

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**VLIV SKOLIÓZY NA ROVNOVÁHU PACIENTA**

Diplomová práce

Autor: Bc. Filip Lukeš

Vedoucí práce: Mgr. Martina Šlachtová, Ph.D.

Olomouc 2019

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Filip Lukeš

**Název diplomové práce:** Vliv skoliózy na rovnováhu pacienta

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

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Martina Šlachtová, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2019

**Abstrakt:**

Vzhledem ke skutečnosti, že je etiopatogeneze idiopatické skoliózy často spojována s abnormalitami ve vizuální, vestibulární, propioceptivní složce rovnováhy nebo posturální kontrole těla, byl proveden tento výzkum hodnotící rovnováhu jedinců se skoliózou.

Výzkumné studie se zúčastnilo celkem 22 jedinců se skoliózou, kteří pravidelně docházejí do skoliotické poradny Proteor v Olomouci. U těchto probandů byla testována rovnováha pomocí balanční plošiny Gym Top USB Professional. V rámci diagnostiky rovnováhy se jednotliví probandi snažili o udržení korigovaného stoje na balanční pomůcce. Tento test byl proveden nejdříve s přítomností vizuální zpětné vazby a následně bez této vizuální zpětné vazby. Z výsledků výzkumné studie vyplývá, že u jedinců se skoliózou není porucha rovnováhy významně závislá na velikosti skoliotické křivky a na testování s vizuální a bez vizuální zpětné vazby.

**Klíčová slova:** skolióza, rovnováha, Gym Top USB Professional, rehabilitace

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Filip Lukeš, BSc.

**Title of the magister thesis:** Effect of scoliosis on patient balance

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

**Supervisor:** Martina Šlachtová, MSc., Ph.D.

**The year of the presentation:** 2019

**Abstract:**

Due to the fact that the etiopathogenesis of idiopathic scoliosis is often associated with abnormalities in the visual, vestibular, proprioceptive balance components or postural body control, research was conducted to evaluate the balance of individuals with scoliosis.

A total of 22 individuals with scoliosis who participated in the research study, regularly come to the Proteor scoliotic clinic in the Olomouc. The balance of these probands was tested with the Gym Top USB Professional balancing platform. The probands try to keep the corrected standing on the balancing platform as part balance diagnostics. This test was performed first with the presence of visual feedback and subsequently without this visual feedback. The balance of scoliotics individuals with scoliosis is not significantly dependent on the severity of the scoliotic curve and on testing with visual and without visual feedback.

**Keywords:** scoliosis, balance, Gym Top USB Professional, rehabilitation

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Marty Šlachtové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 14. 5. 2019

Bc. Filip Lukeš

Děkuji Mgr. Martině Šlachtové, Ph.D. za ochotu, pomoc, podporu, cenné rady, vstřícnost a odborné vedení, které mi poskytla při zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji všem zúčastněným probandům, kteří se na tomto výzkumu podíleli.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	7
2	PŘEHLED POZNATKŮ.....	8
2.1	Definice a popis skoliózy .....	8
2.2	Postura .....	9
2.2.1	Posturální stabilita .....	9
2.2.2	Posturální stabilizace.....	9
2.2.3	Posturální reaktibilita .....	10
2.3	Posturální ontogeneze .....	10
2.4	Vliv skoliózy na rovnováhu pacienta.....	13
2.4.1	Poruchy propriocepce a posturální nestabilita .....	15
2.4.2	Porucha přenosu somatosenzorických informací na úrovni vestibulárního aparátu a cerebella.....	18
2.4.3	Porucha motorické kontroly .....	20
2.5	Vyšetření posturální stability .....	20
2.6	Gym Top USB Professional .....	21
3	CÍLE PRÁCE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	24
3.1	Cíl práce .....	24
3.2	Výzkumné otázky.....	24
4	METODIKA .....	26
4.1	Charakteristika výzkumného souboru .....	26
4.2	Standardní podmínky měření.....	26
4.3	Sledované parametry a proměnné, metody získání dat .....	27
4.3.1	Anamnestické údaje .....	27
4.3.2	Kineziologický rozbor.....	27
4.3.3	Gym Top USB Professional .....	27
4.3.4	Statistické zpracování dat.....	28
5	VÝSLEDKY .....	30
6	DISKUZE .....	46
7	ZÁVĚR.....	54
8	SOUHRN .....	55
9	SUMMARY.....	56
10	REFERENČNÍ SEZNAM .....	57
11	PŘÍLOHY .....	63

## 1 ÚVOD

Skoliózou nazýváme zakřivení páteře v rovině frontální, sagitální, ale i transverzální, spojené s rotací obratlů, během níž dochází také k rotaci žeber, pánve, chybnému postavení lopatek a svalovým dysbalancím. Nejčastějším typem skoliózy je skolióza idiopatická, což znamená, že důvod jejího vzniku není dosud objasněn. Skolióza se vyskytuje asi u 2 - 3 % populace, přičemž idiopatická skolióza má v celkovém množství skolióz asi 65% zastoupení. Častěji jsou postiženy dívky než chlapci, a to v poměru až 6:1. Jedná se proto o poměrně častou vadu páteře.

Etiopatogeneze idiopatické skoliózy není stále zcela známá. Existuje však řada teorií, jež popisují možný vliv různých biomechanických, neurologických, hormonálních, metabolických, ale i vnitřních a zevních faktorů či dědičnosti na vznik skoliózy.

Vzhledem k tomu, že hned několik autorů popisuje významné poruchy rovnováhy u skoliotických pacientů, byl proveden tento výzkum hodnotící vliv skoliotické křivky na rovnováhu jedinců během korigovaného stoje na balanční plošině Gym Top USB Professional. Rovnováha jedinců se skoliózou je narušena hned několika změnami na různých úrovních řízení. Mezi ně patří změna sensorického vstupu, integrace tohoto vstupu na centrální úrovni, změna zpracování a vyhodnocení tohoto vstupu a motorická odpověď na tuto informaci.

Teoretická část práce poskytuje informace v rámci posturálních funkcí, vzniku a spolupodílejících se faktorech etiopatogeneze skoliózy. Výzkumná část zaznamenává a vyhodnocuje jednotlivé měřené parametry týkající se posturálních schopností jedinců se skoliózou. K měření byla využita balanční pomůcka Gym Top USB Professional, která se využívá především v rámci senzomotorického tréninku, avšak lze využít i k diagnostice rovnováhy.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Definice a popis skoliózy

Skoliózu lze charakterizovat jako trojrozměrnou deformitu páteře, při které dochází k posunu obratlů v rovině frontální, ale i k odchýlkám v rovině sagitální, označovaným jako hyperkyfóza či hypokyfóza a v rovině transverzální, jež je spojena s rotací a torzí obratlů (Blaha, 2005; Krbec, 2008). Gallo (2011) popisuje skoliózu jako patologické zakřivení páteře ve frontální rovině. Součástí každé závažné deformity však bývá také porucha zakřivení v sagitální a transverzální rovině, a proto jde o trojdimenzionální deformitu páteře. Deformita ve frontální rovině může být podle závažnosti jednoduchá, dvojitá a v některých případech i trojitá.

S určitým zakřivením páteře se setkáme téměř u každého člověka, a to nejčastěji mezi obratli Th3 až Th5. Společnost pro výzkum skoliózy proto diagnózu skoliózy přisuzuje křivkám s vybočením 11 a více stupňů dle Cobba. Může se objevit v jakémkoliv věku, nejvíce však postihuje adolescenty a dospívající populaci. Incidence skoliózy u dospělých se pohybuje mezi 3 - 5 % s největší deformitou v oblasti hrudní a bederní části páteře. Nejčastějším typem skoliózy je skolióza idiopatická, což znamená, že původ jejího vzniku není dosud objasněn a zaujímá asi 65 % všech osob se skoliózou. Se skoliózou páteře se můžeme setkat v i rámci neurologických poruch nebo u jiných onemocnění pohybového aparátu (Blaha, 2005; Bowden, 2010). Z informací o incidenci vyplývá, že častěji jsou postiženy dívky než chlapci, a to v poměru až 6:1 (Blaha, 2005).

Obratle skoliotické páteře jsou spirálovitě otočeny jeden proti druhému, trn jednoho obratle je pak spirálovitě vytočen vůči druhému ve směru konkávní části páteře. Skolióza ovlivňuje mimo jiné také i další segmenty lidského těla, nastavení trupu, končetin i hlavy. Patrné jsou změny na žebrech pacienta, které se týkají jejich průběhu i tvaru. Na konkávní straně páteře dochází ke stačení žeber k sobě, naopak na straně konvexní vzniká tzv. gibbus, neboli hrb. Gibbus vzniká zvětšením prostoru žeber. Na vybočené straně hrudníku je patrný kraniální a laterální posun lopatky, jež je rovněž uložena výše, než na straně opačné. Na konkávní straně páteře je výše postavena crista iliaca než na opačné straně. Toto charakteristické postavení pánve u nemocných se skoliózou vyvolává pocit zkrácení dolní končetiny na konkávní straně páteře. Skolióza bývá u nemocných často spojena se zakřivením páteře také v sagitální rovině. U skoliózy s kyfotickou složkou mluvíme jako o kyfoskolióze, s lordotickou složkou jako lordoskolióze (Kolář, 2010; Blaha, 2005). U těžších stupňů skolióz lze najít patologické změny na plicích, cévách, srdci nebo může docházet ke kompresi míchy (Koudela, 2004).



## **2.2 Postura**

Někteří z autorů se v souvislosti s posturou omezují pouze na rovnovážné funkce, jiní pouze na vyšetření stoje či sedu. Tento pojem je však mnohem širší. Posturu lze chápat jako aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil, zejména síle tíhové. Postura však není synonymem ke vzpřímenému stoju nebo sedu, nýbrž je součástí jakékoliv polohy a každého pohybu. Postura je základní podmínkou pohybu, toto tvrzení však neplatí naopak. V rámci hodnocení posturální funkce rozlišujeme pojmy: posturální stabilita, posturální stabilizace a posturální reaktivita (Kolář, 2009). Spojujícím bodem mezi posturou a pohybem je atituda, která je dle Véleho (1997) popisována jako zaujetí cílově zaměřené polohy, po které následuje vlastní pohyb. Vařeka (2002) popisuje atitudu obdobně jako posturu nastavenou tak, aby bylo možné vykonat naplánovaný pohyb.

### **2.2.1 Posturální stabilita**

Posturální stabilitu definuje Vařeka (2002) jako schopnost organismu zajistit vzpřímené držení těla a vhodným způsobem reagovat na změny působení zevních i vnitřních sil tak, aby nedošlo k neřízenému pádu. Nejde však o jednorázové zaujetí stálé polohy, ale o kontinuální zaujímání stálé polohy. Stabilita je ovlivněna biomechanickými, ale i neurofyziologickými faktory. Základní podmínkou stability ve statické poloze je skutečnost, že se těžiště musí v každém okamžiku promítat do opěrné báze, což je celá plocha ohraničená nejvzdálenějšími hranicemi plochy nebo ploch opory. Během lokomoce vektory tíhové síly, ale i setrvačnosti, třecí síly, reakční síly atd., nemusí směřovat do opěrné báze, ale musí tam směřovat výslednice zevních sil. Jestliže se při statické zátěži nepromítá vektor tíhové síly do opěrné báze, je tato zásada porušena a v takovém případě musí být trvalý otáčivý moment zajišťován svaly a ligamenty nebo musí být pro udržení rovnováhy vyvinuta značná svalová síla. Nerovnovážný stoj koriguje nejdříve vyšší svalová aktivita se současnou hypertonií příslušného svalstva, poté bolest a následně vznikající deformity (Kolář, 2009).

Autoři Horak a Macpherson (1996) zdůrazňují, že od posturální stability je potřeba odlišit posturální orientaci, jež je popsána jako schopnost udržovat optimální nastavení mezi tělesnými segmenty a tělem a prostředím pro daný úkol.

### **2.2.2 Posturální stabilizace**

Posturální stabilizaci definujeme jako aktivní, svalové držení segmentů proti působení zevních sil řízené centrálním nervovým systémem. Pomocí svalové aktivity jsou zpevňovány jednotlivé segmenty zajišťující držení těla proti působení zevních sil,

např. tíhové. Během stoje či sedu, respektive při všech statických situacích je zajištěna relativní tuhost skloubení koordinovaná aktivitou agonistů a antagonistů, jež umožňuje v dané poloze vzdorovat gravitační síle. Bez koordinované aktivity svalů by se naše kostra zhroutila. Posturální stabilizace nepůsobí pouze proti gravitační síle, ale je součástí všech pohybů, a to i těch izolovaných (Kolář, 2009). Véle (2006) rozeznává 2 typy stabilizace, a to: pružnou vnitřní, segmentovou stabilizaci řízenou krátkými a hluboko uloženými stabilizačními svaly a vnější, sektorovou stabilizaci, jež je řízena povrchověji uloženými a delšími svaly.

