozených dětí. S DS se setkáváme častěji u žen (60 %), než u mužů (40 %), příčina tohoto rozdílu nebyla zatím objasněna (Šmarda, 2013). Je známo, že pravděpodobnost narození dítěte s DS roste společně s vyšším věkem nastávající matky, zejména pak po 35. roce života, jak je vidět na obrázku č. 5 (Selikowitz, 2005).

Věk matky	Výskyt Downova syndromu	Věk matky	Výskyt Downova syndromu
20	1 z 2000	35	1 z 350
21	1 z 1700	36	1 z 300
22	1 z 1500	37	1 ze 250
23	1 z 1400	38	1 z 200
24	1 z 1300	39	1 z 150
25	1 z 1200	40	1 z 100
26	1 z 1100	41	1 z 80
27	1 z 1050	42	1 z 70
28	1 z 1000	43	1 z 60
29	1 z 950	44	1 z 50
30	1 z 900	45	1 z 40
31	1 z 800	46	1 z 30
32	1 z 720	47	1 z 25
33	1 z 600	48	1 z 20
34	1 z 450	49	1 z 10

Obrázek 5 - Výskyt Downova syndromu v závislosti na věku matky (Selikowitz, 2005)

Zdravý člověk má 23 párů chromozomů a tento karyotyp (tj. organizace chromozomů v buňce), je možné zobrazit na karyogramu (Škvor a Průhová, 2014). Lidé s DS mají svůj karyotyp charakteristický přítomností nadbytečného kritického množství 21. chromozomu (Selikowitz, 2005). Karyotyp jedince s DS zobrazuje obrázek č. 6. Distální část delšího raménka 21. chromozomu obsahuje pět popsaných genů, které produkují určité bílkoviny, jejichž nadměrná koncentrace zapříčiňuje příznaky DS (Šmarda, 2013).



Obrázek 6 - Karyotyp jedince s Downovým syndromem (Škvor a Průhová, 2014)

DS se dále dělí na tři formy: trisomie 21. chromozomu, translokace a mozaicismus. Jednotlivé formy se od sebe liší vznikem přítomnosti nadbytečného 21. chromozomu a také mírou postižení jedince. Nejběžnější formou je trisomie 21. chromozomu (95 % případů). Ta vzniká předáním dvou 21. chromozomů od jednoho z rodičů (namísto obvyklého 1 chromozomu). Zdá se, že u tohoto typu hraje nejzásadnější roli věk matky, přestože se nejedná o jedinou příčinu vzniku syndromu. Další formou je translokace, která se vyskytuje u 4 % případů. U této formy je nadbytečná pouze část 21. chromozomu, která vznikne odlomením kousku 21. chromozomu a jeho následným napojením na jiný chromozom. U této formy nemá věk matky na vznik syndromu vliv. Míra postižení jedinců se od formy trisomie neliší, avšak genetické vyšetření může odhalit jednoho z rodičů za nositele DS a to znamená, že má vyšší pravděpodobnost na zplození dalšího dítěte s tímto syndromem. Mozaicismus je třetí, nejméně běžným (1 % případů) typem DS, při kterém je přítomnost tří 21. chromozomů pouze v některých buňkách (Selikowitz, 2005). K mozaicismu dochází neoddělením obou 21. chromozomů při rýhovacím dělení oplodněného vajíčka, přičemž v jedné buňce dojde k abnormálnímu počtu 21. chromozomů. V těle tak vzniká další (nesprávná) buněčná linie, kterou nesou pouze buňky vzniklé z té původní (Škvor a Průhová, 2014). Lidé s tímto typem DS mohou mít všechny rysy plné trisomie, některé z nich, nebo vůbec žádné, protože mají patologicky postižené jen určité tkáně a orgány (Fergus, 2019; Šmarda, 2013).

### **2.3.1 Prenatální diagnostika**

Prenatální diagnostika má za cíl vyhledávat vrozené vývojové vady či patologické stavy plodu a řadí se mezi sekundární prevenci. Vyšetření lze rozdělit na neinvazivní (ultrazvukové vyšetření, kombinovaný test, trisomy) a invazivní (odběr choriových klků, aminocentéza, kordocentéza) metody (Chánová, 2014; Polák a kol., 2017).

Gravidní ženy v České republice mohou mezi 11. a 13. týdnem těhotenství absolvovat prvotrimestrální kombinovaný screening, tzv. kombinovaný test. Tento screening kombinuje ultrazvukové (UZ) vyšetření a laboratorní vyšetření krve matky a dokáže odhalit zvýšené riziko přítomnosti morfologických anomálií, srdečních vad, rozštěpů obličeje, DS a další chromozomální aberace plodu. 1. trimestr je období, ve kterém jsou UZ markery nejvíce citlivé pro odhalení DS. Při UZ vyšetření (většinou transabdominálně) lékař sleduje nuchální projasnění, kdy větší množství tekutiny v podkoží v oblasti krku plodu zvyšuje riziko přítomnosti chromozomální aberace. Biochemický rozbor krve sleduje hladinu dvou látek (PAPP-A a hCG), které produkuje

placenta (Centrum prenatalní diagnostiky, s.r.o., 2017; Polák a kol., 2017). Kombinace těchto dvou metod detekuje více než 90 % plodů s DS (Laštůvková a kol., 2012), falešná pozitivita je 5 % (Polák a kol., 2017).

Trisomy neboli neinvazivní prenatalní test trisomie se řadí mezi nové metody prenatalní diagnostiky a je možné ho provádět již v 10. týdnu těhotenství. Ze vzorku krve matky se pomocí sekvenování nové generace vyšetřují volné fragmenty DNA plodu. Je-li zvýšený počet fragmentů z určitého chromozomu, máme důvod uvažovat nad chromozomální aberací – trisomií. Tímto testem je tedy možné zjistit přítomnost trisomie 21. chromozomu (tj. DS) a dalších dvou typů trisomií (Edwardsův a Patauův syndrom) (Centrum prenatalní diagnostiky, s.r.o., 2017).

Podstatou těchto screeningů je vypočítat riziko výskytu patologického stavu plodu. Pokud je toto riziko větší než 1:300, doporučují se ženám speciální, přesnější invazivní vyšetření (Chánová, 2014).

Odběr choriových klků je možný provádět mezi 11. a 14. gestačním týdnem. Jde o punkční metodu, která spočívá v zavedení tenké jehly skrz břišní stěnu do placenty (pod UZ kontrolou) a odběru vzorku. Kromě pohlaví dítěte dokáže vyloučit nebo potvrdit nejčastější chromozomální aberace (DS, Patauův syndrom, Edwardsův syndrom). Tento výkon s sebou však nese riziko potratu 0,5-1 % (Chánová, 2014).

Amniocentéza probíhá podobným způsobem, ale jehla se zavádí přímo do dělohy a odebírá se malý vzorek (10-20 ml) plodové vody. Oproti odběru choriových klků se tento zákrok provádí později, obvykle mezi 15. a 22. týdnem těhotenství, riziko abortu je stejné (0,5-1 %) (Chánová, 2014).

Kordocentéza je odběr krve plodu skrz pupečnickovou věnu. Tuto krev lze využít ke genetickým, biochemickým, hematologickým, mikrobiologickým či imunologickým vyšetřením. Odběr probíhá taktéž transabdominálně tenkou punkční jehlou pod UZ kontrolou. Provádí se až po 20. gestačním týdnem a riziko fetální ztráty je větší než u předchozích dvou metod (1 – 2 %). Všechna tato invazivní vyšetření se provádějí ambulantně (Polák a kol., 2017).

Z časového hlediska se dává většinou přednost odběru choriových klků před aminocentézou, kordocentéza se již využívá velmi málo (Polák a kol., 2017). Pokud invazivní vyšetření potvrdí patologický nález plodu, mohou se rodiče rozhodnout pro interrupci až do 24. týdne gravidity (Laštůvková a kol., 2012).



### 2.3.2 Fenotypové znaky DS

Kromě výše popsaných prenatalních testů lze dítěti diagnostikovat DS také postnatálně pomocí cytogenetického vyšetření karyotypu. Indikací k tomuto vyšetření bývá typický klinický obraz novorozence – přítomnost fenotypových znaků a dalších příznaků (Selikowitz, 2005). V dnešní době je popsáno 55 charakteristických znaků DS, na každém jedinci se ale zdaleka neobjeví všechny. Souvislost mezi počtem přítomných vnějších znaků a stupněm mentální retardace nebyla potvrzena (Chvátalová, 2012).

Žižka (1994) řadí mezi diagnostická kritéria sloužící k rychlé diagnostice DS:

- ploché záhlaví
- plochý obličej
- zešíkmení oční štěrbin
- malé ušní boltce
- krátké prsty
- svalový hypotonus

Další klinické projevy jsou popsány na hlavě (např. mikrocefalie, brachycefalie, krátký nos, epikantická řasa, malá ústa a velký jazyk), na skeletu (široký a krátký krk, anomálie žeber, obratlů a hrudníku, tvarové odchylky klíčních kostí, krátké končetiny, syndaktylie, polydaktylie, široká mezera mezi 1. a 2. prstem na noze), na kůži (suchá kůže, volná kůže na krku, řídké vlasy a řasy až alopecie, abnormální dermatoglyfy), v gastrointestinálním traktu (atrémie jícnu, stenóza či atrémie duodena, atrémie anu, obstrukce, tracheozofageální píštěl), kardiovaskulární projevy (defekt septa síní a komor, atrioventrikulární kanál, otevřená Botallova dučej) a další (diastáza přímých břišních svalů, hyperflexibilita, poruchy funkce štítné žlázy, charakteristický hlas, sklon k infekcím horních cest dýchacích, sklon k leukémii) (Žižka, 1994). Bittles a Glasson (2004) srovnávali očekávanou délku života osob s DS uváděnou v literatuře v průběhu 20. století. Očekávaný věk dožití se zvyšoval z původních 9 let (v roce 1929) až na 35 let (v roce 1982). Očekávaná délka života osob s DS je nyní 55 let (Roizen a Patterson, 2003).

Zároveň je ale třeba říct, že přes veškeré výše popsané fenotypové znaky je každý jedinec s DS jiný. Po svých rodičích totiž samozřejmě dědí řadu dalších rysů (např. barvu vlasů a očí, odstín pleti, povahu atd.) (Selikowitz, 2005). Dítě s DS se více podobá zdravému dítěti, než se od něj odlišuje (Pueschel, 1997).

### 2.3.3 Specifika pohybového aparátu osob s DS

Děti s DS rostou oproti svým vrstevníkům pomaleji, v dospělosti měří většina mužů 147 – 162 cm a ženy 135 – 155 cm (Winders, 2009). Jelikož jsou děti s DS často popisovány jako „nemotorné“, je pro ně provozování pohybové aktivity obtížný a frustrující úkol. I to je jedna z příčin celoživotního sklonu k nadváze u lidí s DS (Jobling et al., 2006).

Jedinci s DS mají vyšší koncentraci kolagenu typu VI oproti zdravým jedincům. Tento typ kolagenu je kódován genem na 21. chromozomu. Přítomnost tří 21. chromozomů je důvodem zvýšené produkce tohoto kolagenu (Šustrová a kol., 2004). Kolagen je hlavní protein, který tvoří vazy, šlachy, chrupavky, kosti a kůži. Důsledek vysoké koncentrace tohoto kolagenu u osob s DS je zvýšená laxicita vazů (Leshin, 2003).

Svalový hypotonus je u osob s DS přítomný již od narození, postupem času se však obvykle zlepšuje, i když snížený svalový tonus je pozorovatelný i v dospělém věku (Fergus, 2019). Důležité je si uvědomit, že základní motorické schopnosti jedince se formují v dětském věku, tedy pod vlivem nejvýraznějšího svalového hypotonu (Lauteslager et al. 1998).

#### **Důsledky hypotonu a hyperlaxicity vazů**

Kombinace hyperlaxicity vazů a hypotonu u osob s DS způsobuje mnoho problémů pohybového aparátu (Šustrová a kol., 2004). Jedním z nich je množství ortopedických problémů. U jedinců s DS můžeme nalézt atlantoaxiální instabilitu, skoliózu, dislokaci kyčlí, instabilitu pately, ploché nohy, hallux valgus (Baum et al., 2008; Leshin, 2003; Selikowitz, 2005).

Lauteslager et al. (1998) řadí mezi přímé důsledky hypotonu a hyperlaxicity vazů: insuficienci svalové kokontrakce, hypermobilitu, zhoršenou propioceptivní zpětnou vazbu, neadekvátní rovnovážné reakce, typické držení těla a pohybové vzorce. Členové British Bobath Tutors Association (2009) píšou, že adekvátní regulace svalového tonu, adekvátní stabilizace kloubu a dostatečná svalová kokontrakce jsou důležité pro rozvoj posturální motoriky a pohybových vzorců dítěte.

#### **❖ Insuficience svalové kokontrakce**

Autoři dávají do souvislosti svalovou hypotonii s nedostatečnou schopností svalové kokontrakce. Insuficience svalové kokontrakce v oblasti kloubů má za následek jejich nestabilitu (Lauteslager et al., 1998).

### ❖ **Hypermobilita**

Hyperlaxita vazů způsobuje lidem s DS konstituční hypermobilitu, což společně se zhoršenou schopností svalové kokontrakce negativně ovlivňuje stabilitu kloubů (Lautenslager et al., 1998).

### ❖ **Proprioceptivní zpětná vazba**

Hypotonus má dále destruktivní účinek na proprioceptory ve svalech a kloubech. Tyto receptory dávají CNS abnormální zpětnou vazbu o postuře a pohybu. Svalová hypotonie a hypermobilita může ovlivňovat vnitřní obraz o držení těla a posturální kontrolu (Lautenslager et al. 1998).

### ❖ **Postura**

Hypotonus a hypermobilita kloubů mají vliv na abnormální polohy dítěte s DS, jako je např. sed s dolními končetinami ve tvaru „W“, nebo spánek s hlavou položenou na nohách nebo mezi nimi (Baum et al., 2008).

### ❖ **Pohybové vzorce**

Motorika osob s DS je charakteristická nedostatkem variability pohybových vzorců s převahou statických a symetrických vzorců (Lautenslager et al., 1998).

Další následek hypotonu a zvýšené laxicity vazů je vyšší tendence ke kloubním dislokacím. Po opakovaných dislokacích kloubu vzniká riziko degenerativních onemocnění nebo snížení rozsahu pohybu kloubu (Baum et al., 2008). Většina popsanych rysů DS významně ovlivňují motoriku a způsobují obtíže v pohybu i v udržování postury (Rigoldi et al., 2011).

## **2.3.4 Motorický vývoj dětí s DS**

Faktorů, které ovlivňují motorický vývoj osob s DS je mnoho: svalová hypotonie, hypermobilita, kloubní instabilita, obezita, sociální omezení a kognitivní deficit (Lautenslager et al., 1998). Některé z nich jsou přiblíženy v předchozí kapitole. Opoždění motorického vývoje souvisí s úrovní mentální retardace (Černá a kol., 2015). Snížený intelekt osob s DS jde dle Ferguse (2019) ruku v ruce s opožděným rozvojem motorických dovedností. Dítě, které se naučí pohybovat později než zdravé děti, má snížené příležitosti k prozkoumávání světa a učení se o něm, což velmi ovlivňuje kognitivní vývoj. Fyziologický vývoj je také zpomalen kvůli zdravotním komplikacím, které často provázejí syndrom (srdeční, žaludeční a střevní problémy, chronické infekce

horních cest dýchacích, ušní infekce – ty mohou navíc zhoršovat stabilitu dítěte v pozicích stoje a chůze). Děti s DS mají také konstitučně kratší končetiny v poměru k trupu, takže je pro dítě složitější sedět (kvůli krátkým pažím, o které se nemohou opřít), nebo překonávat schody (kvůli krátkým dolním končetinám) (Winders, 2009).

Děti a dospělí jedinci s DS rozvíjejí své dovednosti po celý život, stejně jako zdraví lidé, avšak důležitých milníků v psychomotorickém vývoji dosahují pomalejším tempem (Fergus, 2019). Vývoj jedinců s DS je oproti běžné se vyvíjejícím dětem pomalejší ve všech oblastech vývoje (hrubá a jemná motorika, socializace, řeč, kognitivní schopnosti atd.). V konečné fázi ontogeneze většinou nedochází k úplné samostatnosti jedince (Selikowitz, 2005).

Hauck et al. (2019) porovnávali v longitudinální studii 9 kojenců s DS se 26 zdravými kojenci ve věku od 1 do 18 měsíců. Byla použita vývojová škála Bayleyové – III (BSID-III) k posouzení jemné a hrubé motoriky. První rozdíly mezi skupinami byly pozorovatelné v hrubé motorice již ve věku 2 měsíců, rozdíly v jemné motorice se objevily ve 4 měsíců věku. Dyer et al. (1990) zkoumali motorický vývoj dětí s DS pomocí BSID. Výsledná křivka byla oproti zdravé populaci sice zpožděna, ale konstantní. Také posloupnost jednotlivých dovedností se odlišovala – dovednosti závislé na posturální kontrole získávaly děti s DS později. Woollacott a Shumway-Cook (1986) hodnotily 6 dětí s DS a 11 zdravých dětí od 15 měsíců do 6 let škálou BSID. Bylo zjištěno, že děti s DS jsou v 6 letech funkčně opožděné o 18 – 24 měsíců za svými zdravými vrstevníky. Autorky také shledaly významné deficity u dětí s DS ve výkonech ve statických a dynamických testech rovnováhy.

V 11 měsících obvykle dítě s DS zvládne samo sedět, ve 14 měsících začíná lézt. Nízký svalový tonus způsobuje dítěti s DS problémy s vertikalizací do stoje a s chůzí. Často proto využívá k lokomoci např. válení sudů či posunování zadečku po podložce. Po zvládnutí stoje – průměrně v 15. měsíci věku – dochází stejně jako u zdravého dítěte k tripedální lokomoci s přidrčováním se nábytku. Bipedální chůzi zvládne batole s DS obvykle až téměř ve 2 letech. Ve věku 5 let je již oblast hrubé motoriky zcela vyvinutá a dítě zvládne samostatnou chůzi včetně chůze po schodech a koordinuje pohyb i při běhu. Průměrný věk kojenců a batolat s DS, ve kterém zvládají různé motorické dovednosti, je k vidění na obrázku č. 7. V prvním sloupci je uvedena specifická motorická dovednost, druhý sloupec informuje o počtu pozorovaných dětí a ve třetím sloupci je uveden průměrný věk v měsících, kdy děti danou dovednost zvládly. Dítě s DS se sice

v oblasti hrubé motoriky rozvíjí pomaleji oproti zdravému dítěti, nakonec je ale schopno věnovat se i složitějším dovednostem, jako jsou např. sportovní aktivity (Winders, 2009).

Existují důkazy o pozitivní souvislosti mezi motorickým vývojem a rozvojem poznávacích, kognitivních, sociálních a jazykových dovedností (Lobo et al., 2013). Je jisté, že lidé s DS mají potenciál učit se po celý život a tento potenciál lze rozvíjet vhodnou intervencí (rodiny, pedagogů, ošetřovatelů, fyzioterapeutů) (Fergus, 2019; Lobo et al., 2013). Winders (2009) doporučuje lidem s DS všech věkových kategorií provozovat pravidelnou tělesnou aktivitu, která jim bude zvyšovat svalovou sílu, trénovat rovnováhu a koordinaci a zvyšovat tělesnou kondici. Kromě prevence obezity může přinést také společenské výhody (zařazení do kolektivu) a zvýšit sebevědomí jedince.