### **2.2.3 Posturální reaktivita**

Dle Koláře (2009) je reakční stabilizační funkce generována při každém pohybu segmentů těla, jež je náročný na silové působení. Podstatou této reakční stabilizační funkce je zpevnění jednotlivých segmentů pro vytvoření stabilního *punctum fixum*, což znamená, že jedna z úponových částí je zpevněna proto, aby druhá mohla provádět pohyb v daném kloubu (*punctum mobile*). Žádný pohyb není možné provést bez úponové stabilizace svalu. Aktivita svalů, jež segment stabilizují, pak generuje další aktivitu ve svalech, s jejichž úpony souvisí. Ty zajišťují další zpevňování v ostatních kloubních segmentech, přičemž dochází k řetězení svalové aktivity.

## **2.3 Posturální ontogeneze**

Posturální ontogeneze označuje vývoj držení těla, jež je dán automatickým, velmi přesným zapojováním svalů do jejich posturální funkce. Dochází k individuálnímu rozvoji posturální a lokomoční funkce. Toto načasování je podmíněné optickou orientací na předměty a emočními potřebami a reakcemi dítěte. Posturální funkce fázických svalů se objevuje nejdříve mezi 4. a 6. týdnem věku dítěte a to při zvedání hlavičky nad podložku, kdy dochází k aktivaci hlubokých flexorů krku. Fázický systém svalů však pracuje jako jeden celek, a tak dochází k zapojení i dalších fázických svalů, např. zevních rotátorů ramene, dolních fixátorů lopatek či hlubokých extenzorů páteře. Během ontogeneze dochází k postupnému otáčení, plazení, lezení a následně k postupné lokomoci ve vertikále (Kolář, 2002; Véle, 2006). S postupným vývojem postury se objevuje vývoj cílených pohybů, jelikož každý volní pohyb způsobí aktivaci svalů s posturální funkcí, který působí proti destabilizujícímu účinku vlastního volního pohybu a tíhové síly vzniklé v souvislosti s hmotností předmětu (Bronstein et al., 2004). S postupným zlepšováním posturální stabilizace se zvyšuje také kvalita cílených pohybů, které se stávají přesnějšími a plynulejšími. Tyto cílené pohyby ve vysoké kvalitě se nejdříve objevují v posturálně méně náročných pozicích (Hadders-Algra, 2013). V průběhu posturálního

vývoje se během první fáze motorického vývoje postupně vytváří lordo-kyfotické zakřivení páteře a postavení pánve a hrudníku. Tyto změny jsou realizovány vzájemnou souhrou extenzorů páteře, hlubokých flexorů krku a nitrobřišního tlaku. Důležitá je návaznost vývoje cílené fázické hybnosti, čímž je i vývoj nákročné (úchopové) a opěrné (odrazové) funkce. Ty jsou popsány dvojím funkčním projevem, a to pomocí ipsilaterálního a kontralaterálního vzoru, neboli procesu otáčení a plazení (Kolář, 2009).

Mechanismus vývoje motoriky je vyjádřen několika teoriemi. Jednou z nich je teorie hierarchie reflexů, jež je založena na útlumu nižších reflexů v závislosti na aktivaci vyšších reflexů. Odlišný pohled přináší teorie systémů, dle které jsou posturální a lokomoční funkce výsledkem interakcí mezi několika systémy. Těmito systémy jsou například nervová soustava a její vestibulární, vizuální či motivační funkce, muskuloskeletální systém. Jestliže nedojde k dosažení požadované kvality některého ze systémů, může být zabráněno objevení nových motorických dovedností (Bronstein et al., 2004).

Pohledy jednotlivých autorů na posturální vývoj se v literatuře liší. Například autoři Gajewska, Sobieska, Kaczmarek, Suwalska a Steinborn (2013) považují za nejdůležitější období z hlediska prognózy dalšího vývoje hybný projev dítěte ve třech měsících. Autoři toto období považují za období neurologických změn, které je důležité pro dosažení dalších vývojových stupňů. Dítě, jež projde dokonalým vývojem ve třetím měsíci, zřídka vykazuje abnormality v dalších vývojových obdobích. Častější abnormality byly zaznamenány v rámci vývoje z pronační polohy, neboť se jedná o polohu posturálně náročnější než poloha supinační. U dětí, které mají neideální vývoj motoriky ve třech měsících, vykazují tyto abnormality i v dalších vývojových obdobích nebo se jejich posturální kontrola zlepšuje, zejména v supinační poloze. Autorka Hadders-Algra (2005) považuje za nejvýznamnější období nejen třetí měsíc, ale také šestého měsíce, období devátého až desátého měsíce a také období třináctého až čtrnáctého měsíce. Ve třetím měsíci dochází dle autora k vyžívání bazálních ganglií, mozečku a kortikální oblasti, tudíž dochází ke zlepšování posturální kontroly a objevuje se cílený pohyb. V šestém měsíci dochází k druhému stupni posturální kontroly, jež navazuje na stupeň základní (tedy tříměsíční). Tento přechod autorka považuje za nejdůležitější změnu v rámci prvního roku života dítěte. V tomto období dochází k posturální adaptaci zajišťující přizpůsobení se zevním podmínkám prostředí. Dítě je tak schopno větší variability motorického projevu, přesnějších a jemnějších korekcí. Toto období posturální adaptace je podmíněno vyžíváním somatosenzorických, vestibulárních a zrakových funkcí, mění se rovněž kvalita úchopové funkce a zvětšuje se aktivita frontálního kortexu. V období devátého a desátého měsíce se schopnost posturální adaptace dále rozvíjí,

neboť dochází ke zkvalitnění svalové kontrakce a zdokonaluje se schopnost antagonistické koaktivace svalů. Kolář (2006) považuje za nejdůležitější milníky období prvního půl roku života dítěte, zejména období šesti týdnů, tří a půl měsíců a šesti měsíců. V tomto období vznikají základní svalové synergie pro správné držení osového orgánu, jelikož schopnost trupové stabilizace je předpokladem pro optimální vývoj fázické hybnosti. Během provádění jednotlivých pohybů dochází nejdříve k aktivaci trupových svalů zajišťujících posturální stabilizaci a teprve poté dochází k samotnému pohybu končetin.

Jednou z předních příčin vadného držení těla je porucha v zapojení svalů v průběhu posturálního vývoje. Porucha posturálního vývoje je významným etiopatogenetickým faktorem velkého množství hybných poruch v dospělosti, významně však dochází i k ovlivnění morfologického vývoje (anteverze kyčelních kloubů, plochonoží, valgozita kolen apod.). Nikdy se ale nejedná pouze o lokální funkční insuficienci, ale o její systémové rozložení. Děti, které vykazují v klíčovém věkovém období významné posturální odchylky, je nutné zařadit do rehabilitační péče. Ovlivnění posturálních vad v daném období má mnohem výraznější efekt, než v době, kdy porucha je již fixována. V této souvislosti je velmi důležitá spolupráce mezi lékařem pro děti a dorost a fyzioterapeutem zbývající se touto problematikou (Kolář, 2002).

### **2.3.1 Důsledky asymetrie během posturální ontogeneze**

Velké množství dětí se rodí s asymetrií, a to převážně v souvislosti s poraněním během porodu, kdy dochází k poškození měkkých tkání v oblasti krku doprovázené bolestí, palpační citlivostí, místním edémem a někdy také hematomem či nespecifickou zánětlivou reakcí. Následkem je charakteristické držení hlavy tzv. šikmý krk, doprovázený reklinací, úklonem k jedné straně a rotací ke straně druhé. Jestliže není dítě ošetřeno, osa hlava- páteř- pánev je v asymetrii, jež je patrná také v držení a hybnosti všech končetin. To se projeví opožděným a asymetrickým vzpřimováním. A typická souhra ruka – ústa se objevuje pouze na nepostižené straně. Pokud se toto asymetrické držení a hybnost fixuje, může následně dojít k rozvoji skoliózy, asymetrii obličejové části a hlavy, poruchám vývoje kyčelního kloubu na straně úklonu hlavy (Kováčiková, 2005).

## 2.4 Vliv skoliózy na rovnováhu pacienta

Rovnováha člověka představuje schopnost udržovat vzpřímenou polohu těla v prostoru. Správně fungující rovnovážný systém umožňuje člověku pohybovat se s ohledem na gravitační pole Země, správně odhadnout rychlost a směr pohybu, dělat automatické změny nastavení segmentů těla v závislosti na udržení postury a stability při pohybech, které provádí. (Křupka, 2010).

Rovnováha je udržována pomocí spolupráce několik hlavních komponent, a to: sensorické, řídicí a výkonné. Mezi sensorické aspekty řadíme exterocepci, interocepci a propiocepci. Poškození jednoho nebo více z těchto smyslových orgánů, stejně jako poškození na úrovni zpracování anebo špatné motorické odezvy při nastavení adekvátního motorického programu, vede k poruchám rovnováhy. Poruchy rovnováhy lze definovat jako soubor příznaků, které se projevují poruchami vnímání prostoru, pohybu a orientace. Mohou se prezentovat pestrými projevy, jež jsou způsobeny patologickou pohybovou stimulací rovnovážného ústrojí nebo patologicky změněným stavem rovnovážného systému (Křupka, 2010; Lacour et al., 2008).

Porucha propiocepce, mozečku, motorické kontroly, vestibulárního aparátu nebo porucha na úrovni zrakového zpracování vjemu, tyto všechny součásti sensorického systému lidského těla spolupracují a jejich funkcí je jednak vyhodnocení současné polohy těla, a také plánování a exekuce co nejideálnějšího motorického programu pro udržení rovnováhy a stability těla. Všechny tyto složky vzájemně spolupracují. Jedním z názorů na etiopatogenezi idiopatické skoliózy je právě porucha na úrovni řízení rovnováhy člověka, a to na úrovni korové, podkorové, či na úrovni vyhodnocení jednotlivými složkami rovnovážného systému (Latałski et al., 2017; Le Berre et al., 2017).

Sensorická složka poskytuje informace o měnících se vnitřních i vnějších podmínkách, a to v takové míře, aby byl schopen na jejich změnu zareagovat posturální systém. Sensory, jež nejdříve přijímají podněty z prostředí a následně se přeměňují na vzruchy šířící se do částí sensorického systému a mozkové kůry, se rozdělují na propioceptory, exteroceptory a interoceptory (Rokyta, 2016).

Proprioceptivní informace získává mozek z receptorů v kůži, svalech a kloubech. Propriocepce má primární význam v řízení posturální kontroly těla. Získává informace pomocí receptorů, které reagují na nastavení kloubů pohyb, sílu a intenzitu kontrakci svalu. Reaguje také na timing svalových kontrakcí a poměr jejich intenzit. Propriocepce registruje polohu a pohyby těla pomocí svalových vřetének, kloubních receptorů a šlachových tělísek. Tyto propioceptory jsou umístěny ve svalech, šlachách, kloubních

pouzdech, fasciích. Největší zastoupení proprioceptorů je umístěno v šíjových a antigravitačních svalech. Velké množství proprioceptorů obsahují také svaly v oblasti chodidel. Proprioceptory velmi citlivě reagují na změnu délky a napětí tkání a tím poskytují informace o pohybech hlavy vzhledem k trupu (Janssens et al., 2010; Pialasse et al., 2017).

Exteroceptory slouží zejména k registraci podnětů z vnějšího prostředí a to za pomoci hmatu, zraku, sluchu, chuti a čichu. Pro posturální kontrolu jsou nejdůležitější mechanoreceptory sloužící ke vnímání tlaku a dotyku. Za důležité jsou považovány zejména tlakové receptory na chodidlech (Rokyta, 2016).

Do sensorického systému řadíme systém čichový, chuťový, somatoviscerální, sluchový, vestibulární a zrakový (Rokyta, 2016). Dle Lorda a Menze (2000) pomocí zrakového systému získáváme až 90 % informací z vnějšího prostředí, a proto je považován za nejdůležitější ze smyslů. Zraková kontrola hraje také důležitou roli při udržování posturální stability, neboť poskytuje centrální nervové soustavě aktuální informace o pozici a pohybu daných segmentů těla ve vztahu k vnějšímu prostředí (Le Berre et al., 2017). Autoři Lord a Menz (2000) dále uvádějí, že s vyloučením zrakové kontroly dochází ke zvýšení výchylek těla až o 70 % v závislosti na testovaném jedinci. Vizuální zpětná vazba nám zaručuje korekci cílených pohybů. Jedná se o proces, kdy dochází ke zpracování vizuálních informací, jež následně ovlivní motorické pohybové vzory. V podstatě jde o nácvik koordinace, zraku a postury (Briassouli, Benois-Pineau, & Hauptmann, 2015). U pacientů s poruchami posturální stability se k léčbě využívá pomoci zpětné vazby. Obecně se vychází z předpokladu facilitace biofeedbacku multisenzorickou stimulací (zrakově, proprioceptivně a vestibulárně). Dochází tak k urychlení reorganizace neurálních okruhů řídicích procesů udržení stability. V praxi se můžeme setkat s řadou terapeutických systémů. Jedním z nich je metoda vizuální zpětné vazby, při které dochází ke snímání polohy pacienta stojícího na stabilometrické plošině. Tato plošina má v sobě zabudované speciální tenzometry schopné měření jednotlivých tlakových sil a jejich momentů (Čákr & Truc, 2009).

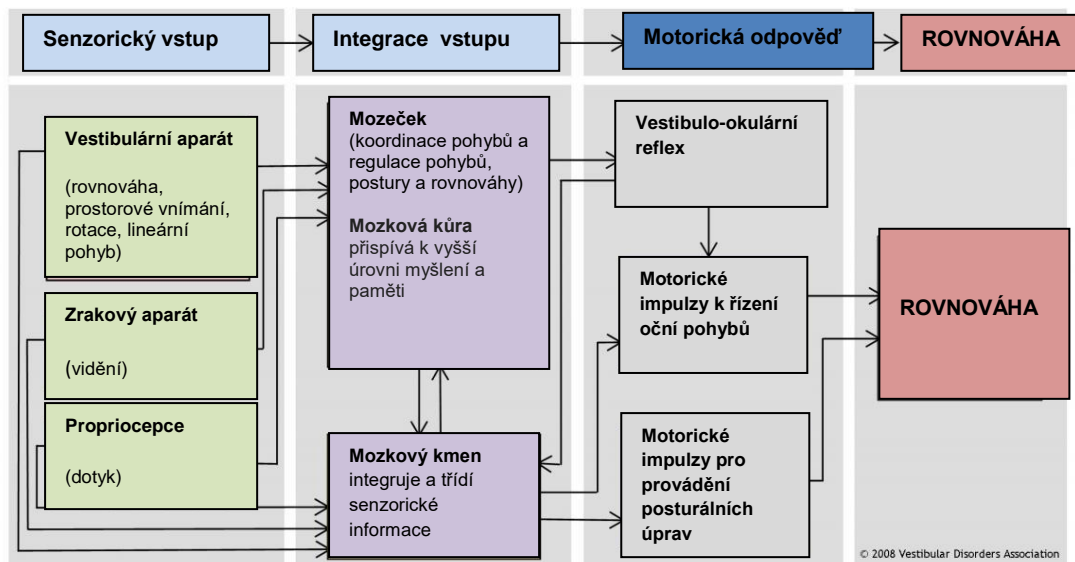
Senzorická informace o pohybu, rovnováze a informace o orientaci v prostoru je zprostředkována pomocí vestibulárního aparátu (Hawasli et al., 2015). Jednou z hlavních funkcí vestibulárního aparátu je detekce lineárního a úhlového zrychlení hlavy a tím udržování rovnováhy v závislosti na její poloze. Udržuje tak hlavu a trup ve vzpřímené a vyvážené poloze, reflexně řídí vyrovnávací pohyby očí a končetin, reguluje tonus svalů (zejména extenzorů) (Trojan, 2003). Berg (1989) také popisuje, že při změnách ve vestibulárním aparátu vzniká porucha schopnosti řešit intersenzorický

konflikt a tím vzniká i porucha schopnosti vhodně zasahovat do udržování posturální stability a orientace. Bujang, Wahat a Umat (2013) ve své studii zjistili, že existuje závislost mezi sluchovým a vestibulárním systémem a že se současným zlepšením rovnováhy lze zlepšit i sluch.

Informace o rovnováze je sbírána z receptorů výše uvedených a následně je odesílána do mozkového kmene. Zde je vyhodnocena za pomoci informací z cerebella, koordinačního centra mozku, mozkové kůry, jež je centrem myšlení a paměti. Mozeček integruje informace o pohybu, které byly naučeny opakovaným vystavováním se určitému pohybu. Po zpracování informace mozkový kmen přeposílá impulzy ke svalům kontrolujícím pohyb očí, hlavy a krku, trupu a končetin. Tímto umožňuje zachování rovnováhy a zrakové kontroly (Shi et al., 2013).

Ve výzkumných studiích je velmi často spojována etiopatogeneze idiopatické skoliózy a určité abnormality právě ve vizuální, vestibulární, propioceptivní složce rovnováhy či posturální kontrole těla, spojené s corpus callosum, mozečkem nebo mozkovým kmenem (Shi et al., 2013). Poruchy rovnováhy u skoliotických jedinců spojené s abnormalitami ve smyslové integraci potvrzuje mimo jiné i studie autorů Beaulieu et al. (2009).

Obrázek 1. Rovnovážný systém člověka (Watson, Black & Crowson, 2016, 3).



#### 2.4.1 Poruchy propiocepce a posturální nestabilita

Jak již bylo zmíněno výše, posturální kontrola rovnováhy je u pacientů se skoliózou narušena několika změnami na různých úrovních řízení, a to primárně i

sekundárními. Mezi ně patří změna sensorického vstupu, integrace tohoto vstupu na centrální úrovni, změna zpracování a vyhodnocení tohoto vstupu a motorická odpověď na tuto informaci. Propriocepce je nejdůležitější sensorickou modalitou sloužící k rekonstrukci obrazu o nastavení těla a jeho segmentů. Informace z jeho sensorů dávají přímou odpověď na pozici, ve které se tělo nachází, a pohyby těla s ní spojené. Dá se říct, že máme statickou a dynamickou část propioceptivního systému. Ten hraje zásadní roli v udržování vzpřímeného držení. Propriocepce obsahuje několik funkcí. Mezi ně patří vnímání pohybu, dále schopnost odhadnout směr, velikost a rychlost pohybu, a schopnost vnímat polohu těla spojenou s pomalým pasivním pohybem. Poslední jmenovaná pomáhá vnímat rozdíl mezi původní a změněnou pozicí po provedení pohybu, která je důležitá pro rozpoznání toho, jestli byl pohyb proveden (Blecher et al., 2017).

Le Berre et al. (2017) popisuje ve své studii vliv statické a dynamické rovnováhy na skoliózu pacientů. Výsledky ukazují, že statická rovnováha nemusí být u pacientů se skoliózou narušena. K podobným výsledkům došel i Assainte et al. (2012) ve své studii. Le Berre et al. (2017) naproti tomu ve své studii popisuje signifikantní rozdíl u Utenbergova – Fukudova testu pro oba parametry, a to jak úhel výchyly, tak její vzdálenost. Tyto změny pravděpodobně souvisí se změnou schopnosti detekce jednotlivých rozdílů v dynamické propioceptivní rovnováze. Tato změna vnímání se může týkat variability sensorického vstupu, či jeho zpracováním na centrální úrovni. Le Berre et al. (2017) dále zjistil výraznou odchylku dynamické propiocepce při testování kinestézie technikou vibrací svalových šlach. Ta naznačuje nevyzrálou centrálního nervového systému, a především parietální kůry, která je spojená s nedostatečnou integrací dynamických aferentních signálů z propioceptivních receptorů.

Assaiane, Mallau, Jouve, Bollini a Vaugoyeau (2012) prováděli výzkum u 10 adolecentů s idiopatickou skoliózou a s mírnou deformací páteře 10°- 35° dle Cobba. Výsledky byly porovnávány se skupinou 10 zdravých adolescentů. Jednotliví probandi museli udržet vertikální stoj při velmi pomalých oscilacích ve frontální rovině. Testování probíhalo se zavřenými i otevřenými očima, posturální a segmentová stabilizace byly analyzovány na úrovni hlavy, ramen, trupu a pánevní oblasti. Cílem této studie bylo zjistit vliv propiocepce vzhledem k posturální kontrole u jedinců s idiopatickou skoliózou během dospívání, což je klíčové období pro vývoj patologií a deformit páteře. Z výsledků výzkumné studie vyplývá, že skolióza neovlivňuje strategii segmentální stabilizace a také to, že vizuální zpětná vazba významně zlepšuje posturální kontrolu adolescentů obou skupin výzkumného souboru, kteří se zdají být více závislí na vizuálních podnětech, než dospělí.



Jelikož diagnóza idiopatické skoliózy souvisí se sníženou posturální kontrolou těla, provedli autoři Wiernicka, Kotwicki, Kaczmarek a Lochynski (2010) studii, ve které srovnávali posturální kontrolu dívek se skoliózou a bez ní. Výzkumné studie se zúčastnilo 18 dívek se skoliózou a 17 zdravých dívek. Průměrná hodnota Cobbova úhlu byla  $39,1 \pm 16,9$  stupňů. Statická rovnováha byla testována pomocí silové plošiny CQ-STAB, dynamická rovnováha zase s využitím DELOS Postural System. Vyšetření bylo prováděno za přítomnosti vizuální zpětné vazby i bez ní. Mezi sledovanými skupinami výzkumného souboru nebyly zjištěny žádné rozdíly v měřených parametrech při testování bez vizuální zpětné vazby, avšak s přítomností vizuální zpětné vazby dochází u skoliotiků k větším výchylkám ve frontální rovině během stoje na jedné dolní končetině. V rámci celého výzkumného souboru dochází k větším výchylkám během testování bez vizuální zpětné vazby, než s ní. Posturální stabilita u dívek se skoliózou, která je v období progresu, se zdá být stejně dobrá jako u zdravých dívek. Byla mírně narušena pouze při statickém vyšetření s otevřenými očima.

Poruchy statické rovnováhy potvrzují i autoři Kim, Mullineaux a Jeon (2019), kteří zkoumali vztah skoliózy a rozložení plantárních tlaků u dospívajících dívek se skoliózou a bez skoliózy. Idiopatická skolióza u dospívajících dívek je úzce spojena s deformitami, jako je kyfoskolióza a asymetrie pánve. Dále bylo zjištěno, že skolióza významně ovlivňuje rozložení plantárních tlaků během korigovaného stoje.

Dle autorů Beaulieu et al. (2009) existuje spojitost mezi posturální nerovnováhou ve stoji u skoliotických jedinců, typem skoliotické křivky, posturou a progresí deformity páteře. Porucha sensorické integrace může být důležitým faktorem v progresi skoliotické křivky vzhledem k porušené schopnosti přizpůsobit těžiště těla k ideálnímu postavení s největší posturální stabilitou. Ve výzkumné studii, které se zúčastnily dívky ve věku 10 až 16 let s velikostí úhlu dle Cobba větší než  $10^\circ$ , bylo zjištěno, že tyto dívky měly horší rovnováhu, než dívky z kontrolní skupiny probandů. Udržení těla v rovnovážné poloze vyžadovalo mnohem více úsilí a bylo spojeno s většími oscilacemi. Autoři se domnívají, že při poruše rovnováhy se tělo nachází v posturálně nevýhodné pozici, jež se postupem času může více projevat, a tak zhoršovat skoliotickou progresi páteře.

Vzpřímený stoj může být udržován v různých pozicích pouze na základě proprioceptivních informací z periferie. Při porovnání posturální stability s přítomností vizuální zpětné vazby nebyly pozorovány výraznější rozdíly mezi kontrolní a skupinou se skoliózou. S vyřazením zrakové kontroly se jeví skupina jedinců se skoliózou méně stabilní, což potvrzuje i fakt, že při skolióze dochází k neglektování proprioceptivní složky

senzorického systému. Statická rovnováha není u těchto jedinců ovlivněna, naopak dynamická složka rovnováhy je omezena výrazně (Assainte et al., 2012).

Pialasse et al. (2017) ve své práci dochází k závěru, že celkové narušení senzomotorické kontroly se nachází asi u 40 % pacientů se skoliózou. Je nutno zjistit, jestli tento stav se nacházel už před vznikem skoliózy, nebo je spojený s progresí páteřní deformity. Tito pacienti budou zřejmě dobře reagovat na rehabilitační cvičení spojená s cviky na senzomotoriku a stabilizaci trupového svalstva.

#### **2.4.2 Porucha přenosu somatosenzorických informací na úrovni vestibulárního aparátu a cerebella**

Vestibulární systém je senzorický orgán, který slouží k vyhodnocování pohybů hlavy a udržování tělesné rovnováhy člověka. Je uložený ve vnitřní části ucha v os temporalis a obsahuje jak kostěnou, tak membránovou komponentu. Membránový labyrint je vyplněn endolymfou a obklopen perilymfou uvnitř kostěného labyrintu. Vestibulární systém obsahuje tři polokruhové kanálky, laterální, posteriorní a superiorní, které jsou uloženy tak, aby dohromady reagovaly na veškeré změny polohy hlavy (Čihák, 2011).