MEZNÍK VE VÝVOJI HRUBÉ MOTORIKY	n	prům.
1. Přetočí se ze zad na břicho	63	7
2. Přetočí se z břicha na záda	58	6
3. Hra ruky s chodidlem	59	7
4. Sezení	87	11
5. Otočí se vleže na břicho o 360° (pivotuje)	72	10
6. Dostane se do polohy na čtyřech	73	14
7. Ze sedu se dostane na břicho přes šikmý sed	70	13
8. Ze sedu se dostane do polohy na čtyřech přes šikmý sed	47	16
9. Posadí se z lehu na břicho přes šikmý sed	22	17
10. Z polohy na čtyřech se posadí	73	16
11. Ze sedu se u opory přitáhne do kleku	47	15
12. Z polohy na čtyřech se u opory přitáhne do kleku	60	16
13. Plazí se	71	14
14. Leze po čtyřech	67	17
15. Medvědí chůze	14	19
16. Přitáhne se do stoje ze sedu na zemi	39	15
17. Přitáhne se do stoje z polohy na čtyřech	64	17
18. Přitáhne se do stoje z kleku na jedné noze	68	17
19. Ze stoje pokrčí nohy a sedne si na zem	52	17
20. Přešlapuje jedním směrem	67	18
21. Ujde 3 m s držením za obě ruce	66	19
22. Stojí bez opory po dobu 10 sekund	46	21
23. Udělá samostatně 2 kroky	60	23
24. Ujde 3 m s chodítkem	53	22
25. Ujde 3 m s držením za jednu ruku	57	23
26. Ujde 4,5 m bez podpory	74	26
27. Vyleze řadu schodů	56	20
28. Sleze řadu schodů	37	25

Obrázek 7 - Milníky ve vývoji hrubé motoriky u dětí s Downovým syndromem (Winders, 2009)

### 2.3.5 Specifika řídicí složky osob s DS

V prvních měsících života je u dítěte s DS pozorováno zkrácení anteroposteriorního průměru hlavy, což má za následek zmenšení frontální a okcipitální části lebky, tedy zmenšení nitrolebního objemu. U 22 % dětí dochází po 3. měsíci života ke zpomalení myelinizace axonů, obzvláště v oblasti frontálního a temporálního laloku.

Dospělí lidé s DS mají v porovnání se zdravými vrstevníky menší mozeček a mozkové hemisféry. Celkový objem neuronů se odhaduje o 10 – 50 % nižší než u zdravých jedinců. Byly také pozorovány morfologické změny v oblasti mozkového kmene, mozečku, corpus callosum a v hipokampu (Šustrová a kol., 2004). Mozeček a mozkový kmen dětí s DS je o 66 % menší v porovnání se zdravými jedinci. Mozeček přitom hraje důležitou roli v koordinaci a posturální stabilitě a při jeho poruchách vznikají poruchy rovnováhy, koordinace pohybu a svalový hypotonus (Lauteslager et al. 1998).

Kvůli mentální retardaci a morfologickým změnám mozku mají osoby s DS poruchy motorického učení, a to ve všech aspektech pohybu (plánování, provedení i kontrole). S tím souvisí i obtížná adaptace pohybového vzoru na specifické požadavky určité situace. Zaprvé mají nedostatek uložených pohybových vzorů, zadruhé mají problémy s motorickým učením, zatřetí existuje problém s vybavením uložených vzorů z dlouhodobé paměti (Rondal a Rasore-Quartino, 2007). Lidé s DS mají dále problémy s krátkodobou pamětí, učením a pozorností (Šustrová a kol., 2004).

Jedinci s DS mají po celý život problémy v oblasti posturální kontroly. Mají totiž snížený svalový tonus, nedostatečnou proprioceptivní zpětnou vazbu a hypermobilitu kloubů. To vede k problémům v motorice (včetně udržení postury a plynulého pohybu). Je ovlivněna kokontrakce a rovnovážné reakce (Lauteslager et al., 1998).

Kojenci a batolata s DS vykazují malý počet variací posturálních reakcí a pouze ty, které jsou nezbytné k dosažení konkrétní vývojové fáze (Lauteslager et al. 1998). Woollacott a Shumway-Cook (1986) porovnávaly pomocí EMG čtyři děti s DS a šest zdravých dětí ve věku 4 – 6 let v pozici stoje s několika modifikacemi v rámci senzorických podnětů (zavřené oči, pohyblivá podložka). Posturální reakce obou skupin byly velmi podobné, avšak u dětí s DS docházelo k těmto reakcím signifikantně později. To mělo za následek větší výchylky těla, nebo dokonce ztrátu stability. Autorky se domnívají, že za tento jev může rozdílná posturální kontrola mezi dětmi s DS a zdravými dětmi.

### **2.3.6 Mentální retardace**

V odborných pramenech není ustálená definice mentální retardace. Např. WHO (2018) definuje mentální retardaci jako „*Stav zastaveného nebo neúplného duševního vývoje, který je charakterizován zvláště porušením dovedností, projevujícím se během vývojového období, postihujícím všechny složky inteligence, tj. poznávací, řečové,*

*motorické a sociální schopnosti.*“ Americká asociace pro intelektuální a vývojová postižení (AAIDD, 2019) popisuje mentální retardaci jako: „*Významné omezení intelektových funkcí a adaptivního chování, což se projevuje v sociálních a praktických dovednostech každodenního života. Tato porucha se projevuje před 18 rokem věku jedince.*“ Do intelektových funkcí řadí učení, myšlení, schopnost řešení problémů atd. Adaptivní chování v sobě zahrnuje koncepční (např. jazyk a gramotnost, peníze, čas, počty), sociální (např. mezilidské vztahy, sebeúcta, důvěřivost, schopnost dodržovat pravidla) a praktické (např. sebeobsluha, péče o zdraví, cestování) dovednosti, které se lidé učí v průběhu života (AAIDD, 2019).

Další definice mentální retardace v české literatuře jsou např.: „*Mentální retardace je vývojová porucha integrace psychických funkcí postihující jedince ve všech složkách jeho osobnosti – duševní, tělesné i sociální. Nejvýraznějším rysem je trvale porušená poznávací schopnost*“ (Pipeková a kol., 2010, s. 289). „*Mentální retardace je vývojová porucha rozumových schopností demonstrující se především snížením kognitivních, řečových, pohybových a sociálních schopností, která oslabuje adaptační schopnost jedince*“ (Valenta a kol., 2012, s. 31).

Příčiny mentální retardace lze rozdělit na prenatální, perinatální a postnatální (Valenta a kol., 2012). DS je nejčastějším typem chromozomální aberace, která zapříčiňuje mentální retardaci již v prenatálním stádiu (Bednařík a kol., 2010).

Mentální retardace je diagnostikována lidem, kteří ve standardizovaných psychometrických testech podají výkon nižší než dvě směrodatné odchylky pod průměrem (Bednařík a kol., 2010). Ke stanovení diagnózy však nestačí pouze podprůměrný výkon v testech kognitivních funkcí. Psycholog dále posuzuje adaptivní chování jedince, který navíc musí vykazovat horší výsledky v běžných úkonech přiměřených jeho věku (s ohledem na sociální prostředí, ve kterém žije) (Svoboda a kol., 2015). Diagnostická kritéria mentální retardace dle Valenty a kol. (2012) jsou:

- Inteligenční kvocient pod 70
- Deficit v adaptabilitě jedince v nejméně dvou oblastech: komunikace, sebeobsluha, život v domácnosti, sociální a interpersonální dovednosti, využití komunitních zdrojů, sebeřízení, funkční (akademické) dovednosti, práce, odpočinek, zdraví, bezpečnost
- Vznik poruchy před 18. rokem života

Mentální retardaci lze dále dělit dle míry postižení na:

- Lehká mentální retardace (IQ 50-69)
- Středně těžká mentální retardace (IQ 35-49)
- Těžká mentální retardace (IQ 21-34)
- Hluboká mentální retardace (IQ pod 20) (WHO, 2018).

Mentální retardace způsobuje zpomalení psychického i tělesného vývoje. Stupeň mentální retardace odpovídá také míře opoždění na všech úrovních (Pipeková a kol., 2010).

Na rozdíl od jiných znaků DS, které postihují jen určitý počet osob, mentální retardace různého stupně je přítomna u všech postižených jedinců (Šustrová a kol., 2004). Lidé s DS mají většinou lehkou nebo středně těžkou mentální retardaci. V některých případech však mohou dosáhnout i hraničního pásma, ale na straně druhé se vyskytují i případy těžké až hluboké mentální retardace (Selikowitz, 2005).

### **2.3.7 Posturální stabilita jedinců s DS**

Nebylo publikováno mnoho studií zabývajících se statickou posturální stabilitou osob s DS. Při zadání hesla „Postural stability, Down syndrome, standing“ do tří databází odborné literatury Web of Science, Scopus a PubMed je vyhledáno pouze 24, 10, resp. 11 vědeckých článků mladších 20 let. Pokud je mi známo, žádná studie zkoumající posturální stabilitu osob s DS na území České republiky prozatím zrealizována nebyla.

V průřezové studii Leite et al. (2018) analyzovali posturální stabilitu 21 dětí s DS ve věku od 8 do 12 let. Porovnávali výsledky vzhledem k věku, pohlaví, BMI a fyzické aktivitě probandů. Testována byla pozice stoje o úzké bázi s otevřenými očima a sledovanými parametry byla rychlost vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. S rostoucím věkem se snižovala rychlost COP v obou směrech. Pohlaví, BMI ani množství pohybové aktivity neovlivnily sledované parametry.

Vuillerme et al. (2001) uvedli, že v minulosti se vědci posturální stabilitou jedinců s DS zabývali převážně u dětí. Proto zkoumali posturální stabilitu osob s DS v adolescentním věku a porovnávali výsledky se skupinou zdravých jedinců stejného věku. Dále porovnávali rozdíly ve výkonu mezi pohlavími u obou skupin. Zvláště je zajímavá schopnost senzorycké integrace, zejména využití vizuálních a somatosenzoryckých podnětů pro stabilitu. Na výzkumu participovalo 13 osob s DS



s průměrným věkem 16,8 let a 11 zdravých adolescentů s průměrným věkem 15,1 let. Testování probíhalo ve speciální místnosti s možností zatemnění. Celkem byly provedeny čtyři měření – na pevné podložce s otevřenými očima, na pěnové podložce s otevřenými očima a následně tytéž modifikace při úplné tmě v místnosti. Výzkumníci sledovali průměrnou rychlost COP. Experimentální skupina vykazovala větší hodnoty sledovaného parametru při všech měřeních. Obě skupiny však byly ovlivněny snížením sensorických informací podobně. Autoři tak dospěli k závěru, že ovládání posturální stability je založeno na stejných principech u obou skupin. Nebyly objeveny žádné rozdíly mezi muži a ženami ani v jedné skupině.

Také Villarroya et al. (2012) analyzovali využití vizuálních a somatosenzorických informací na posturální stabilitu adolescentů s DS. V posturografickém měření na tlakové desce sledovali vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru, celkovou trajektorii COP a průměrnou rychlost COP. 32 adolescentů s DS a 33 adolescentů bez DS ve věku 10 – 19 let byli měřeni ve čtyřech různých podmínkách stoje se širokou opěrnou bází – pevná nebo pěnová podložka, otevřené nebo zavřené oči. Ve všech čtyřech měřeních vykazovali statisticky významně horší výsledky sledovaných parametrů jedinci s DS. Následně byly pro každou skupinu vypočítány poměry mezi podmínkami pro vyhodnocení vlivu vizuálních a somatosenzorických informací na sledované parametry. V těchto poměrech nebyly nalezeny významné rozdíly mezi skupinami. Lze tedy říct, že nebyly nalezeny kvalitativní rozdíly v posturální stabilitě mezi adolescenty s DS a zdravými adolescenty.

Hlavním cílem studie Rigoldi et al. (2011) bylo posoudit posturální strategie používané osobami s DS v různých fázích ontogeneze (dětství, dospívání a dospělost) pomocí analýzy parametrů COP. Rozdělili probandy s DS do tří věkových skupin – 37 dětí (průměrný věk 9,2 let), 58 adolescentů (průměrný věk 16,7 let) a 45 dospělých (průměrný věk 37,3 let). Zapojeny byly také kontrolní skupiny zdravých jedinců ve stejném počtu a stejného věku. Měření posturální stability probíhalo ve dvou podmínkách stoje se širokou opěrnou bází – nejprve s otevřenými a následně se zavřenými očima. Autoři analyzovali COP v časové a frekvenční oblasti, která umožňuje sledovat strategii posturální kontroly. Porovnáním celkové trajektorie COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru byly zjištěny významné rozdíly mezi skupinami – s horšími výsledky u experimentální skupiny – zejména u dospělých jedinců. Výsledky dále odhalily, že osoby s DS v každé věkové skupině mají odlišnou strategii

v posturální stabilitě oproti osobám ve skupině kontrolní, rozdílnost se navíc rostoucím věkem zvyrazňovala.

Guzmán-Munoz et al. (2017) porovnávali posturální stabilitu osob s DS s kontrolní skupinou zdravých jedinců. Design studie byl podobný, jako u studie Rigoldi et al. (2011). Účastníci studie byli také rozděleni dle věku do tří skupin – děti (6 – 11 let), adolescenti (12 – 18 let) a mladí dospělí (19 – 25 let). Počet dětí byl 10 s DS a 12 bez DS, ve skupině adolescentů bylo 11 probandů s DS a 12 probandů bez DS, skupinu dospělých tvořilo 12 probandů s DS a 12 zdravých jedinců. U každého probanda byla provedena dvě měření stoje se širokou opěrnou bází. Nejprve měli účastníci otevřené oči, při druhém měření oči zavřeli. Sledovanými parametry byla rychlost pohybu COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. U dětí nebyly pozorovány statisticky významné rozdíly mezi skupinami, u adolescentů a dospělých byly hodnoty rychlosti COP statisticky významně vyšší ve skupinách osob s DS při obou měřeních. Při zavřených očích se však rozdíly ještě zvýraznily. Rozdíly mezi skupinami se zvětšovaly s rostoucím věkem. Zatímco posturální stabilita se u kontrolní skupiny věkem zlepšovala, u lidí s DS nebyly žádné statisticky významné rozdíly mezi dětmi, adolescenty a dospělými. Závěrem této průřezové studie tedy bylo, že osoby s DS mají deficit v posturální stabilitě oproti zdravé populaci až od 12 let věku a že u osob s DS je vývoj této dovednosti minimální.

V následujících odstavcích jsou uvedeny studie, které se zabývaly posturální stabilitou pouze dospělých jedinců s DS.

Cimolin et al. (2010) porovnávali parametry posturální stability – celkovou trajektorii COP, vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru – 19 dospělých osob s DS (průměrný věk 29,1 let) s 20 zdravými osobami (průměrný věk 31,4 let). Hodnocen byl pouze stoj se širokou opěrnou bází s otevřenými očima. Statistická analýza dat odhalila významně horší výsledky experimentální skupiny ve všech parametrech.

Webber et al. (2004) měřili posturální stabilitu 9 jedinců s DS mezi 18 – 40 lety a porovnávali výsledky s kontrolní skupinou 9 zdravých osob stejného věku. Při dvou podmínkách měření – stoj s otevřenými a zavřenými očima – hodnotili celkovou trajektorii COP, průměrnou rychlost COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Signifikantně horší výsledky vykazovala skupina osob s DS

pouze v parametru průměrné rychlosti COP. Autoři tak podporují závěry studie Vuillerme et al. (2001), že vysoká rychlost vychylování COP se jeví jako obecná charakteristika jedinců s DS od dětství až do dospělosti.

Cabeza-Ruiz et al. (2011) srovnávali posturální stabilitu 27 dospělých jedinců s DS (průměrný věk 27,4 let) se skupinou 27 zdravých osob (průměrný věk 23,4 let). Probandi byli testováni ve dvou podmínkách stoje se širokou opěrnou bází s otevřenými, resp. zavřenými očima. K porovnávání byl určen parametr celkové trajektorie COP a průměrná rychlost COP. Subjekty s DS vykazovaly statisticky horší výsledky než jedinci v kontrolní skupině pouze v průměrné rychlosti COP. Výsledky se tedy shodují s výsledky studie Webbera et al. (2004). Výzkumníci však předpokládají, že rozdíly v trajektorii COP nebyly statisticky významné z důvodu nízké náročnosti testovacích pozic na posturální stabilitu.

Biec et al. (2014) také posuzovali posturální stabilitu dospělých osob s DS v řadě pokusů se zvyšující se náročností a porovnávali ji se stabilitou u zdravých jedinců. Ve studii participovalo 10 probandů v experimentální a 11 probandů v kontrolní skupině, průměrný věk obou skupin byl 29 let. Autoři sledovali rychlost pohybu COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Ke zvyšování obtížnosti byla využita měkká pěnová podložka a zavřené oči, každý proband tak podstoupil celkem čtyři měření (pevná podložka a otevřené oči, pevná podložka a zavřené oči, pěnová podložka a otevřené oči, pěnová podložka a zavřené oči). V každém měření měli jedinci s DS signifikantně horší výsledky oproti kontrolní skupině pouze v anteroposteriorním směru. Vyhodnocením parametrů COP ve fraktální oblasti (fraktální rozměr a entropie vzorku) však autoři objevili zcela odlišnou posturální strategii obou skupin v podmínkách stoje na pěnové podložce.

Další výzkum měl za cíl posoudit posturální stabilitu dospělých jedinců s DS na základě analýzy jejich COP. Bylo v něm porovnáváno 12 dospělých jedinců s DS a stejný počet jedinců bez DS ve věku 18 – 30 let. Všichni probandi byli testováni v pozici stoje o široké opěrné bázi s otevřenými a zavřenými očima. Sledovanými parametry byla celková trajektorie COP, průměrná rychlost COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Analýza výsledku obou skupin odhalila statisticky významné rozdíly ve všech sledovaných parametrech při obou měřeních (Cabeza-Ruiz et al., 2016).

Studie Galli et al. (2007) měla za cíl posoudit posturální stabilitu jedinců s DS. Měřeno bylo 60 osob s DS průměrného věku 18,7 let a 10 zdravých osob s průměrným

věkem 22,3 let. Testování probíhalo ve dvou podmínkách stoje o široké stejné bázi – s otevřenými a zavřenými očima. Sledovanými parametry byla celková trajektorie COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Jedinci s DS vykazovali signifikantně horší výsledky v parametru celkové trajektorie COP a vychýlení COP v laterolaterálním směru v obou měření. Zavření očí nemělo signifikantní vliv na probandy ani jedné skupiny.

Také Gomes a Barela (2007) zkoumali vliv vizuálních a somatosenzorických informací na posturální stabilitu lidí s DS. Studie se zúčastnilo 9 dospělých osob s DS a 9 osob bez diagnózy DS ve věku od 19 do 29 let. Testování probíhalo ve čtyřech variantách – při otevřených či zavřených očích a s dotekem či bez doteku ukazováčku o stabilní předmět umístěný vedle probanda. Výzkumníci porovnávali vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru a průměrnou rychlost COP také ve dvou směrech. Obě skupiny dosahovaly lepších výsledků při zrakové kontrole a při možnosti doteku ukazováčku. Jedinci s DS ale vykazovali horší výsledky sledovaných parametrů oproti kontrolní skupině. Výsledky dokazují, že dospělí jedinci s DS jsou schopni využívat smyslové informace k udržování stabilní polohy těla. Autoři proto tvrdí, že neexistuje žádný rozdíl ve smyslové integraci mezi osobami s DS a zdravými lidmi.

### **2.3.8 Rozdíly v posturální stabilitě z hlediska pohlaví**

Kim et al. (2010) považuje přítomnost rozdílu mezi pohlavími v posturální stabilitě za sporný, jelikož výsledky publikovaných studií nedochází k jednotnému závěru.