Mozeček je umístěn v zadní části mozku, pod temporálním a okcipitálním lalokem. Je tvořen šedou hmotou na vnější straně a bílou hmotou na vnitřní straně. Mozeček se účastní kontroly a koordinace pohybů kosterního svalstva, udržování postury, kognitivních funkcí, emočního zpracování informací a zpracovává somatosenzorické funkce těla. Strukturální poškození nebo léze cerebella vede u takových jedinců k narušení pohybů, svalového tonu, koordinace, rovnováhy a poškození pracovní kapacity paměti a pohybů očních bulbů. Porucha cerebella v kombinaci s idiopatickou skoliózou je spojena se zhoršenou orientací v prostoru a poruchou kontroly rovnováhy (Shi et al., 2013).

Je známo, že idiopatická skolióza je spojena s většími výchyly v rámci dynamické rovnováhy (Beaulieu et al., 2009; Assainte et al., 2012). Posturální kontrola rovnováhy u člověka vyžaduje dobře fungující somatosenzorický, zrakový a vestibulární systém. Jak již bylo zmíněno výše, statická rovnováha je téměř totožná u pacientů se skoliózou jako u zdravé populace. Při odejmutí zrakové kontroly, dynamických podmínkách během testování, nebo pokud jsou systémy rovnováhy testovány dohromady, bylo u skoliotických pacientů zjištěno výrazné zhoršení oproti kontrolní

skupině. Také pacienti s výrazně větší progresí křivky vykazovali horší výsledky než pacienti s mírnou skoliózou (Shi et al., 2011).

U skoliotických pacientů může porucha rovnováhy souviset se zhoršeným zpracováním sensorických informací. Tito jedinci mají problém se zaujetím správné polohy těla nejspíše vzhledem tomu, že nedokáží dostatečně zpracovat všechny informace z různých sensorických čidel v těle tak, aby byly adekvátní požadavkům těla na kontrolu rovnováhy. U jedinců se skoliózou je přítomen motorický deficit spojený s vyhodnocením vestibulárních signálů a jejich převedením na vhodnou motorickou odpověď (Simoneau et al., 2009). Porucha na úrovni vestibulárního systému má dopad na vestibulo-spinální aktivitu, jež může vést k abnormální aktivitě zádových a krčních svalů. Navíc, porucha vestibulárních informací z cerebella do vestibulární mozkové oblasti nebo kortikálních mechanismů zpracovávajících tuto informaci, může taktéž vést ke změně aktivity zádového svalstva. Vestibulospinální i kortikospinální porucha může být jedním z důvodů propuknutí či progresu skoliózy (Simoneau et al., 2009; Shi et al., 2011).

V porovnání zdravých jedinců a osob se skoliózou, byl u skoliotických pacientů zaznamenán výrazně vyšší objem hmoty v mozečkové oblasti VIIIa a VIIIb na pravé straně mozečku a bilaterálně v oblasti X. Pravá oblast VIIIa je zodpovědná za motorickou aktivaci, pracovní paměť a mluvení, pravá oblast VIIIb pak zodpovídá za motorickou aktivaci a sensorické funkce těla, bilaterální oblast X za vizuální stimulaci. Je známo, že skolióza může být spojena s poruchou osového motorického kontrolního systému, poruchou zpracování zrakové informace nebo abnormální funkcí somatosenzorického systému, jež je pozorována při vyšetření evokovaných potenciálů. Otázkou je, zda je zvětšení daných částí mozečku sekundární, vzniklé jako kompenzace na postižení ostatních částí těla spojených s kontrolou rovnováhy, nebo je jedním z primárních činitelů tohoto onemocnění (Shi et al, 2013).

Hawasli, Hullar a Dorward (2015) ve své práci porovnávali několik studií zabývajících se skoliózami a poruchami v oblasti vestibulárního aparátu. V těchto studiích byla zjištěna významně zvýšená prevalence spontánního a pozičního nystagmu u skoliotických jedinců, dále autoři poukazují na změny získané posturografií a posturální výchyly jak ve statických, tak dynamických podmínkách. Zkoumáním interakce mezi zrakovým, propioceptivním a vestibulárním systémem bylo nezávisle zjištěno, že jedinci se skoliózou vykazují poruchy rovnováhy. Souhrnně potvrzují, že klinická data poskytují důkazy popisující souvislost mezi vestibulárními abnormalitami a skoliózou. Autoři Catanzariti et al. (2014) vybrali dvacet kontrolovaných studií, které však jednoznačně

nepotvrzují vazbu mezi jednostranným izolovaným vestibulárním postižením a výskytem skoliózy.

### **2.4.3 Porucha motorické kontroly**

Porucha centrálního nervového systému a skolióza jsou vzájemně spojeny hned z několika důvodů. U skoliotických jedinců je sledována porucha rovnováhy, zhoršené vnímání polohy a porucha vibrační citlivosti ve smyslu snížení nebo zvýšení. Porucha senzorického vstupu informací do mozku či narušení senzomotorické integrace vedou k abnormálnímu řízení posturálního svalového tonu způsobující rozvoj páteřní deformity. U těchto jedinců dochází k abnormálním aktivačním vzorcům mezi pravou a levou hemisférou během realizace pohybu. Dochází k přehnané aktivaci SMA (supplementary motor area) mozku při provádění různých motorických úkolů (Doménech, Tormos, Barrios, & Leone, 2010).

Neurony SMA se účastní posturální stabilizace těla, koordinace mezi pravou a levou polovinou těla, kontroly vědomých pohybů a pohybových sekvencí. Dále jsou posílány přímé signály do primární motorické kůry a páteřní míchy. Nejedná se však pouze o motorickou oblast, ale účastní se také integrace senzorických informací. Příčina přehnané aktivity SMA není u osob se skoliózou zatím zcela známa, ale může být spojena s poruchou integrace senzorických informací, jež je u těchto osob přítomna. Příkazy k vykonávání motorických úkolů a posturální tonus těla vyžadují správnou integraci proprioceptivního, zrakového a vestibulárního systému na centrální úrovni. Porucha těchto senzorických vstupů na kortikální úrovni vedoucí k nevhodným motorickým výstupům, hraje zásadní roli v patogenezi skoliózy (Doménech, Martí et al., 2011; Doménech, Tormos et al., 2010). Dle autorů Doménech et al. (2010) vykazovali pacienti se skoliózou významně zvýšenou aktivitu okysličování krve v kontralaterální doplňkové motorické oblasti při provádění úkolu oběma rukama. Ve funkční aktivaci primární motorické kůry, premotorické kůry a somatosenzorické kůry nebyly zjištěny žádné významné rozdíly. Kromě toho vykazovala skupina skoliotiků větší index interhemispherické asymetrie než kontrolní skupina jedinců (0,30 vs. 0,13,  $p < 0,001$ ). Tato studie demonstruje abnormální vzor aktivace mozku u jedinců se skoliózou. Tato zjištění podporují hypotézu, že porucha senzomotorické integrace je základem patogeneze idiopatické skoliózy.

### **2.5 Vyšetření posturální stability**

Samotnému vyšetření rovnováhy předchází důkladné odebrání anamnézy a provedení kineziologického rozboru. V současné době lze k vyšetření rovnovážných funkcí využít širokou škálu standardizovaných testů. Pro zvolení vhodné terapie a

následné ověření jejího účinku je stěžejní výběr vhodné hodnotící škály. Ve fyzioterapii nejčastěji využíváme Bergovu funkční škálu rovnováhy, Test rovnováhy a chůze podle Tinettiové, Functional Reach Test nebo také Clinical Test of Sensory Interaction and Balance a mnoho dalších (Kolář, 2009). Čím dál častěji se setkáváme s využitím přístrojové techniky ke zhodnocení rovnovážných funkcí. Patří sem mimojiné i balanční plošina Gym Top USB Professional využívaná k diagnostice poruch rovnováhy a rovněž k jejich terapii.

## **2.6 Gym Top USB Professional**

Balanční pomůcka Gym Top USB Professional je speciální pomůcka určená k odstraňování poruch koordinace, rovnováhy a svalových potíží, kde kvalitu a kvantitu pohybového úkolu je možné pomocí počítače změřit a zaznamenat v grafické podobě. Jedná se o kulatou balanční plošinu, která se využívá k senzomotorickému tréninku v oblasti ambulantní či domácí rehabilitace. Balanční pomůcku je možné spojit s počítačem pomocí konektoru USB. Pomocí programu, jenž je součástí soupravy Gym Top USB Professional jsou pacienti schopni korigování polohy těžiště pomocí náklonu plošiny. Trénink na této pomůcce se řídí principem zpětné vazby, při které je pacient ihned informován o současném posturálním stavu a je schopen na tyto změny reagovat. Tento balanční trénink dává informace do zrakových, sluchových a proprioceptorů (Nenutilová, 2012).

Maximální nosnost balanční pomůcky Gym Top je 120 kg. Je vhodné jí umístit na rovné ploše, která neumožňuje klouzání po povrchu, na kterém plošina leží. V okolí plošiny mohou být umístěny pomůcky umožňující nástup či její opuštění. V blízkosti by se však neměly vyskytovat předměty, kterými by mohl být jedinec zraněn. Jednou z hlavních zásad je cvičení na boso, popřípadě v neklouzající a uzavřené obuvi. U pacientů se skoliózou, kteří používají podpatěnku, je ideální cvičit v obuvi s touto podpatěnkou (Nenutilová, 2012).



Obrázek 2. Balanční plošina Gym Top USB Professional (www.sport-thieme.com)

Pro cvičení na balanční plošině Gym Top je nutné dodržovat zásady správného cvičení, především toleranci svalové únavy projevující se třesem. Zpočátku je doporučeno cvičení v délce asi 20 minut s postupným navyšováním tohoto času. Cvičení je však možné provádět i v kratších časových intervalech, ale vícekrát denně. Terapie probíhá buď pod přímým vedením fyzioterapeuta, anebo v domácím prostředí pacienta. Monitor je umístěn v úrovni očí pacienta pro zachování optimálního vzpřímeného držení těla a ve vzdálenosti, která odpovídá jeho zrakovým schopnostem. Jedincům s horším zrakem a starším osobám umisťujeme monitor blíže, popř. volíme jeho větší velikost (Nenučilová, 2012).

Cvičební jednotka by měla být zahájena jednoduššími cviky mimo balanční pomůcku, pokud tyto cviky pacient zvládá bez pádu, pokračuje se tréninkem nástupu na plošinu Gym Top Professional. Pacient se přidržuje o pevný předmět (např. lehátko), aby bylo zamezeno možnosti pádu. Poté zkouší nárok na plošinu jednou a následně druhou dolní končetinou. Rovnováha je zajišťována korigovaným stojem na balanční plošině. Jednotlivá cvičení lze provádět i v sedě na této pomůcce (Nenučilová, 2012).

Program balanční plošiny Gym Top USB Professional obsahuje celkem 14 různých cvičení, přičemž cvik 1 až 12 slouží ke cvičení a programy s číslem 13 a 14 jsou využívány k diagnostice rovnováhy jedinců. V rámci diagnostického režimu je těžiště

zobrazováno jako kulička, která se s náklonem plošiny pohybuje do různých směrů, který daná osoba stojící na pomůcce sleduje na monitoru. Obtížnost jednotlivých cvičení je volitelná v rozsahu 1 až 10, přičemž stupeň 1 je nejlehčí a stupeň 10 nejobtížnější. Dle doporučení je vhodné začínat na stupni 5. Délka cvičení se pohybuje od 1 minuty do 20 minut, či neomezeně. Úkolem každého z cviků je splnění určitého stanoveného cíle. Směr, jímž má jedinec kuličkou pohybovat je znázorněn pomocí červené šipky. Na monitoru je zobrazen typ cvičení, délka cvičení, stav skóre a slovní popis úkolu (Nenutilová, 2012).

### 3 CÍLE PRÁCE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY

#### 3.1 Cíl práce

##### Hlavní cíl:

Cílem diplomové práce je zhodnocení posturálních schopností během korigovaného stoje na diagnostické plošině Gym Top USB Professional u pacientů s idiopatickou skoliózou.

#### 3.2 Výzkumné otázky

**V<sub>1</sub>:** Jaký typ a velikost skoliotické křivky se nejčastěji vyskytuje u jedinců ve věku 10-18 let?

**Poznámka k V<sub>1</sub>:** Hodnoceny byly údaje získané kineziologickým rozborem s využitím RTG snímku (velikost skoliotické křivky, stranovost, lokalizace).

**V<sub>2</sub>:** Jakým způsobem ovlivňuje somatognosie výsledky měřených parametrů?

**Poznámka k V<sub>2</sub>:** Hodnoceny byly parametry A.l.r, S.D.l.r, A.f.b a S.D.f.b s využitím vizuální zpětné vazby a bez ní.

**V<sub>2a</sub>:** Jak se liší mediolaterální stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognosie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

**Poznámka k V<sub>2a</sub>:** Hodnoceny byly parametry A.l.r a S.D.l.r s využitím vizuální zpětné vazby a bez ní.

**V<sub>2b</sub>:** Jak se liší anteroposteriorní stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognosie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

**Poznámka k V<sub>2b</sub>:** Hodnoceny byly parametry A.f.b a S.D.f.b s využitím vizuální zpětné vazby a bez ní.

**V<sub>3</sub>:** Jak ovlivňuje vizuální zpětná vazba parametry posturálních výchylek při stoji na plošině Gym Top USB Professional?

**Poznámka k V<sub>3</sub>:** Hodnoceny byly parametry S.D.l.r, S.D.f.b, A.f.b., A.l.r a čas PD s využitím vizuální zpětné vazby a bez ní.



**V<sub>4</sub>:** Jak ovlivňuje velikost skoliotické křivky rovnováhu jedinců se skoliózou?

**Poznámka k V<sub>4</sub>:** Hodnoceny byly parametry A.f.b., A.l.r., S.D.f.b., a S.D.l.r. s vizuální zpětnou vazbou, bez vizuální zpětné vazby a čas PD.

**V<sub>4a</sub>:** Ovlivňuje velikost skoliotické křivky anteroposteriorní rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

**V<sub>4b</sub>:** Ovlivňuje velikost skoliotické křivky mediolaterální rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

**V<sub>4c</sub>:** Je větší skoliotická křivka spojena s častější výchylnou těžiště během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

Vysvětlivky: Avg v – průměrná úhlová rychlost náklonu plošiny; Max v – maximální úhlová rychlost náklonu plošiny, S.D.f.b. – směrodatná odchylka náklonu plošiny v anteroposteriorním směru, S.D.l.r. – směrodatná odchylka náklonu plošiny v mediolaterálním směru, A.f.b. – průměr náklonu plošiny v anteroposteriorním směru, A.l.r. – průměr náklonu plošiny v mediolaterálním směru, čas PD – čas, po který je držena kulička ve středu vyobrazení

## **4 METODIKA**

### **4.1 Charakteristika výzkumného souboru**

Výzkumný soubor byl sestaven z náhodně vybraných jedinců se skoliózou, jenž pravidelně docházejí ke kontrole do zdravotnického zařízení Proteor v Olomouci. Tento výzkumný soubor byl tvořen 22 probandy se skoliózou s průměrným věkem  $13,7 \pm 2,1$  let. Jelikož větší část výzkumného souboru tvořily děti, byli do této studie zařazeni pouze jedinci, jejichž zákonní zástupci souhlasili s provedením výzkumu, anebo probandi starší 18 let, kteří s účastí ve studii souhlasili sami. Ti účastníci nebo jejich zákonní zástupci, jež souhlasili se zařazením do studie, podepsali informovaný souhlas s testováním. Výzkumné studie se zúčastnilo celkem 17 dívek s průměrným věkem  $13,7 \pm 1,9$  let a 5 chlapců s průměrným věkem  $14 \pm 2,8$  let.

Studie byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (EK 2018). Souhlas etické komise představuje podpůrný dokument, v němž je jednoznačně vymezena problematika výzkumu, způsob získávání dat se zajištěním bezpečnosti účastníků a postup při nakládání s citlivými údaji v návaznosti na související legislativu.

### **4.2 Standardní podmínky měření**

Výzkum probíhal v průběhu měsíce listopadu a prosince roku 2017 ve skoliotické poradně Proteor v Olomouci. Pro uskutečnění měření bylo nezbytné zajistit informovaný souhlas rodičů se zařazením mladistvého do této studie. Probandi i jejich rodiče, případně jedinci starší 18 let, byli podrobně informováni o průběhu studie, postupu během kineziologického vyšetření a samotném vyšetření na balanční plošině Gym Top USB Professional. Dále byli ubezpečeni o bezpečnosti dat, která byla při práci shromažďována, a dodržení zásad vyplývajících ze Základní listiny práv a svobod. Rodiče byli přítomni po celou dobu získávání údajů v rámci kineziologického rozboru i během testování na balanční plošině Gym Top USB Professional. Po celou dobu měření měli probandi i jejich zákonní zástupci možnost kdykoliv z výzkumu odstoupit.

Na měření se podíleli dva testující, přičemž první testující zajišťoval seznámení probandů, popř. i jejich zákonných zástupců, s průběhem měření. Samotné měření, komunikaci s probandy, zajištění jejich bezpečnosti během stoje na balanční plošině Gym Top USB Professional a vyhodnocení jednotlivých měření, zajišťoval druhý testující. Pro zachování podmínek nebyl kromě testovaného probanda, popř. jeho zákonného zástupce a dvou vyšetřujících, v místnosti nikdo přítomen.

U jednotlivých účastníků výzkumu byl nejdříve proveden anamnestický rozhovor s důkladným prostudováním lékařských dokumentů týkající se zdravotního stavu jedinců a vstupní kineziologický rozbor. Ti účastníci, kteří splnili vstupní kritéria (Tabulka 1), podstoupili měření rovnováhy na balanční plošině Gym Top USB Professional.

Tabulka 1. Vstupní kritéria pro účast ve studii

<b>Vstupní kritéria pro účast ve studii</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>prokázaná skolióza dle RTG snímku</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>skolióza bez předchozího operačního řešení</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>nepřítomnost jiného neurologického onemocnění ovlivňující rovnováhu probandů</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>schopnost aktivní spolupráce během studie</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>RTG snímek měřený maximálně před 3 měsíci</b></li></ul>

#### **4.3 Sledované parametry a proměnné, metody získání dat**

##### **4.3.1 Anamnestické údaje**

Základní anamnéza zahrnovala jméno a příjmení probanda, pohlaví, datum narození, tělesnou výšku, hmotnost, údaje o typu skoliotické křivky a její velikost (dle RTG snímku). Údaje byly zjištěny ve spolupráci s ortopedem, jenž měl jednotlivé probandy v péči. Další údaje byly získány v rámci anamnestického rozhovoru během vstupního vyšetření. Byla zjišťována osobní, rodinná, sportovní, farmakologická a alergologická anamnéza včetně nynějšího onemocnění. Každý z probandů také uvedl největší obtíže, se kterými se v rámci léčby skoliózy potýká.

##### **4.3.2 Kineziologický rozbor**

U každého z probandů byl po odebrání anamnézy proveden kineziologický rozbor ve stoji. V rámci kineziologického rozboru byl vyšetřován i stoj na dvou vahách, přičemž bylo testováno zatížení dolních končetin během stoje. Velikost skoliotické křivky a počet zakřivení páteře byli zjišťováni dle nejnovějšího, tedy aktuálního RTG (rentgenového) snímku, který byl pořízen nejdéle před 3 měsíci od začátku studie.

##### **4.3.3 Gym Top USB Professional**

Rovnováha jedinců se skoliózou byla testována pomocí balanční plošiny Gym Top USB Professional, jež má tvar kulové úseče s průměrem 30 cm a výškou 9 cm. Lze

ji využít k senzomotorickému tréninku v rámci rehabilitační léčby, ale i k diagnostice rovnováhy (s a bez vizuální zpětné vazby). Tato plošina byla připojena pomocí USB kabelu k notebooku, kde byla jednotlivá naměřená data zaznamenána a následně vyhodnocována. V rámci našeho výzkumného souboru byl využit program 13, který slouží k diagnostice rovnováhy. Jednotlivé měřené parametry jsou snímány pomocí akcelerometru, jenž je součástí balanční plošiny.

Během diagnostiky rovnováhy při testu 13 byla balanční plošina Gym Top USB Professional umístěna na rovném a neklouzajícím povrchu. Všechny předměty, které by mohly při pádu probanda z balanční plošiny poranit, byly z bezprostřední blízkosti odstraněny. Diagnostika rovnováhy na balanční plošině probíhala naboso. Nebylo-li možné provádět měření za této podmínky pro nestejnou délku končetin, byli jednotliví probandi testováni s podpatěnkou v obuvi.

Pro zajištění bezpečnosti jednotlivých účastníků během získávání dat, byl po celou dobu přítomen jeden z vyšetřujících, který pomáhal probandům při nástupu a výstupu z balanční plošiny. Po nástupu na Gym Top a jeho ustálení si probandi nejdříve vyzkoušeli možnosti pohybu laterolaterálně, ventrodorsálně a následně do všech stran. Poté probíhalo samotné měření probanda. Obtížnost měření je možno nastavit v rozsahu od 1 do 10, kde 1 je lehká obtížnost cvičení a stupeň 10 je těžká obtížnost. Tyto stupně mění rychlost změny polohy kuličky, její zrychlení a rychlost, kterou se pohybuje. Pro diagnostiku rovnováhy u probandů našeho výzkumného souboru byla nastavena obtížnost 5. U diagnostického programu číslo 13 byla délka měření stanovena na 30 sekund. Tento program zaznamenává laterolaterální a ventrodorsální výchylku od středu těžiště probandů. Úkolem testovaných jedinců bylo dostat kuličku na terči na obrazovce do jejího středu a snažit se tam tuto kuličku co nejdéle udržet. Cvičení bylo provedeno s využitím a bez využití vizuální zpětné vazby pro možnost porovnání rozdílů těchto hodnot u jednotlivých probandů. V případě testování rovnováhy bez vizuální zpětné vazby byl monitor s terčem vypnut a jedinci se opět pokoušeli udržet kuličku ve středu terče.

#### **4.3.4 Statistické zpracování dat**

Data získaná během vyšetření byla zpracována v programu Microsoft Office 2010, odkud byla převedena do programu pro zpracování dat Statistica 12.0, kde byla následně i vyhodnocena. Pro všechny proměnné byly vypočteny základní popisné

statistické hodnoty (aritmetický průměr, četnost, směrodatná odchylka). Vzhledem k danému rozložení dat byly použity neparametrické statistické metody. Pro porovnání dat mezi skupinami probandů byl použit Mann-Whitneyův U Test. Jednotlivé parametry ve skupině byly porovnávány pomocí Wilcoxonova párového testu. Vliv velikosti skoliotické křivky na rovnováhu byl popsán pomocí Kruskal- Wallisova testu. Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny na hladinách \*  $0,01 < p \leq 0,05$ ; \*\*  $0,001 < p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,0001$ .

## 5 VÝSLEDKY

Tato část diplomové práce je zaměřena na prezentaci výsledků výzkumu hodnotícího vliv skoliózy na rovnováhu u jedinců se skoliózou na balanční plošině Gym Top USB Professional. Výsledky sledovaných parametrů jsou uvedeny v rámci jednotlivých podkapitol, které se vztahují k daným výzkumným otázkám.

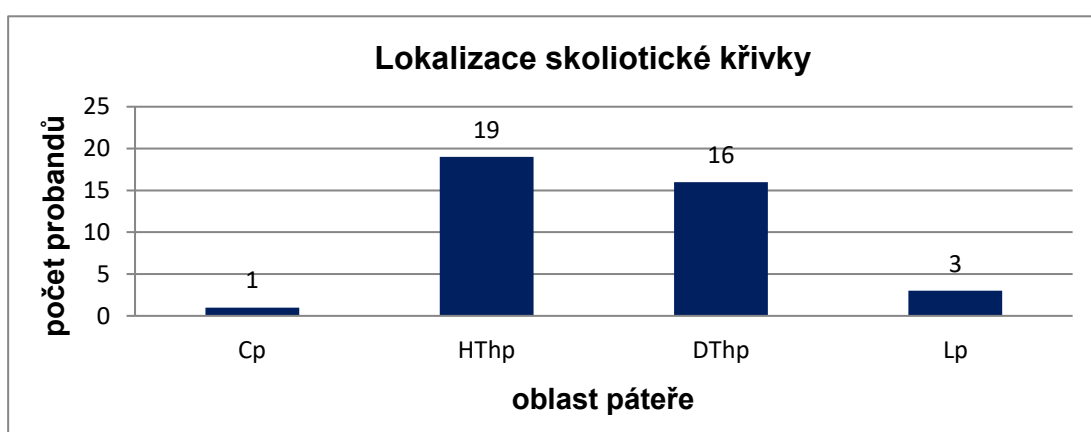
### V<sub>1</sub>: Jaký typ a velikost skoliotické křivky se nejčastěji vyskytuje u jedinců ve věku 10-18 let?

Během anamnestického rozhovoru byla u každého z probandů zjištěna velikost a typ skoliotické křivky. Dále byla hodnocena stranovost dle nejnovějšího RTG snímku, který nebyl starší 3 měsíců.

Níže uvedené obrázky znázorňují a popisují výsledky hodnocení skoliotické křivky u jednotlivců výzkumného souboru. Prostřednictvím sloupcových grafů je vyjádřeno zastoupení těchto výsledků.