Blaszczyk et al. (2014) sledoval, do jaké míry je průměrná rychlost COP jedince závislá na jeho pohlaví. Studie se zúčastnilo 23 mužů a 23 žen průměrného věku 21,5 let. Testování posturální stability proběhlo ve stoji se širokou opěrnou bází a otevřenými a zavřenými očima. Ženy ve srovnání s muži dosahovaly při obou měřeních vyšší rychlost pohybu COP, což svědčí o jejich horší posturální stabilitě.

Panzer et al. (1995) měřil posturální stabilitu 13 zdravých mužů a 11 zdravých žen ve věku 21 – 78 let (průměrný věk 54,9 let) ve stoji se širokou opěrnou bází a otevřenými a zavřenými očima. Zkoumali rozdíly v celkové trajektorii COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru mezi muži a ženami. U žen bylo signifikantně větší vychýlení COP v laterolaterálním směru, což značilo jejich horší posturální stabilitu.

Hageman et al. (1995) porovnával posturální stabilitu zdravých mužů a žen rozdělených navíc do dvou věkových kategorií – mladí dospělí (20 – 35 let) a senioři (60 – 75 let). V každé skupině bylo zařazeno 12 subjektů. Měřen byl stoj se širokou opěrnou bází s otevřenými a následně zavřenými očima a porovnávanými parametry byly průměrná rychlost pohybu COP a celková trajektorie COP. Z výsledků této studie je patrné, že pohlaví nemělo vliv na posturální stabilitu probandů. Autoři ale zdůrazňují, že náročnější posturální úkoly by mohly vést k odlišným závěrům.

Kim et al. (2012) také zkoumal posturální stabilitu mužů a žen v pozici stoje se širokou opěrnou bází s otevřenými a zavřenými očima. Design studie byl podobný, jako v předchozí studii (Hageman et al., 1995), takže byli probandi na základě věku rozděleni do mladší skupiny (33 mužů a 33 žen, věk 18 – 26 let) nebo do starší skupiny (30 mužů a 33 žen, věk 65 – 86 let). Jako sledované parametry posturální stability byly zvoleny vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru a průměrná rychlost pohybu COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Výsledky neodhalily rozdíly mezi výkonem mužů a žen v anteroposteriorním směru. Naproti tomu, v proměnných ve směru laterolaterálním vykazovaly horší výkon posturální stability ženy ve starší skupině. Tyto hodnoty se nelišily mezi mladými muži a mladými ženami.

Era et al. (2006) publikoval článek z celostátního průzkumu ve Finsku, v rámci kterého byla měřena posturální stabilita 7979 osobám starších 30 let. Všichni probandi byli rozděleni do šesti skupin dle dekád (např. 30 – 39, 40-49 atd. Poslední skupinu tvořily osoby s věkem 80+). Měření zahrnovalo dvě podmínky stoje s přirozenou šířkou opěrné báze. V prvním testování měli probandi oči otevřené, při druhém zavřené. Porovnávány byly parametry průměrné rychlosti pohybu COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Ve všech věkových skupinách měli muži statisticky významně horší výsledky v anteroposteriorním směru. V laterolaterálním směru byly výsledky nejasné, jelikož v nejmladších skupinách dosahovali nesignifikantně lepších výsledků muži, od věku 50 let však byly hodnoty statisticky významně lepší u žen.

V již zmiňované studii Leite et al. (2018) byla porovnáována rychlost vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru u 21 dětí s DS ve věku od 8 do 12 let z hlediska pohlaví. Testována byla pozice stoje o úzké bázi s otevřenými očima. Nebyly nalezeny rozdíly ve sledovaných parametrech mezi chlapci a děvčaty. Autoři ale vysvětlují možnou nepřítomnost rozdílů tím, že struktura těl dětí ve věku jejich výzkumného vzorku se ještě na základě pohlaví neliší.

Další studie zabývající se porovnáváním posturální stability z hlediska pohlaví u jedinců s DS je od Vuillerme et al. (2001). Výzkumu se zúčastnilo 13 adolescentů s DS (průměrný věk 16,8 let) a 11 zdravých adolescentů (průměrným věk 15,1 let). Testování probíhalo ve speciální místnosti s možností zatmění. Ve čtyřech testech (pevná podložka a otevřené oči, pěnová podložka a otevřené oči a následně tytéž modifikace při úplné tmě v místnosti) bylo sledováno maximální vychýlení COP a průměrná rychlost COP. Nebyly objeveny žádné rozdíly ve sledovaných parametrech mezi muži a ženami ani v jedné skupině.

### **3 Metodologie práce**

Výzkum je koncipován jako kvantitativní šetření. Specifickým výzkumným designem je kvaziexperiment, kdy nedochází k randomizovanému rozřazení participantů do experimentální a kontrolní skupiny. Nezávislou proměnnou je diagnóza Downův syndrom, na základě které byli participanté vybráni do experimentální skupiny (Hendl, 2006). Tento výzkumný design se vyznačuje nižší interní validitou, avšak výhodou je jeho externí validita, tedy zobecnitelnost závěrů a aplikovatelnost do praxe (Ferjenčík, 2000).

Realizace tohoto výzkumu byla schválena Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 138/2019, originál dokumentu je součástí diplomové práce jako Příloha č. 1.

#### **3.1 Cíle práce**

Cílem diplomové práce je:

1. Porovnat posturální stabilitu dospělých jedinců s Downovým syndromem s kontrolní skupinou zdravých jedinců s využitím tlakové desky MobileMat.
2. Porovnat posturální stabilitu dospělých mužů s Downovým syndromem s dospělými ženami s Downovým syndromem s využitím tlakové desky MobileMat.

#### **3.2 Úkoly práce**

1. V teoretické části diplomové práce provést rešerši tuzemských a zahraničních zdrojů týkajících se posturální stability, Downova syndromu, posturální stability osob s Downovým syndromem a rozdílů posturální stability z hlediska pohlaví.
2. Stanovit cíle a hypotézy studie.
3. Zvolit vhodný design výzkumu a metodický postup ke splnění cílů práce.
4. Použít nenáhodný (kriteriální) výběr a oslovit probandy s Downovým syndromem ve věku 18 – 50 let. Vybrat (metodou snowball) probandy do kontrolní skupiny tak, aby byly skupiny vyrovnané z hlediska demografických údajů (věk a pohlaví).
5. Sběr dat – změřit posturální stabilitu probandů experimentální a kontrolní skupiny v různých modifikacích stoje na desce MobileMat.
6. Analýza dat – zpracovat naměřená data, porovnat data experimentální a kontrolní skupiny, porovnat data mužů a žen s Downovým syndromem.

7. Zodpovědět výzkumné otázky a podpořit či zamítnout stanovené hypotézy.
8. Diskutovat výsledky práce v kontextu dalších studií týkajících se posturální stability jedinců s Downovým syndromem.
9. Vyvodit závěry na základě získaných poznatků a navrhnout doporučení pro další výzkumy v této oblasti.

### 3.3 Výzkumné otázky

- 1) Jaký je rozdíl mezi posturální stabilitou dospělých osob s Downovým syndromem a posturální stabilitou zdravých dospělých osob?
- 2) Jaký je rozdíl mezi posturální stabilitou dospělých mužů s Downovým syndromem a posturální stabilitou dospělých žen s Downovým syndromem?

### 3.4 Hypotézy

V diplomové práci byly stanoveny dvě hlavní hypotézy – H1 a H2. Pro snadnější orientaci ve výsledcích statistické analýzy byly dále stanoveny podhypotézy (a-f) týkající se jednotlivých sledovaných parametrů posturální stability. Jako hladina významnosti byla v práci zvolena  $\alpha = 0,05$ .

**H1:** Dospělí jedinci s Downovým syndromem vykazují statisticky významně horší posturální stabilitu oproti zdravým dospělým jedincům.

**H1a:** Průměrná hodnota celkové trajektorie COP experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.

**H1b:** Průměrná hodnota vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.

**H1c:** Průměrná hodnota vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.

**H1d:** Průměrná hodnota rychlosti pohybu COP experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.

**H1e:** Průměrná hodnota time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální skupiny je statisticky významně nižší než u kontrolní skupiny.

**H1f:** Průměrná hodnota time to boundary v laterolaterálním směru experimentální skupiny je statisticky významně nižší než u kontrolní skupiny.

**H2:** Posturální stabilita dospělých mužů a žen s Downovým syndromem je statisticky významně rozdílná.



**H2a:** Průměrné hodnoty celkové trajektorie COP mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

**H2b:** Průměrné hodnoty vychýlení COP v anteroposteriorním směru mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

**H2c:** Průměrné hodnoty vychýlení COP v laterolaterálním směru mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

**H2d:** Průměrné hodnoty rychlosti pohybu COP mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

**H2e:** Průměrné hodnoty time to boundary v anteroposteriorním směru mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

**H2f:** Průměrné hodnoty time to boundary v laterolaterálním směru mužů a žen s Downovým syndromem jsou statisticky významně rozdílné.

## 3.5 Metodika práce

### 3.5.1 Popis výzkumného souboru

Do tohoto výzkumu bylo nenáhodným výběrem zařazeno celkem 52 osob – po 26 účastnících v experimentální a kontrolní skupině. Experimentální skupina je složena z 11 žen a 15 mužů, průměrný věk celé skupiny je  $38,4 \pm 8,7$  let, průměrná výška  $156 \pm 7,20$  cm a průměrná hmotnost  $75,1 \pm 16,2$  kg. Kontrolní skupina je taktéž tvořena 11 ženami a 15 muži, průměrný věk je  $38,8 \pm 9,2$  let, průměrná výška  $175 \pm 10,1$  cm a průměrná hmotnost  $78,9 \pm 14,5$  kg. Z hlediska počtu probandů, průměrného věku a průměrné hmotnosti se od sebe skupiny významně nelišily. Průměrná výška byla u experimentální skupiny nižší, což je jeden z fenotypových znaků DS. Podrobnější informace týkající se věku, výšky a hmotnosti probandů jsou uvedené v tabulce č. 1.

Podmínkou pro zařazení do studie byla přítomnost Downova syndromu (experimentální skupina) a věk mezi 18 – 50 lety (obě skupiny). Participanti s DS museli vykazovat takové intelektové schopnosti, aby pochopili instrukce k průběhu měření.

Vyřazovacím kritériem pro obě skupiny bylo akutní onemocnění, úraz či operace v předchozích dvou letech, epileptický záchvat v předchozím týdnu a jiné neurologické či pohybové onemocnění ovlivňující posturální stabilitu (např. centrální a periferní paréza, stav po CMP). Pokud probandi běžně používali pomůcky ke kompenzaci zrakové či sluchové vady, nechali si tyto pomůcky i během měření.

Tabulka 1 - Deskriptivní statistika výzkumného souboru

Skupina	Experimentální		Kontrolní	
	<i>Muži</i>	<i>Ženy</i>	<i>Muži</i>	<i>Ženy</i>
<b>Pohlaví</b>				
<b>Počet</b>	15	11	15	11
<b>Průměrný věk ± SD (roky)</b>	41,9 ± 7,83	33,7 ± 7,89	42 ± 7,9	34,4 ± 9,3
<b>Minimum (roky)</b>	27	22	25	22
<b>Maximum (roky)</b>	50	45	50	48
<b>Průměrná výška ± SD (cm)</b>	159 ± 6,30	152 ± 6,31	180 ± 8,55	167 ± 7,16
<b>Minimum (cm)</b>	145	141	171	155
<b>Maximum (cm)</b>	168	162	197	179
<b>Průměrná hmotnost ± SD (kg)</b>	76,7 ± 12,4	73 ± 20,8	84,9 ± 11,5	70,7 ± 14,7
<b>Minimum (kg)</b>	55	47	70	53
<b>Maximum (kg)</b>	102	117	107	105

Legenda: SD = směrodatná odchylka

### 3.5.2 Použité metody

#### Měřicí deska MobileMat

K měření posturální stability probandů byla využita tenzometrická nášlapná deska MobileMat 3140 od firmy Tekscan zapůjčená na katedře zdravotní TV a tělovýchovného lékařství UK FTVS.

Výhodou tohoto měřicího zařízení je jeho nízká hmotnost (3,5 kg), která s sebou nese snadnou manipulaci a možnost přístroj přenášet. Snímací oblast má rozměry 48,7 x 44,7 x 0,76 cm, je pokrytá senzory hustotou 1 senzor/cm<sup>2</sup> (celkem 2 112 senzorů), rychlost skenování je 100 Hz a snímá tlak o velikosti 345 – 862 kPa (Tekscan, 2017).

Celý systém Tekscan – sloužící mimo jiné k měření statické a dynamické posturální stability – se skládá z tlakové měřicí desky MobileMat se standardním rozlišením a softwarového programu SportsAT, který je třeba nejprve nainstalovat do počítače pomocí CD. Měřicí desku MobileMat lze k počítači připojit přes USB.

V nainstalovaném softwaru jsou v nabídce tři moduly – BESS, SCAT3 a BBE. V této diplomové byli probandi měřeni v modulu BBE (Better Balance Essential), což je komplexní systém pro posouzení běžně požadovaných parametrů pro analýzu posturální stability. Pro kvantifikaci a porovnávání posturální stability probandů byly sledovány tyto parametry:

- **Length of COP Path (LoP COP)** – celková trajektorie, kterou COP urazí během měření (jednotky v cm).
- **COP Excursion Front-Back (exCOP F-B)** – záznam pohybu COP v anteroposteriorním směru. Ukazuje maximální vzdálenost uraženou COP během měření v anteroposteriorním směru (jednotky v cm).
- **COP Excursion Left-Right (exCOP L-R)** – záznam pohybu COP v laterolaterálním směru. Ukazuje maximální vzdálenost uraženou COP během měření v laterolaterálním směru (jednotky v cm).
- **COP Velocity Average (vCOP)** – průměrná rychlost změny pozice COP (jednotky v cm/s).
- **Time to Boundary v anteroposteriorním směru (TTB F-B)** – jde o parametr, který odhaduje čas potřebný k tomu, aby COP subjektu dosáhlo hranice opěrné báze (po jejímž překročení nastává riziko pádu), bere-li v úvahu okamžitou rychlost a trajektorii COP v anteroposteriorním směru (jednotky v s) (Tekscan, 2016).
- **Time to Boundary v laterolaterálním směru (TTB L-R)** – jde o parametr, který odhaduje čas potřebný k tomu, aby COP subjektu dosáhlo hranice opěrné báze (po jejímž překročení nastává riziko pádu), bere-li v úvahu okamžitou rychlost a trajektorii COP v laterolaterálním směru (jednotky v s) (Tekscan, 2016).

### **Testovací pozice**

Probandi byli testováni ve čtyřech po sobě jdoucích modifikacích bipedálního stoje:

- 1) stoj s širokou opěrnou bází a otevřenýma očima (SO)
- 2) stoj s širokou opěrnou bází a zavřenýma očima (SZ)
- 3) stoj s úzkou opěrnou bází a otevřenýma očima (UO)
- 4) stoj s úzkou opěrnou bází a zavřenýma očima (UZ)

Každé měření trvalo 30 s. V průběhu sběru dat bylo pozorováno, že pro většinu probandů s DS je pozice UZ příliš náročná a během tohoto měření nedokázali udržet zavřené oči. V některých případech byla pro zabránění pádu a zachování etické stránky studie, kdy by nemělo testování způsobovat probandům přílišný diskomfort, poskytnuta měřeným subjektům opora druhé osoby (řešitelem práce). Přesto byla data z tohoto měření zahrnuta do statistické analýzy dat. Výsledky však budou posuzovány s ohledem na výrazné porušení podmínek tohoto měření probandy experimentální skupiny.

### **3.5.3 Sběr dat**

Výzkumná činnost byla rozdělena do několika fází – hledání a oslovování probandů s DS; měření probandů s DS; vyhledávání probandů kontrolní skupiny; měření probandů kontrolní skupiny; analýza dat.

V průběhu měsíců září a říjen 2019 byla na internetu vyhledána zařízení věnující se osobám s DS. Telefonicky či emailem byly osloveny velké organizace DownSyndrom CZ a Společnost pro podporu lidí s mentálním postižením, které poskytly informace o menších spolcích, chráněných dílnách, domech s pečovatelskou službou atd. DownSyndrom CZ poskytl kontakt na rodiče osob s DS, kteří poté byli osloveni s nabídkou zúčastnit se výzkumu v rámci diplomové práce.

Měření probandů s DS probíhalo v prosinci 2019 a lednu 2020 v praktických učebnách katedry fyzioterapie UK FTVS, Studiu Oáza (kulturní centrum pro lidi s mentálním postižením), DSS Chotělice a v další obecně prospěšné společnosti pracující s lidmi s mentálním postižením, která chtěla zůstat v anonymitě.

V dubnu 2020 byli vybíráni probandi do kontrolní skupiny. Kontrolní skupinu jsem se snažila vyrovnat z hlediska demografických údajů (věk a pohlaví) s cílem kvalitnější statistické analýzy (Hendl, 2006).

V květnu 2020 byli měřeni probandi kontrolní skupiny. Měření probíhalo v přirozených podmínkách jejich domovů. Původně měli být tito participanti měření ve standardizovaných podmínkách na FTVS UK, avšak z důvodu nouzového stavu v České republice musel být design studie upraven.

Analýza získaných dat z posturografického měření byla provedena v květnu 2020.

## **Průběh měření**

Před zahájením testování byli všichni účastníci obeznámeni s průběhem měření a podepsali informovaný souhlas (Příloha č. 2). Poté byly formou anamnestického rozhovoru shromážděny informace týkající se zdravotního stavu probanda s cílem odhalit výrazovací kritéria z výzkumu. Dále byly do programu SportsAT zadány údaje o datu narození, tělesné výšce a hmotnosti probanda. U testování participantů z experimentální skupiny byl v případě omezení svéprávnosti probanda přítomen opatrovník.

Deska MobileMat byla umístěná na rovné zemi v tiché a klidné místnosti s minimem rušivých faktorů. Probandi byli požádáni, aby se bosí postavili na desku, poté následovala série čtyř měření, při kterých dostali pokyn stát co nejklidněji. Instrukce však byly – zejména probandům s DS – často vysvětlovány i jiným způsobem tak, aby chápali, že je nutné být v průběhu měření co nejklidnější. Při stožení širokou opěrnou bází byl proband požádán o to, aby se postavil na desku chodidly přibližně na šířku boků. Úzké stojné báze bylo docíleno paralelním postavením chodidel tak, aby se paty a palce probanda dotýkaly. V pozicích s otevřenými očima se měli probandi dívat na jeden bod před sebou zhruba ve výšce očí. Každé snímání posturální stability trvalo 30 s. Mezi jednotlivými měřeními nebyla stanovena přesná doba pauzy, ale účastníci měli možnost si odpočinout. Každý proband byl vyšetřen pouze jednou.

### **3.5.4 Analýza dat**

Data získaná z programu SportsAT byla přepsána do tabulky Microsoft Excel 2016. Ke zpracování dat sloužil statistický program Jamovi ve verzi 1.1.9. Statistická analýza byla volena s ohledem na zodpovězení daných výzkumných otázek a podpoření či vyvrácení stanovených hypotéz. Nejprve byl proveden Shapiro-Wilkův test k posouzení normality výzkumného souboru. Poté byla zvolena neparametrická varianta Studentova t-testu – Mann-Whitney U test, tedy dvouvýběrový t-test.