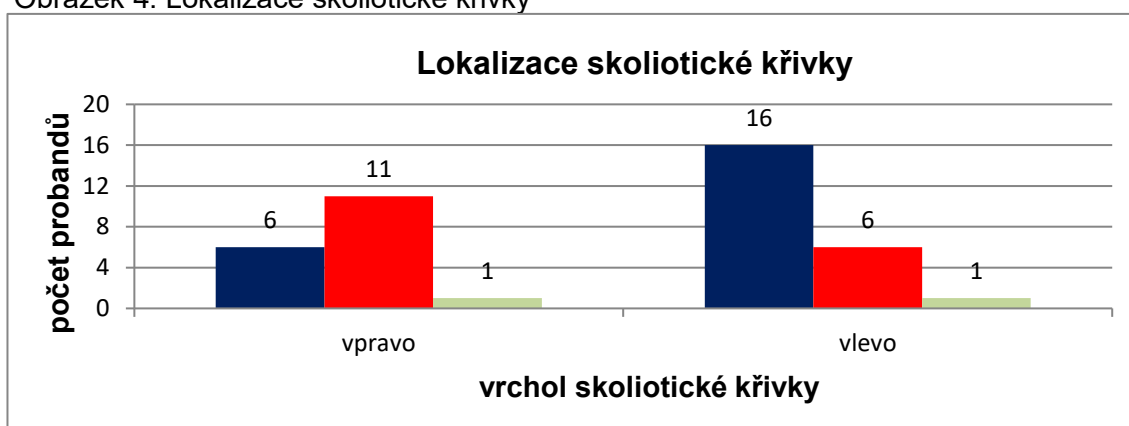
Z celkového počtu 22 jedinců mělo 86 % skoliotickou křivku lokalizovanou v oblasti horní hrudní páteře (HThp), 72 % probandů v oblasti dolní hrudní páteře (DThp). Pouze 5 % probandů z celého výzkumného souboru mělo skoliózu v oblasti krční páteře (Cp) a 14 % v oblasti bederní části páteře (Lp). Větší zastoupení jednotlivých probandů v daných skupinách je dáno tím, že někteří jedinci měli vyšší počet zakřivení páteře.

Obrázek 3. Lokalizace skoliotické křivky



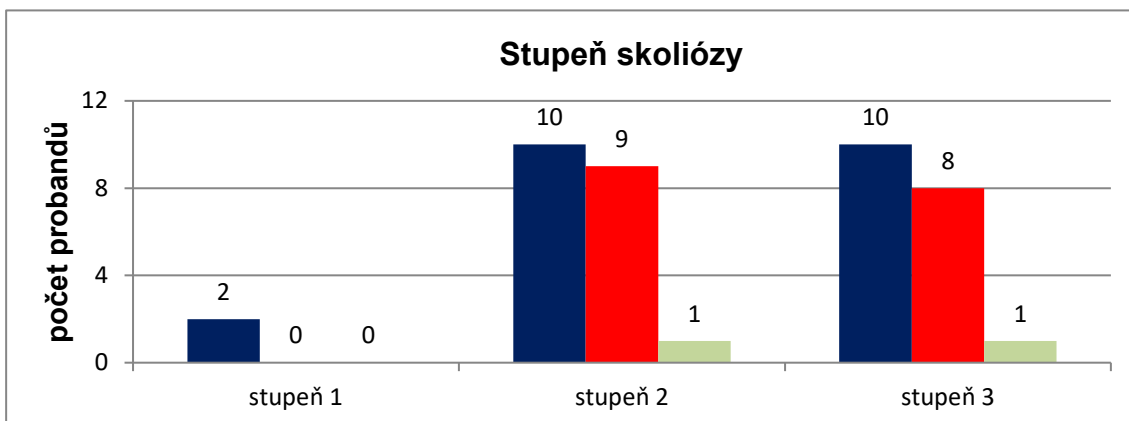
Z celkového počtu 22 jedinců mělo 27 % z nich lokalizován první vrchol skoliotické křivky vpravo a 73 % probandů vlevo (modře). Dalších 17 probandů (77 %) mělo přítomen i druhý vrchol skoliotické křivky. Polovina (50 %) jedinců výzkumného souboru s druhým vrcholem křivky měla tento vrchol lokalizován vpravo. Dalších 27 % probandů mělo vrchol skoliotické křivky vlevo (červeně). Pouze 9 % probandů mělo přítomen i třetí vrchol skoliotické křivky, přičemž u jednoho z probandů byl lokalizován vpravo (4,5 %) a u druhého vlevo (4,5 %) (zeleně). Z celého výzkumného souboru mělo 23 % probandů skoliózu typu C, neboť u nich bylo popsáno pouze 1 zakřivení páteře. Dalších 68 % jedinců mělo skoliózu typu S pro dvojité zakřivení páteře. Pouze u 2 z probandů (9 %) bylo popsáno trojitě zakřivení páteře.

Obrázek 4. Lokalizace skoliotické křivky



Vysvětlivky: modrá – 1 údaj na RTG, červená – 2 údaje na RTG, zelená – 3 údaje na RTG

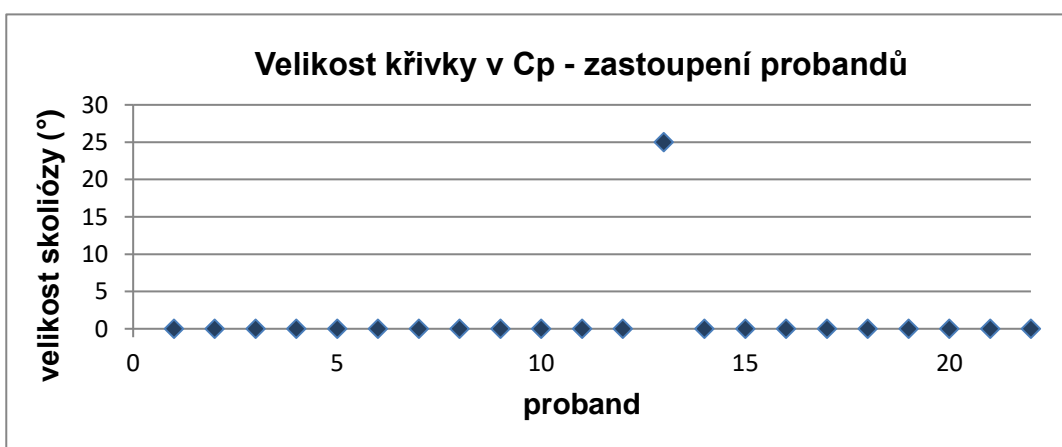
Z celkového počtu 22 jedinců byla u 9 % jedinců naměřena hodnota alespoň jednoho z vrcholů skoliotické křivky do 11 ° (v obrázku 5 stupeň 1), avšak 90 % mělo stupeň skoliotické křivky v rozsahu 12° - 20° (stupeň 2) a 83 % probandů i skoliózu větší než 21° (stupeň 3). Procentuální rozložení je dáno tím, že u některých jedinců výzkumného souboru nebyl přítomen pouze jeden vrchol skoliotické křivky.



Obrázek 5. Stupeň skoliózy

Vysvětlivky: modrá – 1 údaj na RTG, červená – 2 údaje na RTG, zelená – 3 údaje na RTG.

Z obrázku 6 vyplývá, že pouze u 1 z probandů (5 %) byla naměřena hodnota skoliózy v oblasti Cp, a to 25°. U zbývajících 95 % nebyla skolióza v oblasti Cp prokázána.

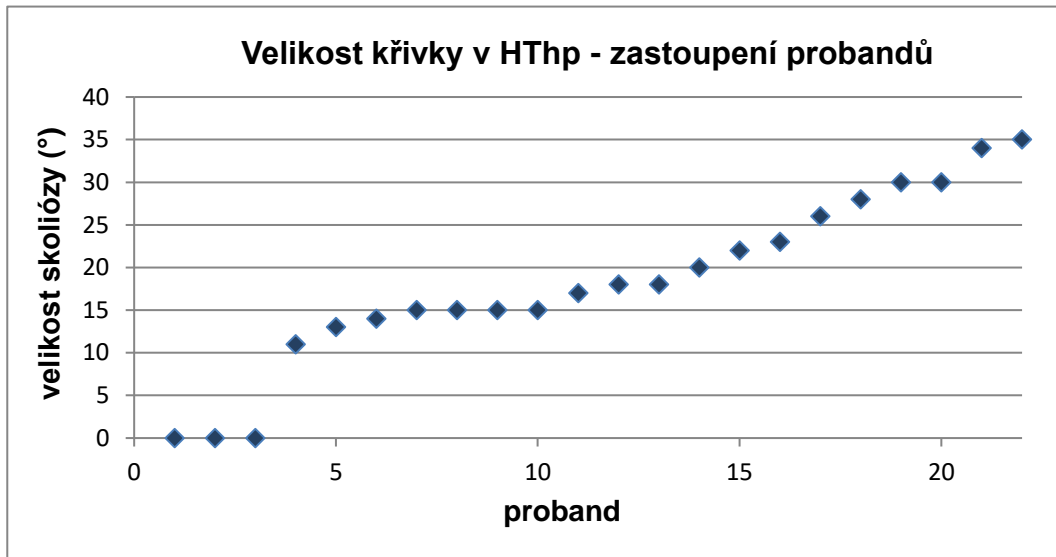


Obrázek 6. Velikost skoliotické křivky v Cp – zastoupení probandů

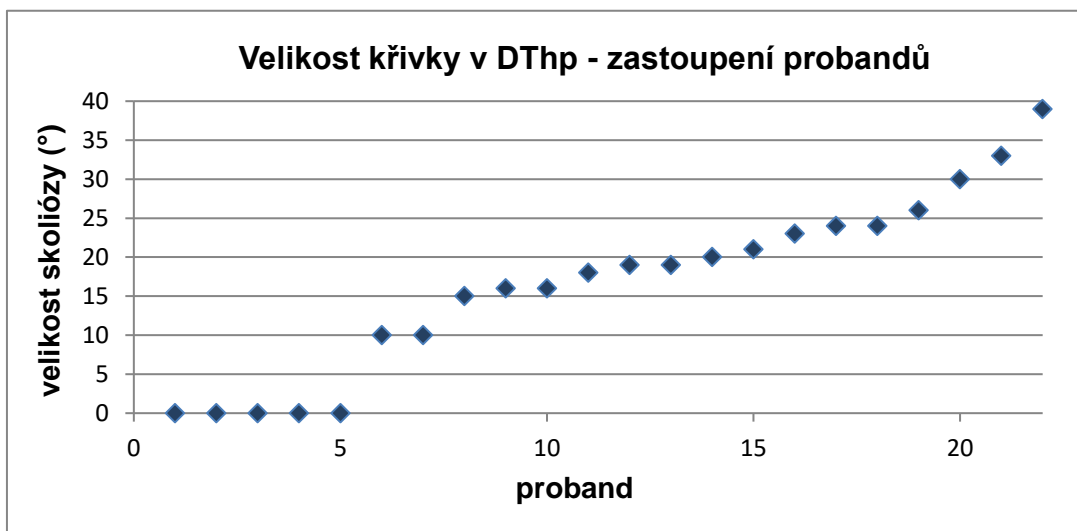


Skolióza v oblasti HThp byla přítomna u 86 % jedinců výzkumného souboru, načež pouze 14 % nemělo v oblasti HThp skoliózu diagnostikovanu. Největší naměřená hodnota skoliózy v této oblasti byla 35°.

Obrázek 7. Velikost skoliotické křivky v HThp – zastoupení probandů

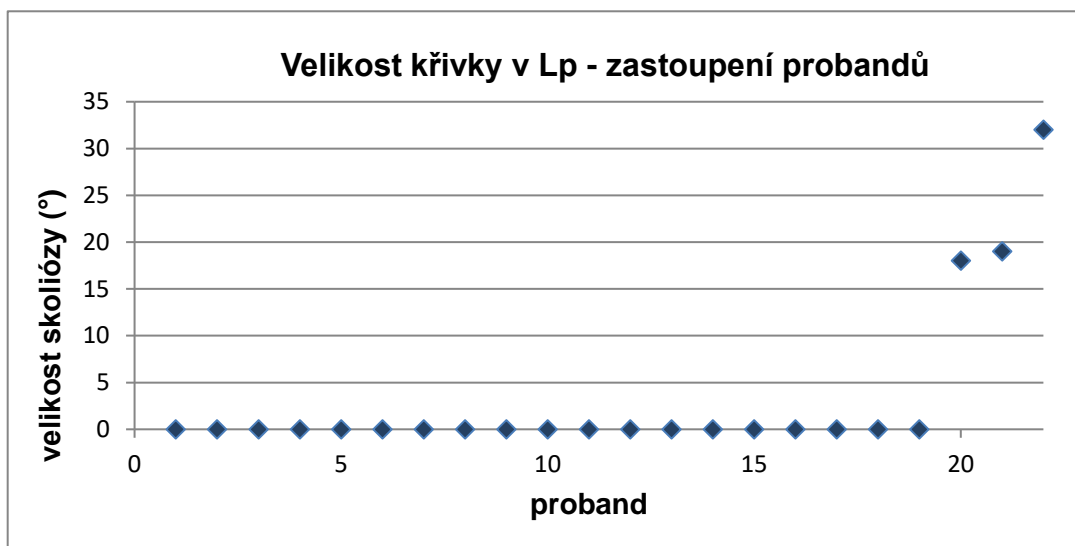


V oblasti DThp byla naměřena skolióza u 73 % jedinců, z toho 32 % probandů mělo hodnoty skoliózy vyšší než 21°. Nejvyšší naměřená hodnota skoliózy v oblasti DThp byla 39°. Přítomnost skoliózy nebyla prokázána u 27 % jedinců výzkumného souboru.



Obrázek 8. Velikost skoliotické křivky v DThp – zastoupení probandů

V oblasti Lp byla skolióza zaznamenána u 3 jedinců (14 %) výzkumného souboru. Jeden z probandů měl hodnotu skoliózy v oblasti Lp 32°, hodnota u zbývajících probandů byla nižší než 20°.



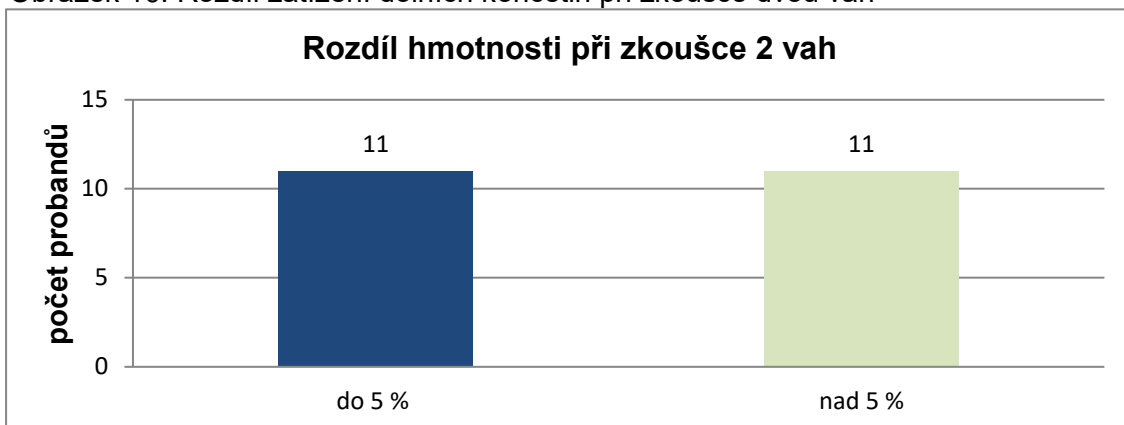
Obrázek 9. Velikost skoliotické křivky v Lp – zastoupení probandů

## V<sub>2</sub>: Jakým způsobem ovlivňuje somatognosie výsledky měřených parametrů?

V rámci této výzkumné otázky bylo posuzováno, jak ovlivňuje somatognosie jednotlivé parametry vztahující se k rovnováze jedinců se skoliózou. Těmito parametry byly A.l.r., což je průměrná hodnota náklonu plošiny mediolaterálním směru a A.f.b., jakožto průměrná hodnota náklonu plošiny v anteroposteriorním směru. Dále byly posuzovány směrodatné odchylky těchto parametrů, a to S.D.l.r. (směrodatná odchylka náklonu plošiny v mediolaterálním směru) a S.D.f.b. (směrodatná odchylka náklonu plošiny v anteroposteriorním směru).

Jednotliví probandi výzkumného souboru byli rozděleni do 2 skupin na základě zkoušky dvou vah, která byla součástí vstupního vyšetření. V první skupině byli probandi, u nichž byl rozdíl zatížení DK při tomto testu do 5 % celkové hmotnosti, v druhé skupině pak byli všichni jedinci, u kterých byl tento rozdíl větší než 5 %. V obou skupinách bylo po 11 osobách (Obrázek 10). Diagnostika rovnováhy pomocí testu 13 pak probíhala na balanční plošině Gym Top Professional s vizuální zpětnou vazbou a bez ní.

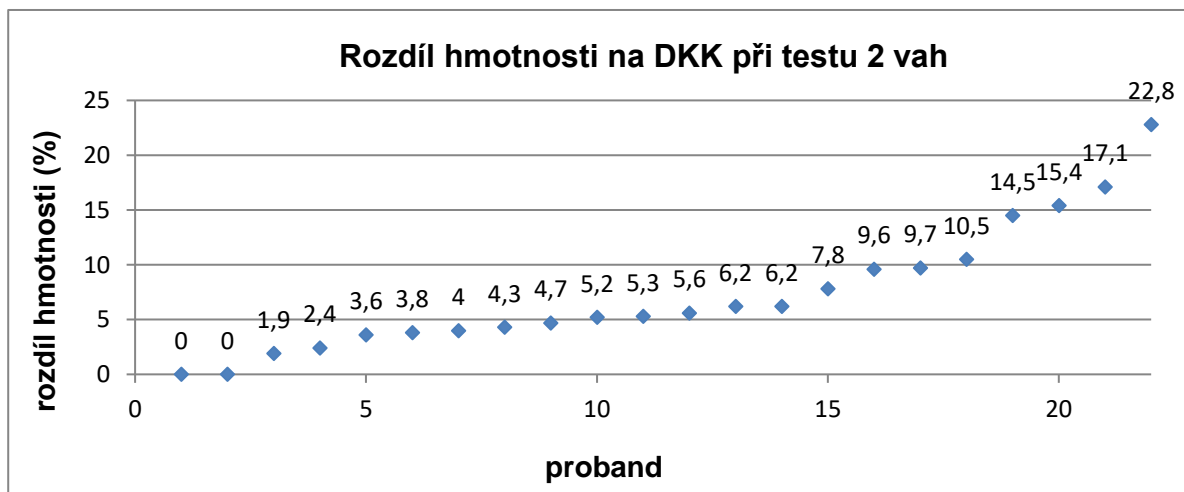
Obrázek 10. Rozdíl zatížení dolních končetin při zkoušce dvou vah



Vysvětlivky: PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

V následujícím obrázku lze vidět jednotlivé procentuální rozdíly v zatížení dolních končetin během zkoušky dvou vah (Obrázek 11). Pouze u 9 % jedinců nebyl při tomto testu žádný rozdíl v zatížení dolních končetin, avšak u 23 % probandů byl tento rozdíl výraznější. U těchto osob dosahovala hodnota více než 10 %. U 59 % jedinců bylo pozorováno větší zatížení na pravé dolní končetině, u 32 % pak na levé dolní končetině.

Obrázek 11. Rozdíl hmotnosti na DKK při testu dvou vah



Vysvětlivky: DKK – dolní končetiny



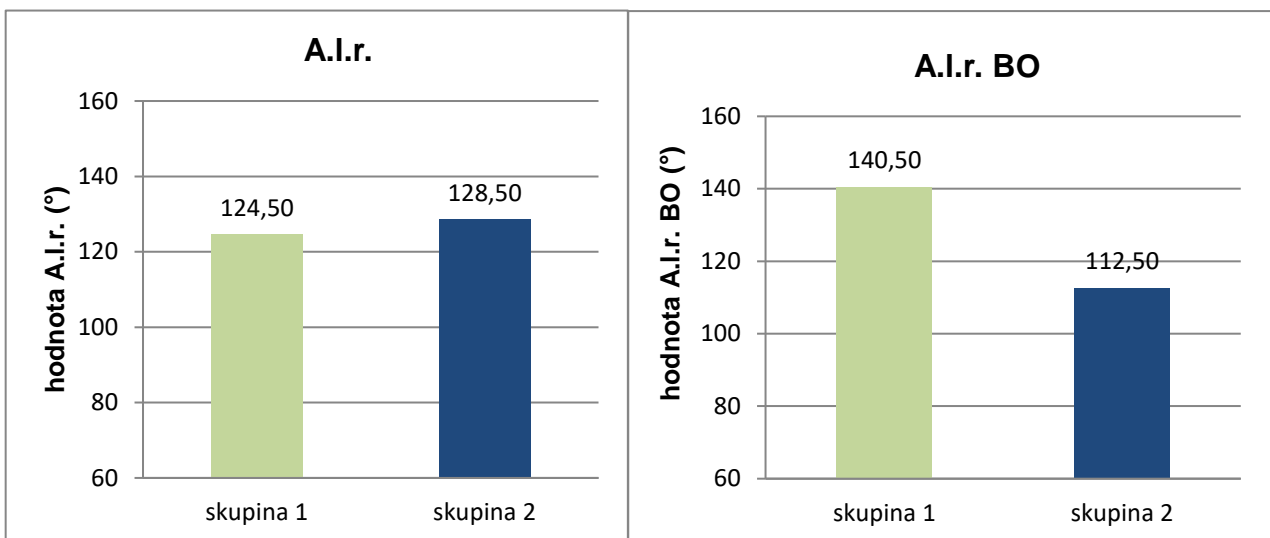
Obrázek 12. Zatížení dolní končetiny při zkoušce dvou vah

Vysvětlivky: PDK - pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, DK – dolní končetina

*V<sub>2a</sub>: Jak se liší mediolaterální stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognozie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

*V<sub>2b</sub>: Jak se liší anteroposteriorní stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognozie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

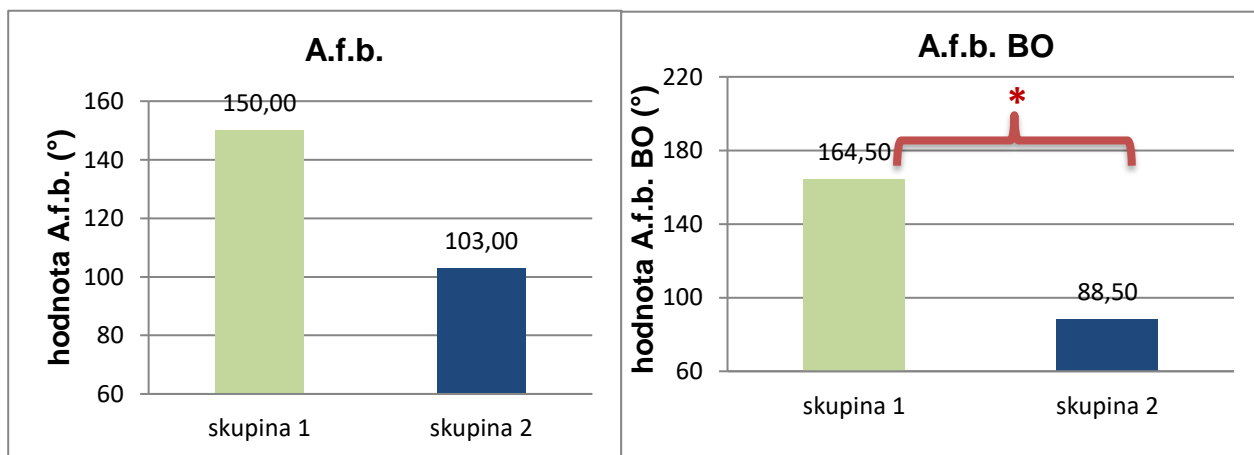
Průměrná hodnota parametru A.l.r. při diagnostice rovnováhy s vizuální zpětnou vazbou u skupiny probandů, u nichž byl rozdíl v zatížení dolní končetiny do 5 % (skupina1) byla o 4° nižší, než u druhé skupiny probandů (skupina 2 – nad 5 % rozdílu zatížení dolní končetiny). Rozdíl mezi těmito skupinami probandů nebyl statisticky významný ( $p= 0,922$ ). Stejně tak nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi těmito skupinami ( $p=0,375$ ) během testování bez vizuální zpětné vazby (Obrázek 13).