## 4 Výsledky

Kapitola výsledků je rozdělena na tři části. První podkapitola ověřuje H1, obsahuje tedy porovnání naměřených dat experimentální a kontrolní skupiny. Ve druhé části je ověřována H2 a jsou v ní prezentovány rozdíly v posturální stabilitě mužů a žen z experimentální skupiny. V těchto podkapitolách nalezneme nejprve tabulku popisující průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) všech sledovaných parametrů posturální stability ze všech měřených modifikací stoje. Vybrané parametry jsou poté detailněji zpracovány jak tabulárně tak graficky. Dále jsou zde uvedeny a popsány výsledky statistické analýzy dat. U té byla zvolena hladina statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ . Statistická významnost znamená, jaká je pravděpodobnost, že získáme data odporující dané hypotéze. V případě  $p \leq 0,05$  je pravděpodobnost, s jakou bychom získali data vyvracející hypotézu  $\leq 5\%$ . Věcnou významnost popisuje Cohenova delta (Cohenovo d). Kladné, resp. záporné Cohenovo d znamená, že sledovaná veličina má vyšší, resp. nižší hodnotu v první skupině. Čím vyšší hodnota, tím větší procento osob z jedné skupiny dosahuje vyšších hodnot než průměrný člen druhé sledované skupiny (Soukup, 2017). V této práci měli skupiny dle Shapiro-Wilkova testu nenormální rozdělení, proto je nutné brát tuto interpretaci Cohenova d jako přibližnou. Závěrečná podkapitola stručně shrnuje výsledky této studie.

V této studii bylo sledováno a porovnáváno šest parametrů posturální stability ze čtyř posturografických měření bipedálního stoje (SO, SZ, UO, UZ): celková trajektorie COP, vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru, průměrná rychlost pohybu COP a hodnota time to boundary v anteroposteriorním a laterolaterálním směru.

### 4.1 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny

V tabulce č. 2 jsou uvedené průměrné hodnoty a směrodatné odchylky sledovaných parametrů posturální stability experimentální a kontrolní skupiny. Jak je vidět, se zvyšující se náročností na posturální stabilitu bipedálního stoje dosahovali probandi z kontrolní skupiny postupně průměrně horší hodnoty ve všech sledovaných parametrech. Oproti tomu experimentální skupina se postupně zhoršovala v parametru celkové trajektorie COP, průměrné rychlosti COP a time to boundary v obou směrech, ale v parametru vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru dosahovala nejlepších výsledků při stoji s širokou opěrnou bází a zavřenýma očima.

Experimentální skupina vykazovala horší výsledky posturální stability ve všech parametrech v každém měření. Výjimku tvoří pouze parametr vychýlení COP v laterolaterálním směru a time to boundary v laterolaterálním směru při stoji UZ. Na tomto místě je ale nutné zdůraznit, že probandi z experimentální skupiny porušovali podmínky měření UZ a naměřené hodnoty všech parametrů z tohoto měření jsou tak značně zkreslené.

Tabulka 2 – Průměrné hodnoty a SD sledovaných parametrů posturální stability experimentální a kontrolní skupiny

<b>Skupina →</b>	<b>Experimentální</b>				<b>Kontrolní</b>			
<b>Měření →</b>	<i>SO</i>	<i>SZ</i>	<i>UO</i>	<i>UZ</i>	<i>SO</i>	<i>SZ</i>	<i>UO</i>	<i>UZ</i>
<b>Parametr ↓</b>								
<b>Průměr ± SD</b>								
<b>LoP COP (cm)</b>	31,12 ± 18,30	37,29 ± 8,20	58,34 ± 27,4	80,07 ± 44,3	15,67 ± 3,08	23,40 ± 7,82	33,16 ± 8,90	60,61 ± 21,30
<b>exCOP F-B (cm)</b>	2,26 ± 1,36	2,24 ± 1,48	2,63 ± 1,06	3,37 ± 1,62	1,53 ± 0,43	2,08 ± 0,77	2,20 ± 0,73	2,93 ± 0,82
<b>exCOP L-R (cm)</b>	1,48 ± 1,23	1,40 ± 1,23	3,16 ± 1,41	3,59 ± 1,84	0,67 ± 0,30	0,71 ± 0,35	2,26 ± 0,58	3,65 ± 1,02
<b>vCOP (cm/s)</b>	1,04 ± 0,61	1,25 ± 0,94	1,95 ± 0,92	2,68 ± 1,48	0,53 ± 0,10	0,78 ± 0,26	1,11 ± 0,30	2,02 ± 0,71
<b>TTB F-B (s)</b>	1,97 ± 1,29	1,69 ± 0,86	1,38 ± 0,68	0,94 ± 0,50	3,91 ± 1,64	2,45 ± 1,21	2,45 ± 0,88	1,51 ± 0,60
<b>TTB L-R (s)</b>	5,74 ± 3,17	5,35 ± 2,51	1,24 ± 0,65	1,13 ± 0,93	10,39 ± 3,27	8,06 ± 2,92	1,62 ± 0,50	0,93 ± 0,29

#### 4.1.1 Celková trajektorie COP

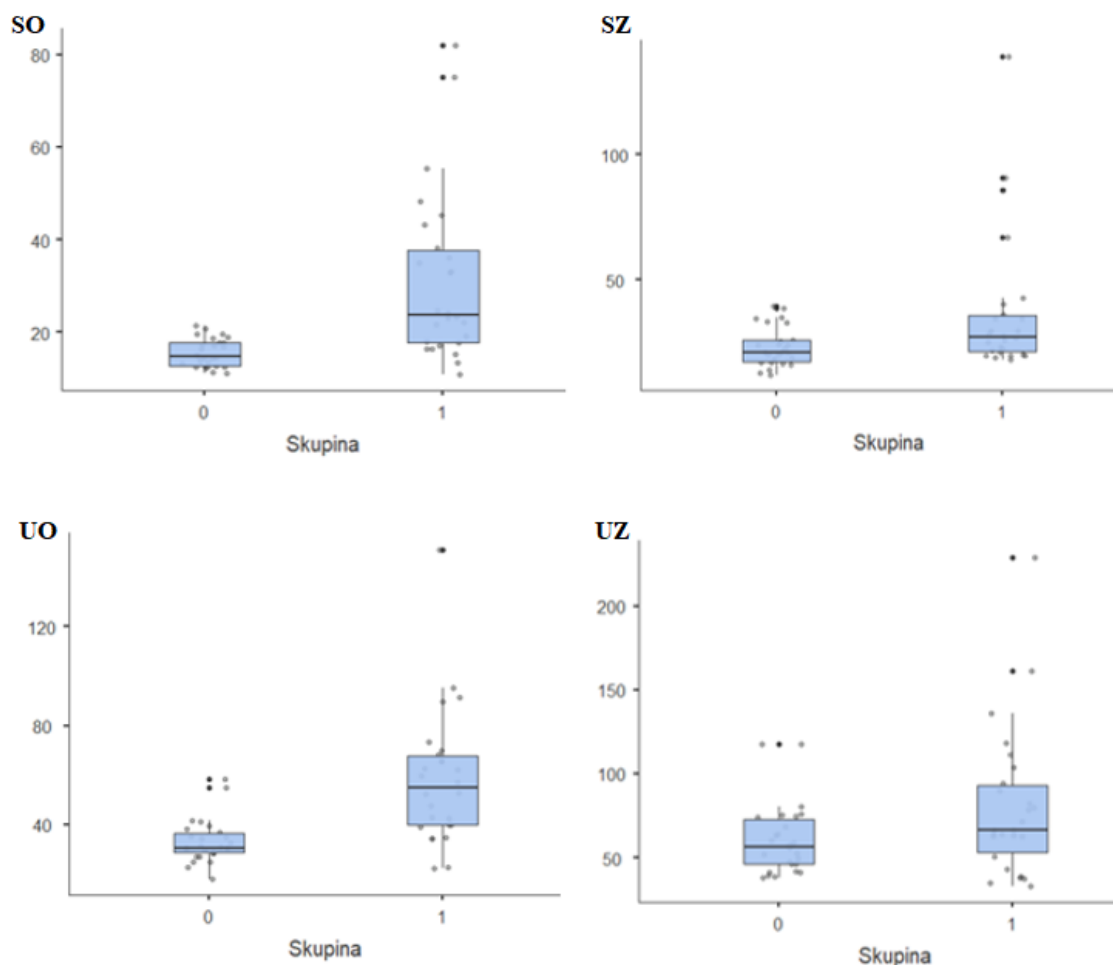
Tento parametr uvádí v cm celkovou trajektorii, kterou COP urazí během měření. Čím vyšší hodnota (delší celková trajektorie), tím horší posturální stabilita jedince (Tekscan, 2016).

V tabulce č. 3 nalezneme nejprve naměřené hodnoty (průměr, směrodatnou odchylku, median) tohoto parametru obou skupin z každého měření, které jsou v grafu č. 1 přehledně vizualizované do tzv. box plotů. Experimentální skupina vykazovala v každém měření vyšší průměrnou LoP COP (tedy horší posturální stabilitu). Také směrodatná odchylka byla v každém měření větší u experimentální skupiny. Znamená to, že probandi z experimentální skupiny měli větší rozptyl v hodnotách tohoto parametru (v grafu je tento rozptyl patrný ve větší velikosti obdélníku experimentální skupiny a v rozptýlenějším rozmístění teček značící jednotlivé probandy).

*Tabulka 3 - Deskriptivní statistika parametru celkové trajektorie COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření*

<b>Měření</b>	<b>SO</b>		<b>SZ</b>		<b>UO</b>		<b>UZ</b>	
<b>Skupina</b>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>
<b>Průměr (cm)</b>	31,1	15,7	37,3	23,4	58,3	33,2	80,1	60,6
<b>SD (cm)</b>	18,3	3,08	28,2	7,82	27,4	8,89	44,3	21,3
<b>Median (cm)</b>	23,8	14,9	27,2	21,1	54,9	30,6	66,3	56,6





Graf 1 - Zobrazení parametru celkové trajektorie COP ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

Tabulka č. 4 znázorňuje výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1a. Experimentální skupina vykazovala statisticky významně vyšší průměrné hodnoty parametru LoP oproti kontrolní skupině v každém měření. Hypotéza H1a tak byla podpořena.

Tabulka 4 - Výsledky statistického porovnání parametru celkové trajektorie COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_LoP COP	< 0,001*	-1,180
SZ_LoP COP	0,006*	-0,671
UO_LoP COP	< 0,001*	-1,237
UZ_LoP COP	0,049*	-0,560

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

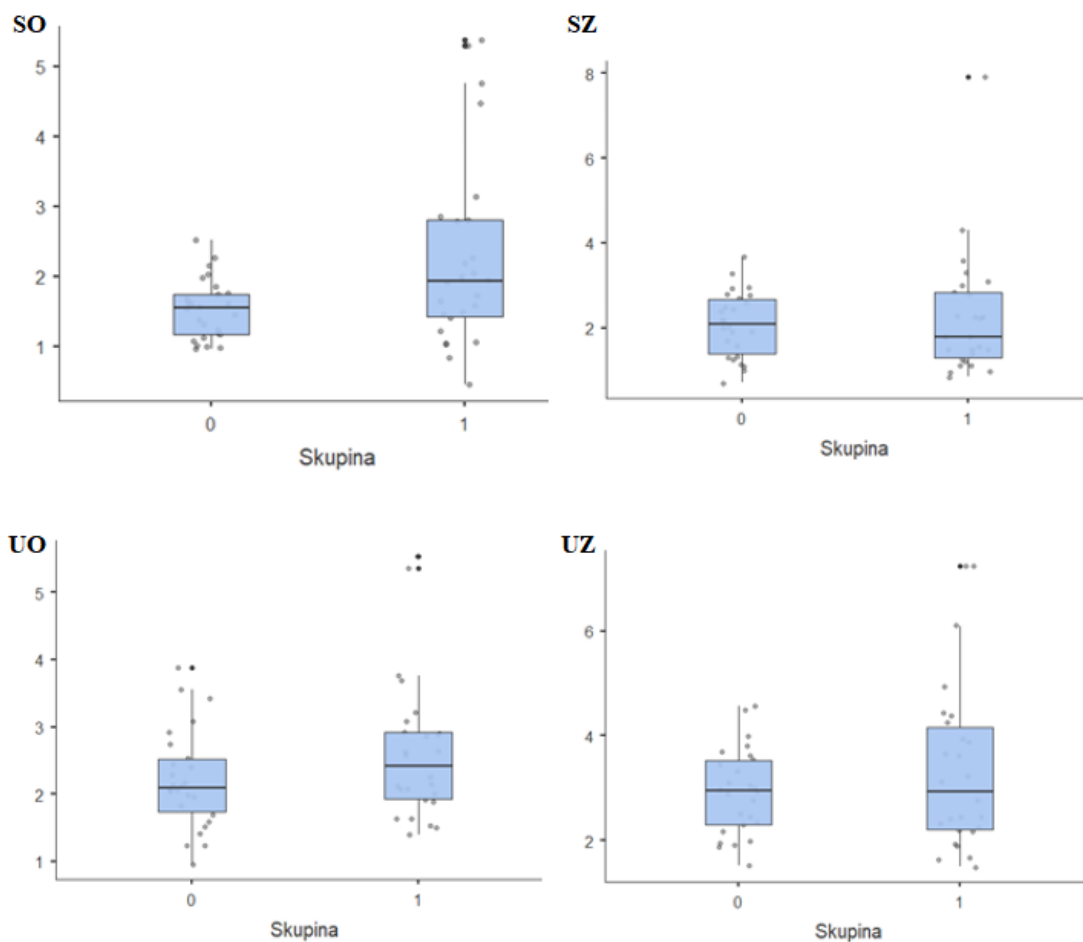
#### 4.1.2 Vychýlení COP v anteroposteriorním směru

Tento parametr uvádí v cm maximální vychýlení COP v anteroposteriorním směru. Čím vyšší hodnota (větší vychýlení), tím horší posturální stabilita jedince (Tekscan, 2016).

Tabulka č. 5 popisuje charakteristiku (průměr, směrodatnou odchylku, median) parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny z každého měření. V grafu č. 2 je tato deskriptiva zobrazena pomocí box plotů. Experimentální skupina vykazovala v každém měření průměrně vyšší hodnoty (tedy horší posturální stabilitu) než skupina kontrolní. Stejně jako u předchozího parametru, i zde byla v každém měření přítomna větší variabilita ve výkonech probandů experimentální skupiny (oproti skupině kontrolní), což je vidět také v grafickém znázornění.

Tabulka 5 - Deskriptivní statistika parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Měření	SO		SZ		UO		UZ	
	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.
<b>Průměr (cm)</b>	2,26	1,53	2,24	2,08	2,63	2,20	3,37	2,93
<b>SD (cm)</b>	1,36	0,43	1,48	0,77	1,06	0,73	1,62	0,82
<b>Median (cm)</b>	1,94	1,55	1,79	2,09	2,42	2,09	2,93	2,95



Graf 2 - Zobrazení parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

V tabulce č. 6 jsou uvedeny výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1b. Experimentální skupina vykazovala oproti kontrolní skupině statisticky významně vyšší průměrné hodnoty parametru exCOP F-B pouze ve stoji SO. V ostatních modifikacích stoje dosahovala kontrolní skupina také lepších výsledků, nejsou ale statisticky významné. Hypotéza H1b byla tedy podpořena pouze v podmínkách stoje SO.

Tabulka 6 - Výsledky statistického porovnání parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_exCOP F-B	0,024*	-0,726
SZ_exCOP F-B	0,598	-0,133
UO_exCOP F-B	0,082	-0,466
UZ_exCOP F-B	0,334	-0,340

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

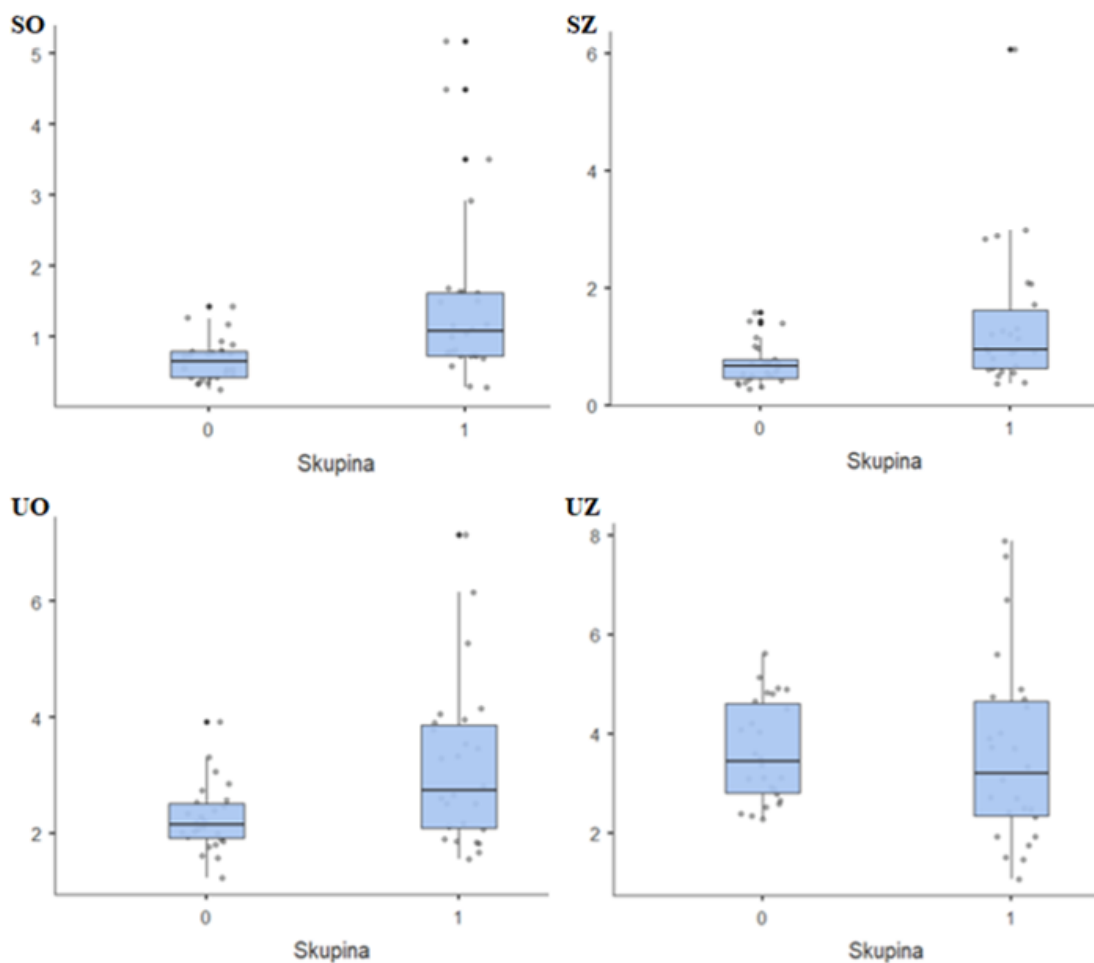
### 4.1.3 Vychýlení COP v laterolaterálním směru

Tento parametr uvádí v cm maximální vychýlení COP v laterolaterálním směru. Čím vyšší hodnota (větší vychýlení), tím horší posturální stabilita jedince (Tekscan, 2016).

V tabulce č. 7 jsou uvedené charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka a median) parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru obou skupin z každého měření, které jsou doplněny grafem č. 3 pro lepší přehlednost. V tomto parametru nevykazovala experimentální skupina horší výsledky v každém měření. Jak je vidět, průměrná hodnota při stoji UZ byla u experimentální skupiny menší o 6 mm oproti kontrolní skupině. Probandi experimentální skupiny však výrazně porušovali podmínky tohoto měření, proto je nutné posuzovat naměřené hodnoty s rezervou. Směrodatná odchylka byla větší u experimentální skupiny v každém měření, takže i u tohoto parametru vykazovali probandi s DS variabilnější hodnoty.

Tabulka 7 - Deskriptivní statistika parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Měření	SO		SZ		UO		UZ	
	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>	<i>Exper.</i>	<i>Kontr.</i>
<b>Průměr (cm)</b>	1,48	0,67	1,40	0,71	3,16	2,26	3,59	3,65
<b>SD (cm)</b>	1,23	0,30	1,23	0,35	1,41	0,58	1,84	1,02
<b>Median (cm)</b>	1,08	0,65	0,95	0,67	2,74	2,15	3,21	3,44



Graf 3 - Zobrazení parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

Tabulka č. 8 obsahuje výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1c. Experimentální skupina vykazovala statisticky významně vyšší hodnoty parametru exCOP L-R než kontrolní skupina ve stoji SO, SZ a UO. Jak je uvedené výše, experimentální skupina ve stoji UZ dosahovala dokonce nižších hodnot parametru exCOP L-R, avšak tento rozdíl nebyl statisticky významný. K výsledkům statistické analýzy z podmínek měření UZ je však nutné přistupovat s vědomím, že probandi experimentální skupiny nedodržovali podmínky tohoto měření. Hypotéza H1c proto byla podpořena.

Tabulka 8 - Výsledky statistického porovnání parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_exCOP L-R	< 0,001*	-0,902
SZ_exCOP L-R	0,003*	-0,764
UO_exCOP L-R	0,008*	-0,836
UZ_exCOP L-R	0,827	0,043

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

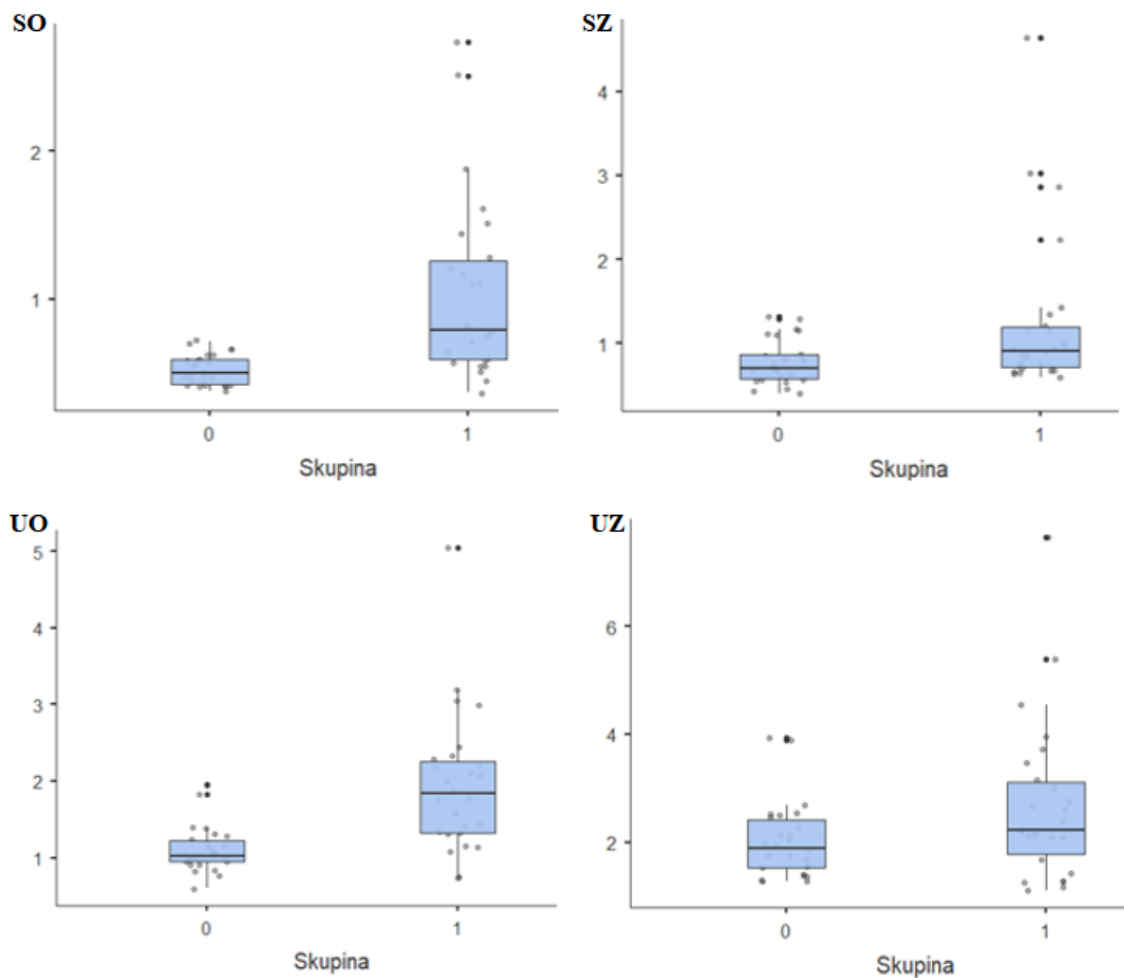
#### 4.1.4 Průměrná rychlost pohybu COP

Tento parametr uvádí v cm/s průměrnou rychlost pohybu COP. Čím vyšší hodnota (větší rychlost), tím horší posturální stabilita jedince (Tekscan, 2016).

V tabulce č. 9 jsou uvedeny údaje o naměřených hodnotách (průměr, směrodatná odchylka, median) tohoto parametru obou skupin z každého měření. Vizualizace dat je ke zhlédnutí v grafu č. 4. Experimentální skupina vykazovala při všech měřeních vyšší průměrnou vCOP (tedy horší posturální stabilitu). I u tohoto parametru byly přítomné u experimentální skupiny větší směrodatné odchylky v každém z měření, které jsou patrné i v box plotech zmíněného grafu.

Tabulka 9 - Deskriptivní statistika parametru průměrné rychlosti pohybu COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Měření	SO		SZ		UO		UZ	
	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.
<b>Průměr (s)</b>	1,04	0,53	1,25	0,78	1,95	1,11	2,67	2,02
<b>SD (s)</b>	0,61	0,10	0,94	0,26	0,92	0,30	1,48	0,71
<b>Median (s)</b>	0,80	0,50	0,91	0,71	1,83	1,02	2,21	1,89



Graf 4 - Zobrazení parametru průměrné rychlosti pohybu COP ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

Tabulka č. 10 uvádí výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1d. Experimentální skupina vykazovala statisticky významně vyšší hodnoty parametru vCOP oproti kontrolní skupině v prvních třech měřeních (SO, SZ, UO). Průměrné hodnoty tohoto parametru experimentální skupiny nebyly v měření UZ statisticky významně vyšší. Ve stoji UZ byly však porušeny požadované podmínky tohoto stoje u některých probandů experimentální skupiny. Hypotéza H1d byla podpořena.

Tabulka 10 - Výsledky statistického porovnání parametru průměrné rychlosti pohybu COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_vCOP	< 0,001*	-1,175
SZ_vCOP	0,007*	-0,672
UO_vCOP	< 0,001*	-1,230
UZ_vCOP	0,052	-0,562

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

#### 4.1.5 Time to boundary v anteroposteriorním směru

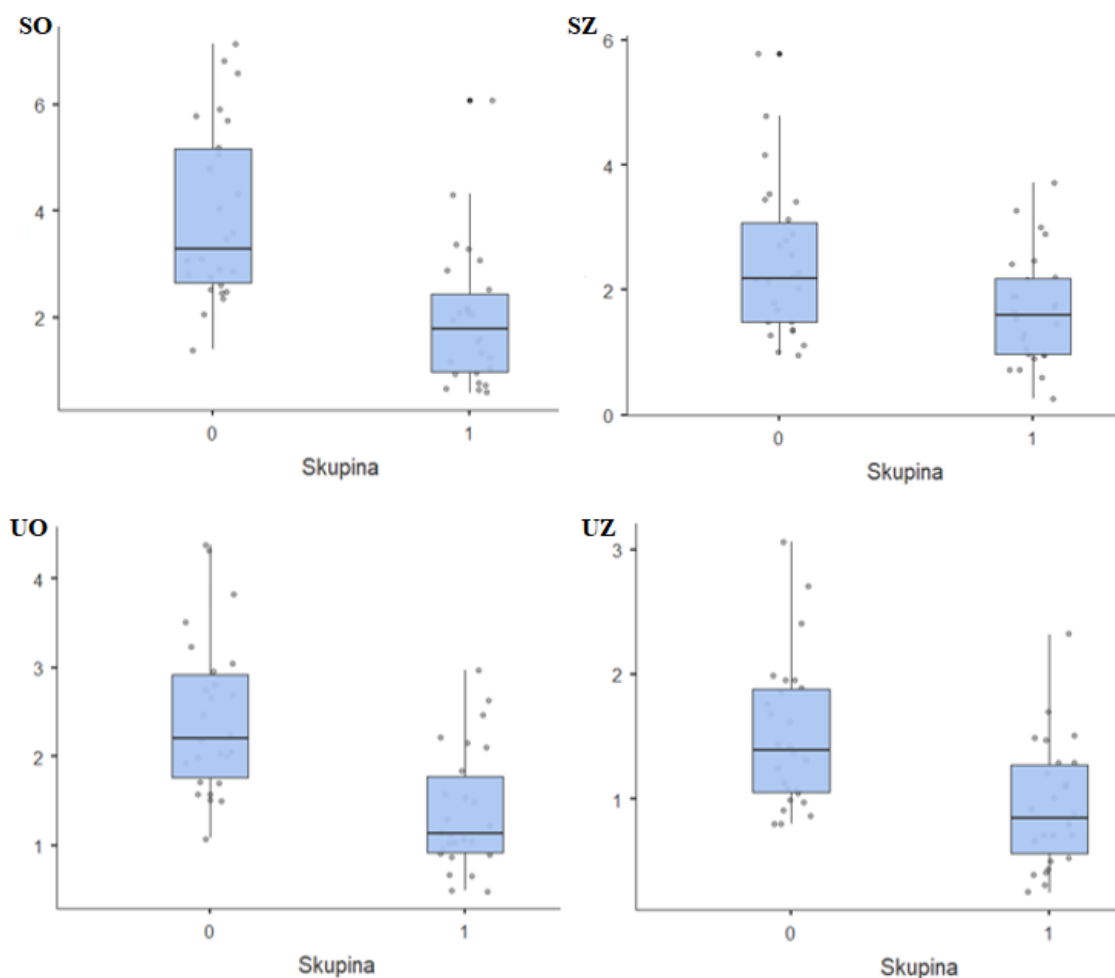
Parametr time to boundary se uvádí v sekundách a značí odhadovaný čas potřebný k tomu, aby COP měřeného jedince dosáhlo v anteroposteriorní rovině hranice opěrné báze, kdy nastává riziko pádu. U tohoto parametru znamená vyšší hodnota (delší čas) lepší posturální stabilitu jedince (Tekscan, 2016).

V tabulce č. 11 a grafu č. 5 jsou zobrazeny naměřené hodnoty parametru TTB F-B (průměr, směrodatná odchylka, median). Jak je vidět, experimentální skupina dosahovala nižších hodnot (tedy horších výsledků) ve všech čtyřech měřeních. V tomto parametru měli větší směrodatnou odchylku probandi z kontrolní skupiny, takže zdravá populace vykazovala větší variabilitu v hodnotách time to boundary v anteroposteriorním směru.

Tabulka 11 - Deskriptivní statistika parametru time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Měření	SO		SZ		UO		UZ	
	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.
<b>Průměr (s)</b>	1,97	3,91	1,69	2,45	1,38	2,45	0,94	1,51
<b>SD (s)</b>	1,29	1,64	0,89	1,21	0,68	0,88	0,50	0,60
<b>Median (s)</b>	1,77	3,28	1,60	2,20	1,13	2,21	0,85	1,40





Graf 5 - Zobrazení parametru time to boundary v anteroposteriorním směru ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

Výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1e jsou uvedené v tabulce č. 12. Jak je vidět, experimentální skupina vykazovala statisticky významně nižší hodnoty parametru TTB F-B v každém měření a hypotéza H1e tak byla podpořena.

Tabulka 12 - Výsledky statistického porovnání parametru time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_ TTB F-B	< 0,001*	1,320
SZ_ TTB F-B	0,009*	0,718
UO_ TTB F-B	< 0,001*	1,367
UZ_ TTB F-B	< 0,001*	1,040

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

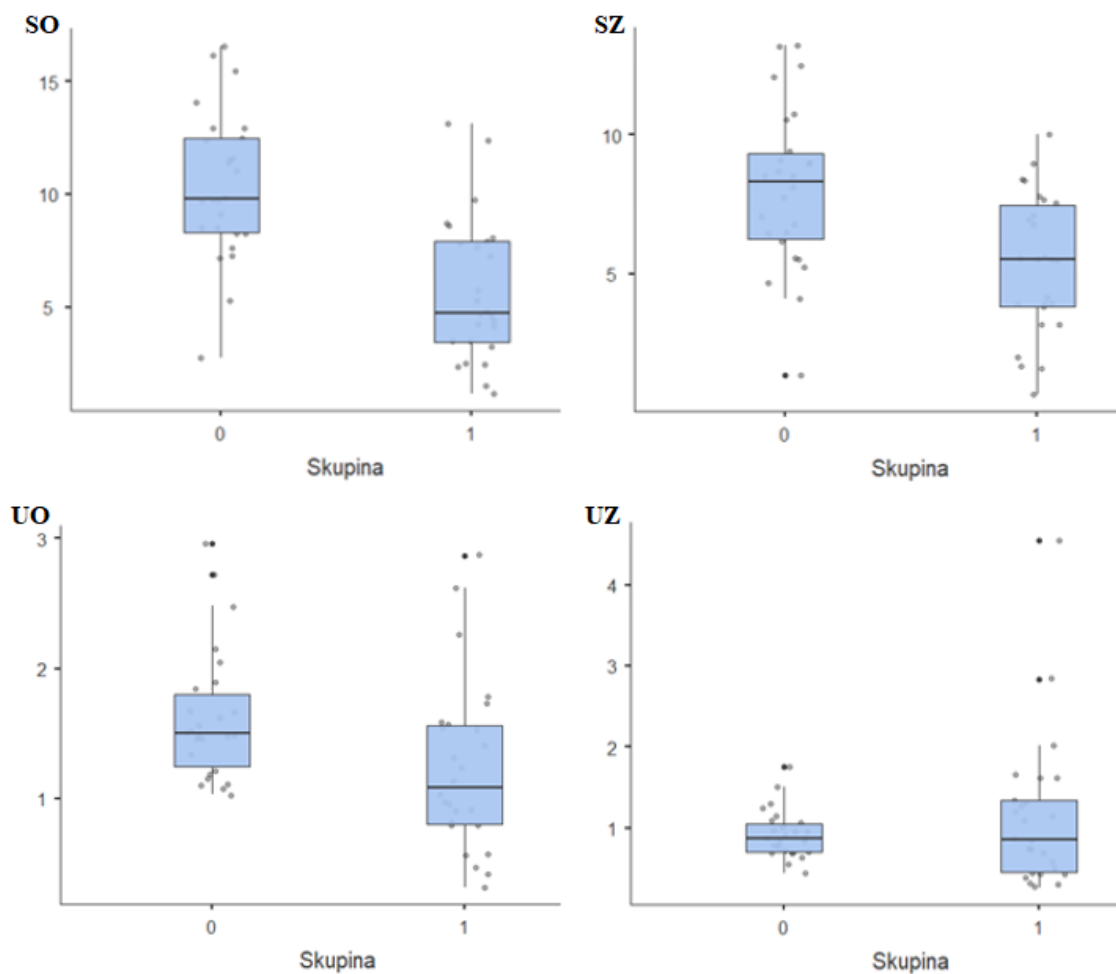
#### 4.1.6 Time to boundary v laterolaterálním směru

Parametr time to boundary se uvádí v sekundách a značí odhadovaný čas potřebný k tomu, aby COP měřeného jedince dosáhlo v laterolaterální rovině hranice opěrné báze, kdy nastává riziko pádu. Čím vyšší hodnota (delší čas), tím lepší posturální stabilita jedince (Tekscan, 2016).

V tabulce č. 13 jsou uvedené charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, median) parametru TTB L-R obou skupin z každého měření, které jsou graficky znázorněny v grafu č. 6. V tomto parametru nevykazovala experimentální skupina horší výsledky při každém měření, jelikož v posledním měření (UZ) dosahovala vyšší průměrné hodnoty TTB L-R (tedy lepší posturální stabilitu). Probandi experimentální skupiny výrazně porušovali podmínky měření UZ. Je proto nutné přistupovat k výsledkům z tohoto měření pouze jako k orientačním. Větší směrodatná odchylka poukazuje na větší rozptyl v hodnotách tohoto parametru kontrolní skupiny u stojů SO a SZ, zatímco u pozic UO a UZ byla více variabilní experimentální skupina.

Tabulka 13 - Deskriptivní statistika parametru time to boundary v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Měření	SO		SZ		UO		UZ	
	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.	Exper.	Kontr.
<b>Průměr (s)</b>	5,74	10,4	5,35	8,06	1,24	1,62	1,13	0,93
<b>SD (s)</b>	3,17	3,27	2,51	2,92	0,65	0,50	0,93	0,29
<b>Median (s)</b>	4,72	9,79	5,52	8,30	1,08	1,50	0,87	0,87



Graf 6 - Zobrazení parametru *time to boundary* v laterolaterálním směru ze všech měření

Legenda: 0 = kontrolní skupina, 1 = experimentální skupina

Tabulka č. 14 obsahuje výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H1f. Experimentální skupina vykazovala statisticky významně nižší hodnoty parametru TTBL-R ve stojích SO, SZ a UO. Ve stojích UZ dosahovala experimentální skupina naopak vyšších hodnot, rozdíl mezi skupinami ale nebyl statisticky významný. Výsledky statistické analýzy stojů UZ nelze pokládat za validní, jelikož probandi experimentální skupiny porušovali podmínky tohoto měření. Hypotéza H1f byla podpořena.

Tabulka 14 - Výsledky statistického porovnání parametru time to boundary v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_TTB L-R	< 0,001*	1,444
SZ_TTB L-R	< 0,001*	0,996
UO_TTB L-R	0,005*	1,668
UZ_TTB L-R	0,507	-0,291

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

## 4.2 Porovnání mužů a žen v experimentální skupině

V tabulce č. 15 jsou uvedené průměrné hodnoty a směrodatná odchylka sledovaných parametrů posturální stability mužů a žen s DS. Ženy dosahovaly oproti mužům lepších výsledků ve všech parametrech kromě vychýlení COP v anteroposteriorním směru ve stoji UZ a parametru time to boundary v laterolaterálním směru ve stoji SZ a UZ. Hodnoty všech parametrů ze stoje UZ však byly ovlivněny nedodržením podmínek této modifikace stoje některými probandy.

Tabulka 15 - Průměrné hodnoty a SD sledovaných parametrů posturální stability mužů a žen experimentální skupiny

<b>Pohlaví →</b>	<b>Muži</b>				<b>Ženy</b>			
<b>Měření →</b>	<i>SO</i>	<i>SZ</i>	<i>UO</i>	<i>UZ</i>	<i>SO</i>	<i>SZ</i>	<i>UO</i>	<i>UZ</i>
<b>Parametr ↓</b>								
Průměr ± SD								
<b>LoP COP (cm)</b>	35,00 ± 17,80	45,30 ± 34,70	63,90 ± 32,90	86,60 ± 53,80	25,90 ± 18,30	26,30 ± 8,83	50,80 ± 15,90	71,20 ± 26,50
<b>exCOP F-B (cm)</b>	2,61 ± 1,32	2,70 ± 1,70	2,87 ± 1,23	3,23 ± 1,35	1,78 ± 1,32	1,61 ± 0,80	2,30 ± 0,69	3,55 ± 1,99
<b>exCOP L-R (cm)</b>	1,63 ± 1,13	1,73 ± 1,43	3,65 ± 1,61	3,80 ± 2,21	1,27 ± 1,37	0,96 ± 0,73	2,50 ± 0,70	3,29 ± 1,23
<b>vCOP (cm/s)</b>	1,17 ± 0,60	1,51 ± 1,16	2,13 ± 1,10	2,89 ± 1,80	0,87 ± 0,61	0,88 ± 0,30	1,70 ± 0,53	2,38 ± 0,88
<b>TTB F-B (s)</b>	1,58 ± 0,87	1,48 ± 0,72	1,29 ± 0,75	0,85 ± 0,36	2,49 ± 1,62	1,96 ± 1,04	1,50 ± 0,59	1,07 ± 0,64
<b>TTB L-R (s)</b>	4,98 ± 2,36	5,52 ± 2,95	1,14 ± 0,54	1,25 ± 1,06	6,77 ± 3,91	5,12 ± 1,87	1,36 ± 0,79	0,95 ± 0,73

V tabulce č. 16 jsou uvedeny výsledky statistické analýzy ověřující hypotézu H2. Z výsledků je patrné, že statisticky významný rozdíl mezi pohlavími byl přítomný pouze v parametrech LoP COP (v SO) a exCOP F-B (v SO a SZ). Hypotéza H2 proto byla zamítnuta.

Tabulka 16 - Výsledky statistického porovnání parametrů posturální stability mužů a žen s DS

Porovnávaný parametr	p-hodnota	Cohenovo d
SO_ LoP COP	0,047*	-0,502
SO_ exCOP F-B	0,033*	-0,627
SO_ exCOP L-R	0,119	-0,290
SO_ vCOP	0,052	-0,502
SO_ TTB F-B	0,203	0,729
SO_ TTB L-R	0,364	0,578
SZ_ LoP COP	0,069	-0,702
SZ_ exCOP F-B	0,026*	-0,775
SZ_ exCOP L-R	0,054	-0,646
SZ_ vCOP	0,062	-0,702
SZ_ TTB F-B	0,264	0,549
SZ_ TTB L-R	0,540	-0,158
UO_ LoP COP	0,443	-0,482
UO_ exCOP F-B	0,217	-0,542
UO_ exCOP L-R	0,055	-0,874
UO_ vCOP	0,443	-0,477
UO_ TTB (F-B)	0,213	0,306
UO_ TTB (L-R)	0,551	0,335
UZ_ LoP COP	0,646	0,345
UZ_ exCOP F-B	0,856	-0,195
UZ_ exCOP L-R	0,919	0,273
UZ_ vCOP	0,646	0,345
UZ_ TTB F-B	0,483	-0,457
UZ_ TTB L-R	0,452	0,322

Legenda: \* = statisticky signifikantní výsledek ( $p \leq 0,05$ )

### 4.3 Shrnutí výsledků

Výsledky práce podpořily hypotézu H1. Skupina probandů s DS vykazovala oproti kontrolní skupině zdravých jedinců statisticky významně horší výkony v parametrech LoP COP a TTB F-B ve všech čtyřech měřeních. Dále byla prokázána statisticky významně horší posturální stabilita experimentální skupiny v parametru, exCOP L-R, vCOP a TTB L-R v měření SO, SZ a UO. V parametru exCOP F-B vykazovala experimentální skupina také horší výsledky oproti kontrolní skupině v každém měření, signifikantní rozdíl byl ale pouze v podmínkách SO. Dalším pozorovaným jevem byla větší variabilita ve výkonech probandů experimentální skupiny. To ale neplatilo v parametru TTB v obou směrech.

Nebyla podpořena H2, jelikož ve většině sledovaných parametrech nebyly rozdíly v průměrných hodnotách mužů a žen s DS statisticky významné. Přesto je z výsledků patrné, že ženy s DS dosahovaly oproti mužům s DS lepší průměrné hodnoty ve všech sledovaných parametrech posturální stability kromě exCOP F-B ve stoji UZ a TTB L-R ve stoji SZ a UZ.

V průběhu měření pozice UZ došlo k porušení podmínek tohoto stoje ze strany probandů experimentální skupiny. Hodnoty všech sledovaných parametrů tohoto měření jsou proto zkreslené a výsledky statistické analýzy nejsou signifikantní. Je třeba brát toto měření pouze jako explorační do oblasti posturální stability jedinců s DS.

## 5 Diskuse

### 5.1 Diskuse k provedení studie

#### 5.1.1 Hodnocení posturální stability

K objektivizaci hodnocení posturální stability byla využita tlaková deska MobileMat od firmy Tekscan. Jak píše Bickley et al. (2019), k měření posturální stability jsou obvykle více využívány silové desky. Proto porovnal 21 parametrů z naměřených dat na silové desce AMTI s daty získanými z tlakové desky MobileMat. Chtěl tak prokázat reliabilitu této desky pro posuzování posturální stability. Ve své studii zjistil, že deska MobileMat je reliabilní a validní pro posuzování posturální stability. Brenton-Rule et al. (2012) zkoumali reliabilitu desky MobileMat pro měření posturální stability u seniorů s revmatoidní artritidou. Každý proband byl změřen celkem třikrát ve dvou pozicích klidného stoje s hodinovou pauzou mezi jednotlivými opakováními. Sledovaným parametrem bylo vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Autoři poté vypočítali 95% intervaly spolehlivosti, chybu měření a nejmenší skutečný rozdíl každého měření, které poté korelovali a určovali tak reliabilitu měřícího přístroje. Z výsledků je patrná dobrá až vynikající reliabilita tlakové desky pro posuzování sledovaných parametrů. Autoři dodávají, že díky snadnému použití a možnosti desku přenášet se jedná o vhodný nástroj pro měření posturální stability pro klinické i výzkumné činnosti.

V této diplomové práci bylo z naměřených dat vybráno k porovnávání šest parametrů posturální stability: celková trajektorie COP, vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru, průměrná rychlost pohybu COP a time to boundary v anteroposteriorním a laterolaterálním směru. Safi et al. (2016) uvádí, že vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru a průměrná rychlost pohybu COP jsou považovány za klasické parametry, které charakterizují stabilitu člověka během statického držení těla. Raymakers et al., (2005) zkoumali praktickou využitelnost parametrů celkové trajektorie COP, vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru a průměrnou rychlost COP. Měřeno bylo 114 osob ve věku 21 – 89 let v různých modifikacích stoje (pěnová podložka, zavřené oči, kognitivní úkol). Probandi byli rozděleni do skupin dle věku a zdravotního stavu (zdravá skupina, skupina s neurologickým onemocněním postihující posturální stabilitu). Jako nejcitlivější a nejpresnější parametr posturální stability byla shledána průměrná rychlost COP.



Celková trajektorie COP přímo souvisí s průměrnou rychlostí (a s dobou měření), nabízí tudíž stejné informace. Anteroposteriorní vychýlení COP je méně přesný parametr oproti laterolaterálnímu vychýlení, které se signifikantně lišilo mezi skupinami a podmínkami měření. V této diplomové práci byl nalezen signifikantní rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou ve všech parametrech kromě vychýlení COP v anteroposteriorním směru. Zároveň byly ale hodnoty tohoto parametru shledány jako signifikantně rozdílné v porovnávání žen a mužů v experimentální skupině. Důvodem může být nižší přesnost tohoto parametru, jak vyplývá ze studie Raymakers et al., (2005).

### **5.1.2 Výzkumný soubor**

Do experimentální skupiny bylo zařazeno 26 jedinců s DS a stejný počet jedinců tvořilo kontrolní skupinu. Je důležité zdůraznit obtížnost náboru účastníků s DS (navíc, pokud mají splňovat kritéria výběru). Avšak v porovnání s předchozími studii, které byly na stejné téma publikovány, je počet účastníků v této diplomové práci nadprůměrně vysoký. Ostatní výzkumníci pracovali s výzkumnými soubory o počtu 9 (Gomes a Barela, 2007; Webber et al., 2004), 10 (Biec et al., 2014), 11 (Masso et al., 2013), 12 (Cabeza-Ruiz, 2016), 19 (Cimolin et al., 2010), 27 (Cabeza-Ruiz et al., 2011), či 60 (Galli et al., 2007) dospělých jedinců s DS.

Probandi v experimentální skupině se vyznačovali větší variabilitou v naměřených hodnotách, což se shoduje i s předchozími studii (Cabeza-Ruiz et al., 2011; Masso et al., 2013; Villarroja et al., 2012; Vuillerme et al., 2001). Variabilita ve výkonech značí velkou interindividuální rozdílnost jedinců s DS (Vuillerme et al., 2001). V budoucích výzkumech na toto téma bych proto doporučila detailnější anamnestické a vstupní vyšetření všech participantů, na jehož základě by jedinci s DS mohli být dále rozděleni do subkategorií (např. dle stupně mentální retardace, dle zrakového či sluchového postižení, sportující či nesportující atd.).

### **5.1.3 Průběh měření**

Testování bipedálního stoje probíhalo ve čtyřech různých podmínkách – SO, SZ, UO, UZ. Výsledky studie Safi et al. (2016) dokazují statisticky významný vliv pozice nohou (velikosti opěrné báze) a vyřazení vizuálních informací na výkon posturální stability u zdravé populace. Véle (1997) uvádí, že stoj o úzké bázi se zavřenými očima je dobrým ukazatelem schopnosti posturální stability vzpřímeného stoje. V této práci byla však tato podmínka stoje shledána jako neproveditelná u experimentální skupiny. To se shoduje

s výzkumem Leite et al. (2018), který uvádí, že stoj s úzkou opěrnou bází a otevřenýma očima je nejnáročnější pozice, kterou jsou probandí s DS schopni udržet po dobu 30 s. Během měření UZ probandí s DS opakovaně otevírali oči. Potíže s udržením zavřených očí probandů s DS jsou popsány také ve studiích Gomes a Barela (2007), Cabeza-Ruiz et al. (2011), Cabeza-Ruiz et al. (2016), Masso et al. (2013), Vuillerme et al. (2001). V těchto studiích byla proto využita k vyřazení vizuálních informací černá maska nebo kompletní tma v místnosti.

Každý proband byl testován v každé podmínce stoje pouze jednou. V některých studiích zabývajících se posturální stabilitou jedinců s DS byli probandí měřeni v každé podmínce dvakrát (Villarroya et al., 2012) či třikrát (Guzmán-Munoz et al., 2016; Leite et al., 2018) a ke statistické analýze dat byl použit průměr naměřených hodnot.

Snímání posturální stability každé modifikace stoje trvalo 30 s, což je nejběžnější doba měření (Cimolin et al., 2010; Galli et al., 2007; Guzmán-Munoz et al., 2016; Leite et al., 2018; Masso et al., 2013; Rigoldi et al., 2011; Villarroya et al., 2012; Webber et al., 2004). Biec et al. (2014) a Gomes a Barela (2007) měřili probandy po dobu 20 s, Vuillerme et al. (2001) měřili každý stoj 40 s. V některých studiích (Cabeza-Ruiz et al., 2011; Cabeza-Ruiz et al., 2016; Cimolin et al., 2010; Rigoldi et al., 2011) bylo prvních 10 s záznamu měření vyřazeno, aby se eliminovala přechodná fáze, kdy se měřený subjekt dostává do ustáleného stavu.

V této práci nebyly instrukce sdělované probandům nijak standardizovány. Probandům v kontrolní skupině byla podána instrukce stát co nejklidněji. Probandům v experimentální skupině bylo ale pro jejich mentální deficit nutné vysvětlit instrukce k měření různými alternativními způsoby. Instrukce poskytnuté měřeným subjektům se však ukázaly být důležitým faktorem ovlivňující výsledky posturografického měření, jak vyplývá ze studie Zok et al. (2008). Ti měřili dvě skupiny mladých zdravých jedinců. Jedné skupině byl podán pokyn „Stůjte klidně“ (v původním znění: „*Stand quietly*“), druhá skupina měla „Stát tak klidně, jak je to možné“ (v původním znění: „*Stand as still as possible*“). Porovnáváním průměrné rychlosti COP a vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru dospěli výzkumníci k závěru, že se výkony mezi skupinami signifikantně lišily. Autoři proto navrhli, že instrukce podané měřeným subjektům by měly být standardizovány.

## 5.2 Diskuse k hypotézám

V této práci byly stanoveny dvě hlavní hypotézy týkající se posturální stability dospělých jedinců s DS.

Zhoršená posturální stabilita zvyšuje riziko pádu a omezuje fyzickou aktivitu (Biec et al., 2014). Dřívější publikované studie dochází k závěru, že populace s DS vykazuje horší posturální stabilitu ve srovnání se zdravou populací (Cimolin et al., 2010; Galli et al., 2007; Guzmán-Munoz et al., 2017; Rigoldi et al., 2011; Villarroya et al., 2012; Vuillerme et al., 2001). Důvod tohoto fenoménu je nutné hledat v daných fyziologických zvláštностech, které jsou u DS popsány. Jedinci s DS mají zhoršenou propriocepci způsobenou svalovým hypotonem a hyperlaxitou vazů (Galli et al., 2007). Tyto dva znaky totiž narušují zpětnovazební klíčku nezbytnou pro vnímání polohy těla (Woollacott a Shumway-Cook, 1986) a navíc jsou nevýhodné pro koordinaci svalů potřebných ke stabilizaci kloubů (Leite et al., 2018). Poruchy koordinace u lidí s DS odhalila studie Uyanik et al. (2003), kteří vysvětlují tyto závěry strukturálními změnami mozečku a mozkového kmene. Lidé s DS často vykazují plochonoží (Pau et al., 2012) a obezitu (Usera et al., 2005). Oba aspekty mají negativní dopad na mechanoreceptory chodidel, resp. posturální stabilitu (Bensmaia et al., 2005). Horší posturální stabilita může být vysvětlena i tím, že jedinci s DS nemají kvůli své hypoaktivitě a sedavému způsobu života dostatek příležitostí k získání nových zkušeností v náročnějších posturálních úkolech (Biec et al., 2014; Horvat et al., 2010). Kognitivní porucha provázející tento syndrom ovlivňuje zpracování informací a způsobuje pomalejší rozhodování jedince. Výsledkem je, že jedinci s DS vykazují odlišné reakce na nové úkoly oproti zdravým subjektům (Ulrich et al., 2004).

### 5.2.1 Diskuse k H1

Cílem této diplomové práce bylo porovnat posturální stabilitu dospělých jedinců s Downovým syndromem s kontrolní skupinou zdravých jedinců s využitím tlakové desky MobileMat. H1 zněla: *„Dospělí jedinci s Downovým syndromem vykazují statisticky významně horší posturální stabilitu oproti zdravým dospělým jedincům.“*

Z výsledků statistické analýzy dat je patrné, že hypotéza H1 byla podpořena. Dále budou detailněji diskutovány jednotlivé podhypotézy H1.

H1a (*„Průměrná hodnota celkové trajektorie COP experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.“*) byla podpořena, jelikož skupina

probandů s DS vykazovala signifikantně vyšší průměrné hodnoty parametru LoP COP ve všech čtyřech měřeních. Signifikantní rozdíly mezi skupinou jedinců s DS a skupinou zdravých jedinců v tomto parametru uvádí Villarroya et al. (2012), kteří testovali adolescenty. Cabeza-Ruiz et al. (2016), Cimolin et al. (2010), Galli et al. (2007) a Rigoldi et al. (2011) zaznamenali statisticky významné rozdíly v tomto parametru také u dospělé populace s DS. Naproti tomu, výsledky studie Cabeza-Ruiz et al. (2011) a Webber et al. (2004) neodhalily statisticky významné rozdíly v tomto parametru mezi dospělými jedinci s DS a dospělými zdravými osobami.

H1b („Průměrná hodnota vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.“) byla podpořena pouze v podmínkách stoje SO. V ostatních podmínkách stoje vykazovala experimentální skupina také vyšší průměrné hodnoty exCOP F-B, rozdíly oproti kontrolní skupině však nebyly statisticky významné. Villarroya et al. (2012) zkoumající rozdíly v posturální stabilitě mezi adolescenty s DS a zdravými adolescenty popisují statisticky významně vyšší hodnoty v tomto parametru u experimentální skupiny ve všech testovacích pozicích stoje se širokou opěrnou bází (pevná podložka a otevřené oči, pevná podložka a zavřené oči, pěnová podložka a otevřené oči, pěnová podložka a zavřené oči). Cabeza-Ruiz (2016), Cimolin et al. (2010), Rigoldi et al. (2011) ve svých studiích uvádí signifikantně vyšší hodnoty tohoto parametru u dospělých osob s DS v porovnání se zdravými vrstevníky v pozici stoje se širokou opěrnou bází a otevřenýma, resp. zavřenýma očima. Galli et al. (2007) a Webber et al. (2004) dospěli ve své studii k odlišným závěrům, kdy nebyl odhalen signifikantní rozdíl v tomto parametru mezi dospělými probandy s DS a zdravými probandy ani v jednom měření stoje se širokou opěrnou bází (při otevřených a zavřených očích).

H1c („Průměrná hodnota vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.“) byla podpořena v prvních třech testovaných pozicích stoje. Výsledky statistické analýzy dat z měření pozice UZ však nelze považovat za signifikantní z důvodu porušování podmínek tohoto stoje probandy z experimentální skupiny. Villarroya et al. (2012) našli při porovnávání adolescentů s DS se zdravými vrstevníky statisticky významně vyšší hodnotu vychýlení COP v laterolaterálním směru u experimentální skupiny. Ve výzkumech Cabeza-Ruiz et al. (2016), Cimolin et al. (2010), Galli et al. (2007) a Rigoldi et al. (2011) byly zjištěny signifikantně vyšší hodnoty tohoto parametru u dospělých s DS oproti zdravým

dospělým. Naopak nesignifikantní rozdíl v tomto parametru mezi dospělými jedinci s DS a dospělými zdravými jedinci byl popsán ve studii Webber et al. (2004). Výsledek této diplomové práce se shoduje s výsledky studie Galli et al. (2007), kdy v porovnání se zdravou populací mají signifikantně vyšší průměrné hodnoty dospělí jedinci s DS v parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru, zatímco v anteroposteriorním směru nejsou rozdíly statisticky významné ve všech měřeních. Důvodem může být, že vychýlení COP v anteroposteriorním směru není tak přesný parametr, jako parametr vychýlení COP v laterolaterálním směru (Raymakers et al., 2005). Maki et al., (1994) považují zvýšené vychýlení COP v laterolaterálním směru za prediktor posturální nestability.

H1d („Průměrná hodnota rychlosti pohybu COP experimentální skupiny je statisticky významně vyšší než u kontrolní skupiny.“) byla podpořena v měření stoje SO, SZ a UO. I zde je nutné zmínit, že výsledky statistické analýzy dat ze stoje UZ je třeba brát pouze jako orientační. Leite et al. (2018) považují parametr průměrné rychlosti COP za nejspolehlivější a nejcitlivější k detekci rozdílů v posturální stabilitě různé populace. Villarroya et al. (2012) a Vuillerme et al. (2001) našli signifikantně vyšší hodnoty průměrné rychlosti COP u adolescentů s DS, Guzmán-Munoz et al. (2017) našli statisticky významně vyšší hodnoty tohoto parametru u adolescentů i dospělých jedinců s DS v porovnání se zdravými probandy. Cabeza-Ruiz et al. (2011) a Webber et al. (2004) ze všech sledovaných parametrů – celková trajektorie COP, vychýlení COP v anteroposteriorním a laterolaterálním směru a průměrná rychlost COP – našli statisticky významný rozdíl mezi dospělými jedinci s DS a dospělými jedinci bez DS pouze v průměrné rychlosti COP. Proto považují vysokou rychlost pohybu COP za obecnou charakteristiku jedinců s DS.

H1e („Průměrná hodnota time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální skupiny je statisticky významně nižší než u kontrolní skupiny.“) byla podpořena ve všech čtyřech měřeních.

H1f („Průměrná hodnota time to boundary v laterolaterálním směru experimentální skupiny je statisticky významně nižší než u kontrolní skupiny.“) byla podpořena ve třech podmínkách měření (SO, SZ, UO). Parametr time to boundary závisí na velikosti opěrné báze a na rychlosti pohybu COP. Vypočítává teoretický čas potřebný k tomu, aby COP měřeného subjektu překročilo hranice oporné báze a hrozil by pád (Tekscan, 2016). Tento parametr není běžně využíván k hodnocení posturální stability,

proto není možné diskutovat výsledky diplomové práce s jinými publikovanými výzkumy.

### 5.2.2 Diskuse k H2

Druhým cílem diplomové práce bylo porovnat posturální stabilitu dospělých mužů s Downovým syndromem s dospělými ženami s Downovým syndromem s využitím tlakové desky MobileMat. H2 byla stanovena jako: „*Posturální stabilita dospělých mužů a žen s Downovým syndromem je statisticky významně rozdílná.*“

Výsledky práce nepodporují H2, jelikož z 24 porovnávání průměrných hodnot sledovaných parametrů byly statisticky významné rozdíly mezi pohlavími pouze ve třech – LoP COP ve stoji SO a exCOP F-B ve stoji SO a SZ. Výzkum Leite et al. (2018) porovnávající posturální stabilitu mezi chlapci a děvčaty s DS ve věku od 8 do 12 let také neodhalil statisticky významné rozdíly mezi oběma pohlavími. Vuillerme et al. (2001) porovnávali posturální stabilitu z hlediska pohlaví u adolescentů s DS (průměrný věk 16,8 let). Také tito autoři došli k závěru, že se posturální stabilita jedinců s DS na základě pohlaví signifikantně neliší. Žádná studie zabývající se porovnáváním posturální stability dospělých mužů s DS s dospělými ženami s DS nebyla dodnes publikována.

Přesto je z výsledků patrné, že ženy s DS dosahovaly oproti mužům s DS lepší průměrné hodnoty ve sledovaných parametrech posturální stability, ačkoli tyto rozdíly nebyly statisticky významné. V experimentální skupině nebyly skupiny mužů a žen s DS vyrovnané z hlediska počtu (15 mužů, 11 žen) ani z hlediska průměrného věku (41,9 let muži, 33,7 let ženy). Jak vyplývá z výzkumu Era et al. (2006), rozdíly v posturální stabilitě jsou patrné již při porovnávání osob 30 – 39 let starých se skupinou osob ve věku 40-49 let. Lepší výsledky žen mohou být tedy způsobené faktorem věku, nikoli faktorem pohlaví.

Výsledky publikovaných studií nedochází k jednotnému závěru, co se týče rozdílů v posturální stabilitě mezi muži a ženami zdravé populace. Hageman et al. (1995) testovali posturální stabilitu mužů a žen ve dvou věkových kategoriích (20 – 25 let; 60 – 75 let). Z výsledků této studie je patrné, že pohlaví měřeného subjektu nemělo statisticky významný vliv na hodnoty sledovaných parametrů (průměrná rychlost pohybu COP, celková trajektorie COP). Studie Kim et al. (2012) měla podobný design, jako výše zmiňovaná studie. Mezi posturální stabilitou mladších mužů a žen (18 – 26 let) nebyl nalezen statisticky významný rozdíl, avšak starší ženy měli oproti starším mužům

(65 – 86 let) signifikantně vyšší průměrnou hodnotu průměrné rychlosti pohybu COP a vychýlení COP v laterolaterálním směru (tj. horší posturální stabilitu). Panzer et al. (1995) dospěli k závěru, že ženy (ve věku 21 – 78 let, průměrný věk 54,9 let) mají signifikantně větší laterolaterální vychýlení COP oproti mužům stejného věku. Hodnoty celkové trajektorie COP a anteroposteriorní vychýlení COP se však v závislosti na pohlaví statisticky významně nelišily. Ve studii Blaszczyk et al. (2014) vykazovaly ženy v posturografickém měření signifikantně vyšší rychlost pohybu COP ve srovnání s muži (průměrný věk 21,5 let), což svědčí o jejich horší posturální stabilitě. K odlišným závěrům dospěla rozsáhlá studie Era et al. (2006), ve které byli zdraví jedinci rozděleni do šesti skupin dle věku (30 – 39 let; 40 – 49 let; 50 – 59 let; 60 – 69 let; 70 – 79 let; 80+ let). Ve všech skupinách vykazovali muži oproti ženám statisticky významně vyšší průměrnou rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru a od věku 50 let také statisticky významně vyšší průměrnou rychlost pohybu COP v laterolaterálním směru. Tyto rozdílné závěry studií mohou vycházet z nejednotné metodiky prací.

### 5.3 Limity studie

Limitem této studie je poměrně malý výzkumný soubor a jeho nenáhodný výběr. Jedinci s DS byli vybíráni na základě oslovených zařízení, která byla ochotná se zúčastnit výzkumu. Proto nelze zobecňovat závěry této studie na celou českou populaci dospělých jedinců s DS. V rámci ověřování hypotézy H2, se nepodařilo vyrovnat experimentální skupiny z hlediska počtu a věku. Ve skupině mužů s DS bylo 15 probandů a průměrný věk byl  $41,9 \pm 7,8$  let ve skupině žen bylo 11 subjektů a průměrný věk byl  $33,7 \pm 7,9$  let.

Měření probandů neprobíhala ve standardizovaných podmínkách v jedné místnosti (např. v laboratoři). U experimentální skupiny to bylo způsobeno tím, že osoby s DS zařazené do tohoto experimentu měly omezené možnosti dopravit se na FTVS UK. Většina měření tudíž probíhala v jednotlivých zařízeních v Praze, Hradci Králové a Chotělicích. Sběr dat kontrolní skupiny zdravých jedinců probíhal v době nouzového stavu v České republice. Proto musel být změněn design studie a tito probandi byli testováni v jejich domácnostech. Přesto byla vždy dodržena podmínka tiché a klidné místnosti bez rušivých faktorů, ve které měření probíhalo. Dalším limitem práce jsou nestandardizované instrukce k provedení testované podmínky stoje podané měřeným subjektům.

Do dalších výzkumů bude vhodné zařadit větší počet probandů. Z důvodu velké variability ve výkonech jedinců s DS doporučuji v budoucích studiích volit detailnější kritéria výběru probandů s DS či jejich rozdělení na více skupin dle určitých specifík (např. stupeň mentální retardace, pohybová aktivita). Příští výzkumy by měly využít i jiné metody hodnocení posturální stability. Dále navrhuji prozkoumat možnosti fyzioterapeutické intervence ovlivňující poruchy posturální stability dospělých osob s DS.



## 6 Závěr

V teoretické části práce je shrnuta problematika posturální stability a Downova syndromu. Výsledky zahraničních studií poukazují na horší posturální stabilitu osob s DS oproti zdravé populaci. Zhoršená posturální stabilita osob s DS je nejspíš zapříčiněna kombinací mnoha charakteristických znaků provázejících tento syndrom – svalový hypotonus, hyperlaxita vazů, nadváha až obezita, strukturální změny mozečku a mozkového kmene, mentální retardace. Poruchy stability u těchto jedinců zvyšují riziko pádu a omezují fyzickou aktivitu. Doposud nebyla publikována studie zabývající se zkoumáním rozdílů v posturální stabilitě mezi dospělými muži a ženami s DS.

Cílem této práce bylo porovnat posturální stabilitu jedinců s DS s kontrolní skupinou zdravých jedinců. Druhým cílem bylo porovnat posturální stabilitu dospělých mužů s DS s dospělými ženami s DS. Z naměřených dat získaných během snímání čtyř modifikací bipedálního stoje tlakovou deskou MobileMat bylo statistickou analýzou porovnáváno šest parametrů statické posturální stability. Byla zjištěna signifikantně horší posturální stabilita jedinců experimentální skupiny oproti kontrolní skupině a H1 tak byla podpořena. Naproti tomu se nepodařilo podpořit H2, jelikož mezi většinou průměrných hodnot sledovaných parametrů mužů a žen v experimentální skupině nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Oba výsledky ověřování hypotéz se shodují s předchozími výzkumy na dané téma.

V České republice je posturální stabilita osob s DS naprosto neprobádaným tématem, jelikož žádná česká studie zabývající se touto oblastí dodnes publikována nebyla. Proto je velkým přínosem této práce zejména vnesení tohoto tématu do tuzemska. Zjištěné výsledky se mohou stát základem pro fyzioterapeuty, kteří s lidmi s DS pracují. Závěry této práce by měly být ověřeny dalšími výzkumy, tedy zejména na české populaci. Do nich by bylo vhodné zapojit větší počet účastníků a probandy s DS rozdělit dle různých kritérií do více skupin. Doporučuji využít i jiné metody měření posturální stability. Kromě hodnocení posturální stability je potřeba zaměřit se také na volbu vhodné fyzioterapeutické intervence, která by pozitivně ovlivnila zhoršenou posturální stabilitu dospělých jedinců s DS.

## 7 Seznam použité literatury

- 1) AMBLER, Z. a JERÁBEK, J. *Diferenciální diagnóza závratí*. 2. vyd. Praha: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-127-7.
- 2) *American Association of Intellectual and Developmental Disabilities: AAIDD* [online]. ©2019 [cit. 28.5.2020]. Dostupné z: <https://www.aaidd.org/intellectual-disability/definition>
- 3) BASTLOVÁ, P. a kol. *Výběr klinických testů pro fyzioterapeuty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4640-0.
- 4) BAUM, R. A. et al. Primary Care of Children and Adolescents with Down Syndrome: An Update. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care* [online]. 2008, **38**(8), pg. 241-261 [cit. 20.3.2020]. ISSN 1538-5442. Dostupné z: <http://doi.org/10.1016/j.cppeds.2008.07.001>
- 5) BEDNAŘÍK, J., AMBLER, Z., RŮŽIČKA, E. a kol. *Klinická neurologie část speciální II*. 1. vyd. Praha: Triton, 2010. ISBN 978-80-7387-389-9.
- 6) BENDA, B. J., RILEY, P. O. a KREBS, D. E. Biomechanical relationship between center of gravity and center of pressure during standing. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* [online]. 1994, **2**(1), pg. 3-10 [cit. 10.4.2020]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: [doi.org/10.1109/86.296348](http://doi.org/10.1109/86.296348)
- 7) BENSMAIA, S. J. et al. Vibratory adaptation of cutaneous mechanoreceptive afferents. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2005, **94**(5), pg. 3023-3036 [cit. 18.6.2020]. ISSN 1522-1598. Dostupné z: [doi.org/10.1152/jn.00002.2005](http://doi.org/10.1152/jn.00002.2005)
- 8) BICKLEY, CH. et al. Comparison of simultaneous static standing balance data on a pressure mat and force plate in typical children and in children with cerebral palsy. *Gait & Posture* [online]. 2019, **67**(1), pg. 91-98 [cit. 4.5.2020]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.08.012](http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.08.012)
- 9) BIEC, E. et al. Postural Stability in Young Adults with Down Syndrome in Challenging Conditions. *Plos ONE* [online]. 2014, **9**(4) [cit. 21.5.2020]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: [doi.org/10.1371/journal.pone.0094247](http://doi.org/10.1371/journal.pone.0094247)
- 10) BITTLES, A. H. a GLASSON, E. J. Clinical, social and ethical implications of changing life expectancy in Down syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology* [online]. 2004, **46**(4), pg. 282-286 [cit. 18.6.2020]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8749.2004.tb00483.x>

- 11) BIZOVSKÁ, L a kol. *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017. ISBN 978-80-244-5259-3.
- 12) BLASZCZYK, J. W., BECK, M. a SADOWSKA, D. Assessment of postural stability in young healthy subjects based on directional features of posturographic data: vision and gender effects. *Acta Neurobiologiae experimentalis* [online]. 2014, **74**(4), pg. 433-442 [cit. 30.4.2020]. ISSN 1689-0035. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25576974/>
- 13) BRENTON-RULE, A. et al. Reliability of the TekScan MatScan systém for the measurement postural stability in older people with rheumatoid arthritis. *Journal of Foot and Ankle Research* [online]. 2012, **5**(21) [cit. 4.5.2020]. ISSN 1757-1146. Dostupné z: [doi.org/10.1186/1757-1146-5-21](https://doi.org/10.1186/1757-1146-5-21)
- 14) CABEZA-RUIZ, R. et al. Center of pressure displacements in individuals with Down syndrome during a bipedal position. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2016, **9**(2), pg. 62-66. ISSN 1888-7546. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.ramd.2016.02.002](https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.02.002)
- 15) CABEZA-RUIZ, R. et al. Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait & Posture* [online]. 2011, **33**(1), pg. 23-28 [cit. 23.5.2020]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.014](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.014)
- 16) *Centrum prenatální diagnostiky, s.r.o* [online]. ©2017 [cit. 29.4.2020]. Dostupné z: <http://prenatal.cz/>
- 17) CIMOLIN, V. et al. Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Research in Developmental Disabilities* [online]. 2011, **32**(2), pg. 669-673 [cit. 4.6.2020]. ISSN 0891-4222. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.ridd.2010.11.017](https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.11.017)
- 18) CRÉTUAL, A. Which biomechanical models are currently used in standing posture analysis? *Clinical Neurophysiology* [online]. 2015, **45**(4-5), pg. 285-295 [cit. 4.4.2020]. ISSN 0987-7053. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.neucli.2015.07.004](https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.07.004)
- 19) ČERNÁ, M. a kol. *Česká psychopedie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-3071-7.

- 20) Český statistický úřad. *Pohyb obyvatelstva – rok 2015* [online]. 21.3.2016 [cit. 29.3.2020]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/pohyb-obyvatelstva-4-ctvrtleti-2015>
- 21) DYER, S. et al. Motor Development in Down Syndrome Children: An Analysis of the Motor Scale of the Bayley Scales of Infant Development. *Medicine and Sport Science* [online]. 1990, **30**(1), pg. 7-20, [cit. 20.4.2020]. ISSN 1662-2812. Dostupné z: [doi.org/10.1159/000418576](https://doi.org/10.1159/000418576)
- 22) ENOKA, R. M. *Neuromechanics of Human Movement* [online]. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 2008 [cit. 2.2.2020]. ISBN 978-0-7360-6679-2. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/162499535/neuromechanics-of-human-movement>
- 23) ERA, P. et al. Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology* [online]. 2006, **52**(4), pg. 204-213 [cit. 5.6.2020]. ISSN 1423-0003. Dostupné z: [doi.org/10.1159/000093652](https://doi.org/10.1159/000093652)
- 24) FERGUS, K., 2019. What Is Down Syndrome? In: *Verywell Health* [online]. 23.9.2019 [cit. 1.4.2020]. Dostupné z: <https://www.verywellhealth.com/down-syndrome-overview-1120407>
- 25) FERJENČÍK, J. *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: jak zkoumat lidskou duši*. 1. vyd. Praha: Portál, 2000. ISBN 80-7178-367-6.
- 26) GALLI, M. et al. Postural control in patients with Down syndrome. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2007, **30**(17), pg. 1274-1278 [cit. 23.5.2020]. ISSN 1464-5165. Dostupné z: [doi.org/10.1080/09638280701610353](https://doi.org/10.1080/09638280701610353)
- 27) GOMES, M. M. a BARELA, J. A. Postural Control in Down Syndrome: The Use of Somatosensory and Visual Information to Attenuate Body Sway. *Motor Control* [online]. 2007, **11**(3), pg. 224-234 [cit. 22.5.2020]. ISSN 1543-2696. Dostupné z: [doi.org/10.1123/mcj.11.3.224](https://doi.org/10.1123/mcj.11.3.224)
- 28) GUZMÁN-MUNOZ, E., NAVARRO, L. B. a MIRANDA-DIAZ, S. E. Postural control in children, adolescents and adults with Down syndrome. *International Medical Review on Down Syndrome* [online]. 2017, **21**(1), pg. 12-16 [cit. 22.5.2020]. ISSN 2171-9748. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.sdeng.2016.09.003](https://doi.org/10.1016/j.sdeng.2016.09.003)
- 29) HAGEMAN, P. A., LEIBOWITZ, J. M. a BLANKE, D. Age and gender effects on postural control measures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 1995, **76**(10), pg. 961-965 [cit. 1.6.2020]. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0003-9993\(95\)80075-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(95)80075-1)

- 30) HAUCK, J. L., FELZER-KIM, I. T. a GWIZDALA, K. L. Early Movement Matters: Interplay of Physical Activity and Motor Skill Development in Infants With Down Syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly: APAQ* [online]. 2019, **37**(2), pg. 160-176 [cit. 3.5.2020]. ISSN 1543-2777. Dostupné z: [doi.org/10.1123/apaq.2019-0012](https://doi.org/10.1123/apaq.2019-0012)
- 31) HENDL, J. *Přehled statistických metod a zpracování dat: Analýza a metaanalýza dat*. 2. vyd. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-123-9.
- 32) HORVAT, M., CROCE, R. a ZAGRODNIK, J. Utilization of Sensory Information in Intellectual Disabilities. *Journal of Developmental and Physical Disabilities* [online]. 2010, **22**(5), pg. 463-473 [cit. 21.5.2020]. ISSN 1573-3580. Dostupné z: <http://doi.org/10.1007/s10882-009-9182-4>
- 33) CHÁNOVÁ, M. Prenatální diagnostika vrozeých vývojových vad a jejich řešení. *Diagnostika v ošetrovatelství* [online]. 2014, **10**(1), s. 38-39 [cit. 3.5.2020]. ISSN 1801-1349. Dostupné z: <https://www.safrandetem.cz/wp-content/uploads/diagnoza-v-osetrovatelstvi.pdf>
- 34) CHVÁTALOVÁ, H. *Jak se žije dětem s postižením po deseti letech*. 1. vyd. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0086-4.
- 35) JANURA, M. *Biomechanika II* [online]. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2011 [cit. 5.2.2020]. ISBN 978-80-7464-044-5. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/fsp/podzim2018/np2503/um/biom\\_janura.pdf](https://is.muni.cz/el/fsp/podzim2018/np2503/um/biom_janura.pdf)
- 36) JOBLING, A., VIRJI-BABUL, N. a NICHOLS, D. Children with Down Syndrome: Discovering the Joy of Movement. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance* [online]. 2006, **77**(6), pg. 34-54 [cit. 21.6.2020]. ISSN 2168-3816. Dostupné z: [doi.org/10.1080/07303084.2006.10597892](https://doi.org/10.1080/07303084.2006.10597892)
- 37) JOHNSON, J. *Postural assessment*. 1st ed. Leeds: Human Kinetics, 2012. ISBN 1-4504-0096-5.
- 38) KIM, J. et al. Effects of vision, age and gender on structural and global posturographic features during quiet standing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* [online]. 2012, **13**(1), pg. 969-975 [cit. 2.6.2020]. ISSN 2005-4602. Dostupné z: [doi.org/10.1007/s12541-012-0126-z](https://doi.org/10.1007/s12541-012-0126-z)
- 39) KIM, J. et al. Sex differences in the postural sway characteristics of young and elderly subjects during quiet natural standing. *Geriatrics & Gerontology International* [online]. 2010, **10**(2), pg. 191-198 [cit. 3.6.2020]. ISSN 1447-0594. Dostupné z: [doi.org/10.1111/j.1447-0594.2009.00582.x](https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2009.00582.x)

- 40) KOLÁŘ, P. a kol. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 41) KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 3. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-618-2.
- 42) LAFOND, D, DUARTE, M. a PRINCE, F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of Biomechanics* [online]. 2004, **37**(9), pg. 1421-1426 [cit. 4.4.2020]. ISSN 0021-9290. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0021-9290\(03\)00251-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(03)00251-3)
- 43) LAŠTŮVKOVÁ, J. a kol. Spektrum diagnóz na oddělení lékařské genetiky. *Vox Paediatricae: časopis praktických lékařů pro děti a dorost* [online]. 2012, **12**(7), s. 26-27 [cit. 6.5.2020]. Dostupné z: [https://www.detskylekar.cz/files/show-node-file?attachment\\_id=6676&node\\_id=18191](https://www.detskylekar.cz/files/show-node-file?attachment_id=6676&node_id=18191)
- 44) LAUTESLAGER, P. E. M., VERMEER, A. a HELDERS, P. J. M. Disturbances in the Motor Behaviour of Children with Down's Syndrome: The need for a theoretical framework. *Physiotherapy* [online]. 1998, **84**(1), pg. 5-13 [cit. 14.3.2020]. ISSN 0031-9406. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0031-9406\(05\)65896-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9406(05)65896-8)
- 45) LEITE, J. C. et al. Evaluation of postural control in children and adolescents with down syndrome aged eight to twelve years old. *Journal of Human Growth and Development* [online]. 2018, **28**(1), pg. 50-57 [cit. 20.5.2020]. ISSN 2175-3598. Dostupné z: [doi.org/10.7322/jhgd.127335](https://doi.org/10.7322/jhgd.127335)
- 46) LESHIN, L. Musculoskeletal Disorders in Down Syndrome. In: *Down Syndrome: Health Issues* [online]. ©2003 [cit. 2.3.2020]. Dostupné z: <http://www.ds-health.com/ortho.htm>
- 47) LOBO, M. A. et al. Grounding Early Intervention: Physical Therapy Cannot Just Be About Motor Skills Anymore. *Physical Therapy* [online]. 2013, **93**(1), pg. 94-103 [cit. 1.4.2020]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: [doi.org/10.2522/ptj.20120158](https://doi.org/10.2522/ptj.20120158)
- 48) MAKI, B. E., HOLLIDAY, P. J. a TOPPER, A. K. A Prospective Study of Postural Balance and Risk of Falling in An Ambulatory and Independent Elderly Population. *Journal of Gerontology* [online]. 1994, **49**(2), pg. 72-84 [cit. 30.4.2020]. ISSN 0022-1422. Dostupné z: [doi.org/10.1093/geronj/49.2.M72](https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.M72)
- 49) MANCINI, M. a HORAK, F. B. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and*

- Rehabilitation* [online]. 2010, **46**(2), pg. 239-248 [cit. 2.5.2020]. ISSN 1973-9095. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20485226/>
- 50) MASSO, N. et al. Analysis of Centre of Pressure in Standing Position in Young Down Syndrome. *Journal of Sport Sciences* [online]. 2013, **24**(2), pg. 178-181 [cit. 19.6.2020]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/258773753>
- 51) MAUDSLEY-BARTON, S. et al. A new process to measure postural sway using a Kinect depth camera during a Sensory Organisation Test. *PLoS ONE* [online]. 2020, **15**(2) [cit. 10.4.2020]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: [doi.org/10.1371/journal.pone.0227485](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227485)
- 52) MEMBERS OF THE BRITISH BOBATH TUTORS ASSOCIATION. *Bobath Concept: Theory and Clinical Practice in Neurological Rehabilitation* [online]. 1st ed. Chichester: Blackwell Publishing Ltd., 2009 [cit. 10.3.2020]. ISBN 978-1-4051-7041-3. Dostupné z: <https://alraziuni.edu.ye/uploads/pdf/book1/natural%20therapy/Bobath%20Concept%20-%20Theory%20Clinical%20Practice%20in%20Neurological%20Rehabilitation-1.pdf>
- 53) MÍKOVÁ, M. *Klinická a přístrojová diagnostika v rehabilitaci* [online]. Olomouc: 20.3.2007, [cit. 3.2.2020]. Dostupné z [http://krtvl.upol.cz/prilohy/101\\_1174427151.pdf](http://krtvl.upol.cz/prilohy/101_1174427151.pdf)
- 54) MORASSO, P. G., SPADA, G. a CAPRA, R. Computing the COM from the COP in postural sway movements. *Human Movement Science* [online]. 1999, **18**(6), pg. 759-767 [cit. 7.4.2020]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0167-9457\(99\)00039-1](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(99)00039-1)
- 55) OPAVSKÝ, J. *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. ISBN 80-244-0625-X.
- 56) PANZER, V. P., BANDINELLI, S. a HALLETT, M. Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 1995, **76**(2), pg. 151-157 [cit. 1.6.2020]. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [doi.org/10.1016/s0003-9993\(95\)80024-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(95)80024-7)
- 57) PAU, M., et al. Foot-ground interaction during upright standing in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities* [online]. 2012, **33**(6),

- pg. 1881-1887 [cit. 23.5.2020]. ISSN 0891-4222. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.ridd.2012.05.018](https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.05.018)
- 58) PIPEKOVÁ, J. a kol. *Kapitoly ze speciální pedagogiky*. 3. vyd. Brno: Paido, 2010. ISBN 978-80-7315-198-0.
- 59) POLÁK, P., LOUCKÝ, J. a TOMEK, V. *Prenatální diagnostika vrozených vývojových vad*. 1. vyd. Praha: Maxdorf, 2017. ISBN 978-80-7345-499-9.
- 60) PUESCHEL, S. M. *Downův syndrom pro lepší budoucnost*. 1. vyd. Z amerického originálu přeložila D. MADĚROVÁ. Praha: TECH-MARKET, 1997. ISBN 80-86114-15-5.
- 61) RAYMAKERS, J. A., SAMSON, M. M. a VERHAAR, H. J. J. The assessment of body sway and the choice of stability parameter(s). *Gait & Posture* [online]. 2005, **21**(1), pg. 48-58 [cit. 28.4.2020]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.gaitpost.2003.11.006](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2003.11.006)
- 62) RIGOLDI, CH. et al. Postural control in children, teenagers and adults with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities* [online]. 2011, **32**(1), pg. 170-175 [cit. 20.5.2020]. ISSN 0891-4222. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.09.007>
- 63) ROIZEN, N. J. a PATTERSON, D. Down's Syndrome. *Lancet* [online]. 2003, **361**(9365), pg. 1281-1289 [cit. 10.6.2020]. ISSN 0140-6736. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)12987-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12987-X)
- 64) RONDAL, J. A. a RASORE-QUARTINO, A. *Therapies and rehabilitation in Down Syndrome* [online]. 1st ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2007 [cit. 1.6.2020]. ISBN 978-0-470-06006-3. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=2Ouu5YE6Q3UC&printsec=frontcover&hl=c&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=2Ouu5YE6Q3UC&printsec=frontcover&hl=c&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- 65) SAFI, K. et al. Human static postures analysis using empirical mode decomposition. *Institut of Electrical and Electronics Engineers* [online]. 2016, **38**(1), pg. 3765-3768 [cit. 5.6.2020]. ISSN 1558-4615. Dostupné z: [doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591547](https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591547)
- 66) SELIKOWITZ, M. *Downův syndrom*. 1. vyd. Z amerického originálu přeložila D. TOMKOVÁ. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7178-973-9.
- 67) SHUMWAY-COOK A. a WOOLLACOTT, M. H. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 3th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. ISBN 978-0-7817-6691-3.



- 68) SOUKUP, P. *P a D (statistická a věcná významnost a jejich praktické užívání v českých sociálních vědách)*. Praha, 2017. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze. Fakulta sociálních věd.
- 69) SVOBODA, M., KREJČÍŘOVÁ, D. a VÁGNEROVÁ, M. *Psychodiagnostika dětí a dospívajících*. 3. vyd. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0899-0.
- 70) ŠKVOR, J. a PRŮHOVÁ, Š. *Základy klinické genetiky pro pediatrickou praxi*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta a. s., 2014. ISBN 978-80-204-3413-5.
- 71) ŠMARDA, J. Downův syndrom – jeho obraz z lékařského hlediska. *Speciální pedagogika*. 2013, **23**(4), s. 306-317. ISSN 1211-2720.
- 72) ŠUSTROVÁ, M. a kol. *Diagnóza: Downov syndróm*. Bratislava: Perfekt, a. s., 2004. ISBN 978-80-972251-0-0.
- 73) TEKSCAN. *SPORTSAT 2.0X: User Manual (Rev D)* [disk]. South Boston: Tekscan, 2.3.2016.
- 74) TEKSCAN. MobileMat. In: *tekscan.com* [online]. South Boston: Tekscan, 2017 [cit. 2.5.2020]. Dostupné z: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/mobilemat>
- 75) TESAŘOVÁ, Z. *Posturální stabilita dětí školního věku*. Praha, 2015. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- 76) ULRICH, B, D. et al. Modeling dynamic resource utilization in populations with unique constraints: Preadolescents with and without Down syndrome. *Human Movement Science* [online]. 2004, **23**(2), pg. 133-156 [17.6.2020]. ISSN 0167-9457. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.humov.2004.06.002](https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.06.002)
- 77) UNIFY ČR. Fyzioterapie u metabolických onemocnění skeletu – osteoporóza: Přílohy. In: *unify-cr.cz* [online]. 10.9.2015 [cit. 5.5.2020]. Dostupné z: <http://www.unify-cr.cz/obrazky-soubory/4-1-2-1-rtf-e8e63.pdf?redir>
- 78) USERA, P. C., FOLEY, J. a YUN, J. Cross-Validation of Field-Based Assessments of Body Composition for Individuals With Down Syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly: APAQ* [online]. 2005, **22**(2), pg. 198-206 [cit. 29.5.2020]. ISSN 1543-2777. Dostupné z: [doi.org/10.1123/apaq.22.2.198](https://doi.org/10.1123/apaq.22.2.198)
- 79) ÚSTAV ZDRAVOTNICKÝCH INFORMACÍ A STATISTIKY ČR (ÚZIS ČR). *Vrozené vady u narozených v roce 2015* [online]. Praha: ÚZIS ČR, 2018 [cit. 11.6.2020]. ISBN 978-80-7472-174-8. Dostupné z: [https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/vrozvna\\_2015.pdf](https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/vrozvna_2015.pdf)

- 80) UYANIK, M, BUMIN, G. a KAYIHAN, H. Comparison of different therapy approaches in children with Down syndrome. *Pediatrics International* [online]. 2003, **45**(1), pg. 68-73 [cit. 20.5.2020]. ISSN 1442-200X. Dostupné z: <http://doi.org/10.1046/j.1442-200x.2003.01670.x>
- 81) VALENTA, M., MICHALÍK, J. a LEČBYCH, M. *Mentální postižení v pedagogickém, psychologickém a sociálně-právním kontextu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3829-1.
- 82) VAŘEKA, I. a VAŘEKOVÁ, R. *Kineziologie nohy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2432-3.
- 83) VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995. ISBN 80-7184-100-5.
- 84) VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.
- 85) VÉLE, F. *Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyzologie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2012. ISBN 978-80-7387-608-1.
- 86) VILLARROYA, M. A. et al. Static standing balance in adolescents with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities* [online]. 2012, **33**(4), pg. 1294-1300 [cit. 20.6.2020]. ISSN 0891-4222. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.017](http://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.017)
- 87) VUILLERME, N., MARIN, L. a DEBU, B. Assessment of Static Postural Control in Teenagers with Down Syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly: APAQ* [online]. 2001, **18**(4), pg. 417-433 [cit. 20.6.2020]. ISSN 1543-2777. Dostupné z: [doi.org/10.1123/apaq.18.4.417](http://doi.org/10.1123/apaq.18.4.417)
- 88) WATKINS, J. *Structure and Function of the Musculoskeletal System* [online]. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics, 2010 [cit. 2.2.2020]. ISBN 978-1-4925-9595-3. Dostupné z: <https://www.humankineticslibrary.com/encyclopedia?docid=b-9781492595953>
- 89) WEBBER, A. et al. Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. *Experimental Brain Research* [online]. 2004, **155**(4), pg. 450-458 [cit. 22.5.2020]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: [doi.org/10.1007/s00221-003-1743-7](http://doi.org/10.1007/s00221-003-1743-7)
- 90) WHO. *Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů: MKN-10: desátá revize* [online]. Praha: Bomton Agency, ©2018. Aktualizace k 10.3.2020 [cit. 30.3.2020]. Dostupné z: <https://old.uzis.cz/cz/mkn/F70-F79.html>

- 91) WINDERS, P. C. *Rozvoj hrubé motoriky u dětí s Downovým syndromem*. 1. vyd. Z amerického originálu přeložil A. MIKEŠ. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7394-168-0.
- 92) WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* [online]. 1995, **3**(4), pg. 193-214 [cit. 1.11.2019]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: [doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- 93) WOOLLACOTT, M. H. a SHUMWAY-COOK, A. The Development of the Postural and Voluntary Motor Control Systems in Down Syndrome Children. *Advances in Psychology* [online]. 1986, **31**(1), pg. 45-71 [cit. 16.5.2020]. ISSN 0166-4115. Dostupné z: [doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61157-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61157-7)
- 94) YEUNG, L. F. et al. Evaluation of the Microsoft Kinect as a clinical assessment tool of body sway. *Gait & Posture* [online]. 2014, **40**(4), pg. 532-538 [cit. 4.4.2020]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.012)
- 95) Yin Cheng Gong Fa Association North American Headquarters: YCGF-NAH [online]. ©2000 [cit. 5.2.2020] Dostupné z: [http://www.ycgf.org/ShuaiJiao/Principles/images/Fig20\\_Principle1.jpg](http://www.ycgf.org/ShuaiJiao/Principles/images/Fig20_Principle1.jpg)
- 96) ZOK, M., MAZZA, C. a CAPPOZZO, A. Should the instructions issued to the subjects in traditional static posturography be standardised? *Medical Engineering & Physics* [online]. 2008, **30**(7), pg. 913-916 [cit. 15.6.2020]. ISSN 1350-4533. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18243033/>
- 97) ŽIŽKA, J. *Diagnostika syndromů a malformací*. 1. vyd. Praha: Galén, 1994. ISBN 80-85824-04-3.

## **8 Seznam příloh**

Příloha 1 – Souhlas Etické komise UK FTVS

Příloha 2 – Text informovaného souhlasu

Příloha 3 – Seznam obrázků

Příloha 4 – Seznam tabulek

Příloha 5 – Seznam grafů



## Text informovaného souhlasu

### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce s názvem „Posturální stabilita dospělých jedinců s Downovým syndromem“ prováděné na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

Cílem této diplomové práce je zmapovat posturální stabilitu dospělých jedinců s Downovým syndromem a porovnat výsledky měření ve vztahu k pohlaví jedinců.

Měření stability bude probíhat neinvazivním způsobem na desce MobileMat. Vyšetření je jednorázové a bude trvat asi 10 minut. Bezpečnost probandů v průběhu měření bude zajišťovat hlavní řešitel diplomové práce. Měření bude bezbolestné, bezpečné a bude probíhat standardním vyšetřovacím způsobem a se standardním zajištěním bezpečnosti. V laboratoři, kde bude měření probíhat, budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu tak, aby nehrozilo riziko úrazu. Rizika výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Do výzkumu nebudou zařazeni jedinci, kteří v nedávné době prodělali úraz či operaci a osoby se závažným interním onemocněním. Probandi budou vybráni hlavním řešitelem na základě dobrovolnosti.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci v studentském informačním systému (SIS), nebo na e-mail adrese: marielezikova@atlas.cz

Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána. Anonymizace osobních dat bude provedena do jednoho dne po testování.

Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované údaje budou bezpečně uchovány v heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru. Neanonymizované fotografie budou po ukončení výzkumu smazány.

Jméno předkladatele a hlavního řešitele projektu:

Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s prezentováním a uveřejněním výsledků vyšetření ve výše uvedené diplomové práci, a že mi osoba, která provedla poučení, osobně vše podrobně vysvětlila, a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace, zeptat se na vše podstatné a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout prezentování a uveřejnění výsledků vyšetření a průběhu terapie v diplomové práci nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně zasláním Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat řešitele.

Místo, datum:

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis .....

Jméno a příjmení opatrovníka ..... Podpis .....

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Opěrná plocha (Tesařová, 2015).....	14
Obrázek 2 - Opěrná báze (Tesařová, 2015) .....	14
Obrázek 3 - Umístění COM v různých pozicích (Janura, 2011) .....	15
Obrázek 4 - Projekce COG v různých pozicích (YCGF-NAH, 2000) .....	15
Obrázek 5 - Výskyt Downova syndromu v závislosti na věku matky (Selikowitz, 2005) .....	22
Obrázek 6 - Karyotyp jedince s Downovým syndromem (Škvor a Průhová, 2014) .....	22
Obrázek 7 - Milníky ve vývoji hrubé motoriky u dětí s Downovým syndromem (Winders, 2009) .....	29

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Deskriptivní statistika výzkumného souboru .....	42
Tabulka 2 – Průměrné hodnoty a SD sledovaných parametrů posturální stability experimentální a kontrolní skupiny .....	47
Tabulka 3 - Deskriptivní statistika parametru celkové trajektorie COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření .....	48
Tabulka 4 - Výsledky statistického porovnání parametru celkové trajektorie COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	49
Tabulka 5 - Deskriptivní statistika parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	50
Tabulka 6 - Výsledky statistického porovnání parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření .....	51
Tabulka 7 - Deskriptivní statistika parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	52
Tabulka 8 - Výsledky statistického porovnání parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření .....	54
Tabulka 9 - Deskriptivní statistika parametru průměrné rychlosti pohybu COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	54
Tabulka 10 - Výsledky statistického porovnání parametru průměrné rychlosti pohybu COP experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	56
Tabulka 11 - Deskriptivní statistika parametru time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	56
Tabulka 12 - Výsledky statistického porovnání parametru time to boundary v anteroposteriorním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření .....	57
Tabulka 13 - Deskriptivní statistika parametru time to boundary v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření.....	58
Tabulka 14 - Výsledky statistického porovnání parametru time to boundary v laterolaterálním směru experimentální a kontrolní skupiny ze všech měření .....	60
Tabulka 15 - Průměrné hodnoty a SD sledovaných parametrů posturální stability mužů a žen experimentální skupiny .....	61
Tabulka 16 - Výsledky statistického porovnání parametrů posturální stability mužů a žen s DS.....	62



## Seznam grafů

Graf 1 - Zobrazení parametru celkové trajektorie COP ze všech měření.....	49
Graf 2 - Zobrazení parametru vychýlení COP v anteroposteriorním směru ze všech měření .....	51
Graf 3 - Zobrazení parametru vychýlení COP v laterolaterálním směru ze všech měření .....	53
Graf 4 - Zobrazení parametru průměrné rychlosti pohybu COP ze všech měření .....	55
Graf 5 - Zobrazení parametru time to boundary v anteroposteriorním směru ze všech měření .....	57
Graf 6 - Zobrazení parametru time to boundary v laterolaterálním směru ze všech měření .....	59