Obrázek 13. Průměrná hodnota náklonu plošiny v mediolaterálním směru s vizuální zpětnou vazbou (vlevo) a bez vizuální zpětné vazby (vpravo)

Vysvětlivky: A.I.r. - průměrná hodnota náklonu plošiny v mediolaterálním směru, BO – bez vizuální zpětné vazby

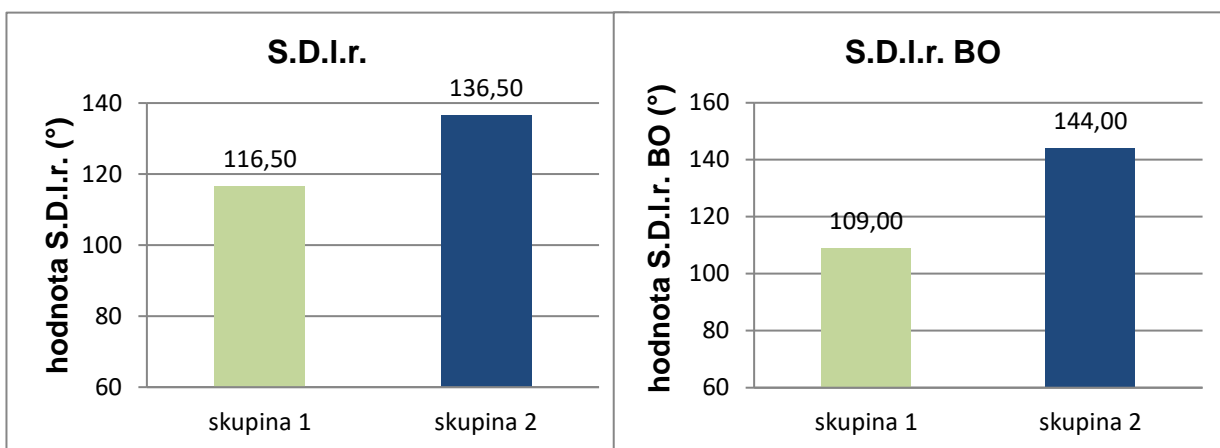
Dále byly porovnány parametry A.f.b. s vizuální a bez vizuální zpětné vazby během diagnostického testu 13 na balanční plošině Gym Top. Stejně jako u parametru A.I.r. nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami výzkumného souboru při testování s vizuální zpětnou vazbou ( $p=0,131$ ). Statisticky významný rozdíl ( $p=0,014$ ) mezi jednotlivými testovanými skupinami byl pozorován při vyloučení vizuální zpětné vazby, kdy skupina probandů s větším rozdílem hmotností v zatížení dolních končetin měla průměrnou hodnotu A.f.b. nižší o  $76^\circ$ , než skupina s menším rozdílem (do 5 %)



Obrázek 14. Průměrná hodnota náklonu plošiny v anteroposteriorním směru s vizuální zpětnou vazbou (vlevo) a bez vizuální zpětné vazby (vpravo)

Vysvětlivky: A.f.b. - průměrná hodnota náklonu plošiny v anteroposteriorním směru, BO – bez vizuální zpětné vazby, \*  $p \leq 0,05$

Dále byly hodnoceny i směrodatné odchylky výše zmíněných parametrů (S.D.l.r. a S.D.f.b.) s vizuální zpětnou vazbou a bez ní. U žádného z měřených parametrů nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi skupinami. Pro S.D.l.r. se  $p=0,308$ , pro S.D.l.r. bez vizuální zpětné vazby se  $p=0,265$ . Obecně byly pozorovány větší výchyly v rámci druhé skupiny jedinců (rozdíl v zatížení dolních končetin větší než 5 %).

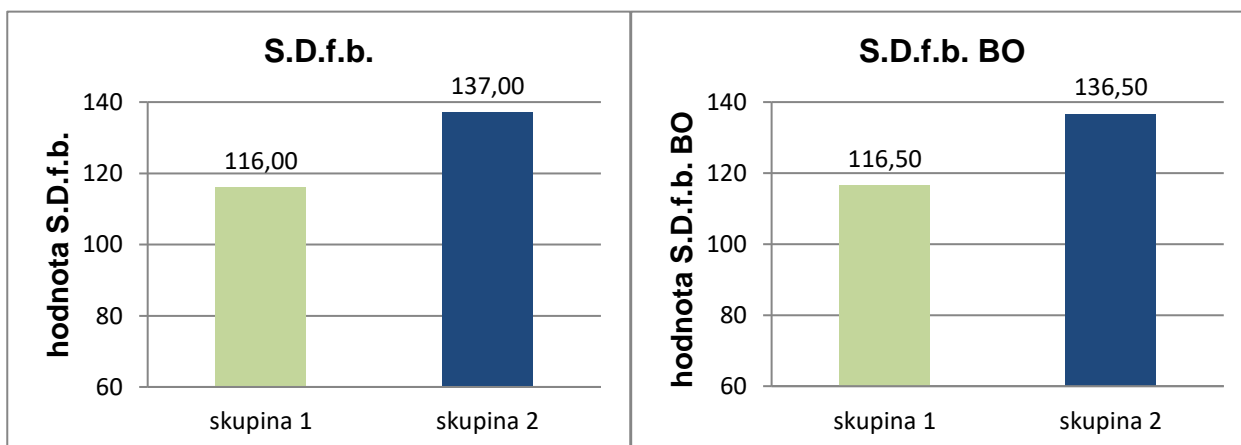


Obrázek 15. Průměrná hodnota

směrodatné odchylky náklonu plošiny v mediolaterálním směru s vizuální zpětnou vazbou (vlevo) a bez vizuální zpětné vazby (vpravo)

Vysvětlivky: S.D.l.r. - směrodatná odchylka náklonu plošiny v mediolaterálním směru, BO – bez vizuální zpětné vazby

Rozdíly hodnot směrodatných odchylek náklonu plošiny v anteroposteriorním směru mezi jednotlivými skupinami výzkumného souboru nejsou statisticky významné ( $p=0,511$ ) pro S.D.f.b. a ( $p=0,532$ ) pro S.D.f.b. bez vizuální zpětné vazby.



Obrázek 16. Průměrná hodnota směrodatné odchylky náklonu plošiny v anteroposteriorním směru s vizuální zpětnou vazbou (vlevo) a bez vizuální zpětné vazby (vpravo)

Vysvětlivky: S.D.f.b. - směrodatná odchylka náklonu plošiny v anteroposteriorním směru, BO – bez vizuální zpětné vazby

**V rámci sledování skupin dle rozložení zatížení při klidném stoji, nedochází ke statisticky významnému rozdílu v rámci posouzení parametrů A.l.r., A.f.b., S.D.l.r. a S.D.f.b. při testování za využití vizuální zpětné vazby. Statisticky významný rozdíl ( $p=0,014$ ) byl pozorován pouze u parametru A.f.b. bez využití vizuální zpětné vazby, ostatní rozdíly sledovaných parametrů nejsou statisticky významné.**

**V<sub>3</sub>: Jak ovlivňuje vizuální zpětná vazba parametry posturálních výchylek při stoji na plošině Gym Top USB Professional?**

V následující části jsou mezi sebou porovnávány jednotlivé parametry vztahující se k hodnocení rovnováhy u jedinců se skoliózou. Tyto hodnoty byly získány během diagnostického testu 13 na balanční plošině Gym Top Professional. Jednotlivé parametry byly hodnoceny s přítomností vizuální zpětné vazby a také bez vizuální zpětné vazby. V tabulce 2 až 4 jsou znázorněny výsledné hodnoty porovnávaných proměnných. Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny na hladinách \*  $0,01 < p \leq 0,05$ ; \*\*  $0,001 < p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,0001$ .

Statisticky významnými se jeví porovnání parametrů A.f.b. s vizuální zpětnou vazbou a bez této zpětné vazby, kdy je  $0,001 < p \leq 0,01$ . Porovnání parametru A.l.r. nebylo statisticky významné. Statisticky významný rozdíl nebyl prokázán u parametru S.D.l.r. Statisticky významný rozdíl však pozorujeme u parametru S.D.f.b., kdy  $p \leq 0,05$ . Mezi měřenými parametry je i čas, po který byli jedinci schopni udržet kuličku ve středu balanční plošiny. Tento čas byl porovnáván opět s vizuální a bez vizuální zpětné vazby. Výsledná hodnota porovnávající oba parametry není statisticky významná.

Tabulka 2. Porovnání proměnných získaných měřením rovnováhy bez a s využitím vizuální zpětné vazby.

Dvojice proměnných	Počet (platných) N	T	Z	p-hodnota
<b>A.f.b. &amp; A.f.b. BO</b>	<b>22</b>	<b>36,000</b>	<b>2,938</b>	<b>** 0,003</b>
<b>S.D.l.r. &amp; S.D.l.r. BO</b>	<b>16</b>	<b>41,500</b>	<b>1,370</b>	<b>0,171</b>
<b>S.D.f.b. &amp; S.D.f.b. BO</b>	<b>22</b>	<b>56,500</b>	<b>2,272</b>	<b>* 0,023</b>
<b>čas PD &amp; čas PD BO</b>	<b>22</b>	<b>92,000</b>	<b>1,120</b>	<b>0,263</b>

Vysvětlivky: N – počet probandů, T – hodnota testové statistiky, Z – hodnota statistiky, p – hladina významnosti  $\alpha$

#### **V<sub>4</sub>: Jak ovlivňuje velikost skoliotické křivky rovnováhu jedinců se skoliózou?**

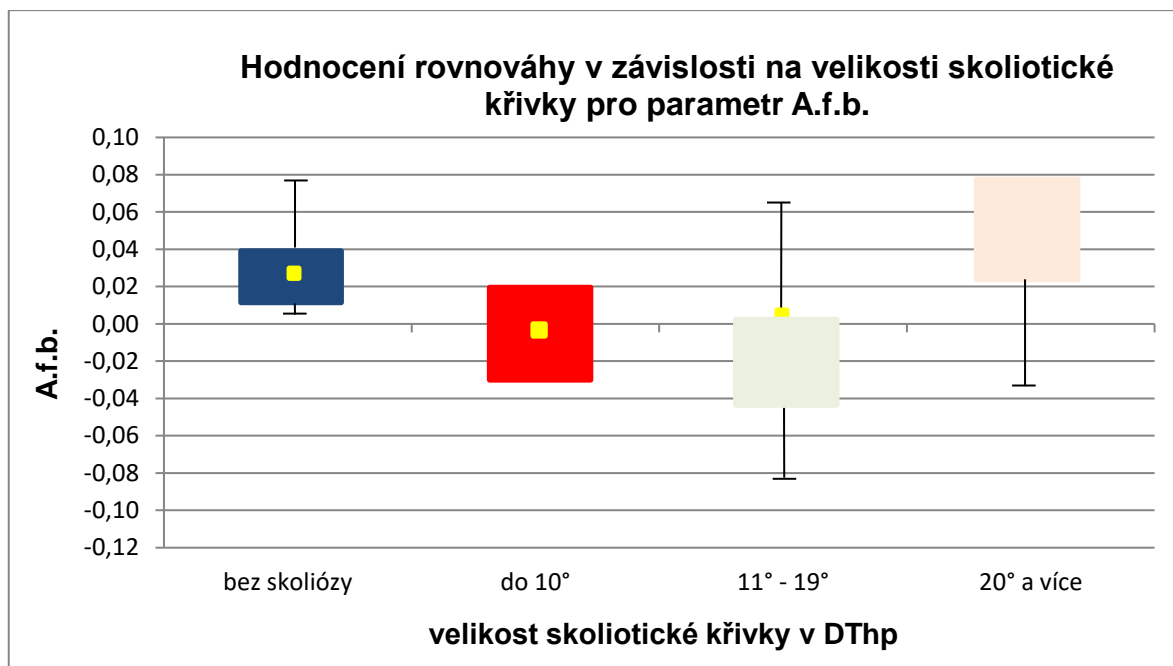
V této výzkumné otázce byl zkoumán vliv velikosti skoliotické křivky na jednotlivé parametry rovnováhy. Byly použity hodnoty skoliózy v oblasti horní a dolní Th páteře, dále parametry A.f.b., A.l.r., směrodatné odchylky S.D. pro oba směry a čas PD, po který byli jedinci schopni udržet kuličku ve středu kruhu. Probandi byli rozděleni do 4 skupin dle velikosti skoliózy. První skupina neměla přítomnu skoliózu v dané oblasti (HThp a DThp), druhá skupina měla hodnoty Cobbova úhlu v rozmezí 1-10°, třetí skupina 11-19° a čtvrtá skupina měla hodnoty skoliózy největší, a to 20° a více. V jednotlivých krabicových grafech jsou znázorněny i hodnoty minima, maxima, průměru a také 25 %-75 % naměřené hodnoty.



*V<sub>4a</sub>: Ovlivňuje velikost skoliotické křivky anteroposteriorní rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

Pro porovnávání jednotlivých parametrů hodnotících anteroposteriorní rovnováhu byl použit parametr A.f.b. a S.D.f.b. a to u jedinců se skoliózou v oblasti DThp. V oblasti HThp se hodnoty nepřibližovaly statistické významnosti, proto zde nebudou zmiňovány. Celkem 16 jedinců z výzkumného souboru o 22 probandech mělo zaznamenáno skoliózu v dané oblasti páteře. Zbývající počet probandů neměl skoliózu v DThp přítomnu.

Z vybraných výsledků (obrázek 17.) vyplývá, že největší rozdíl vybraného parametru A.f.b. s přítomností vizuální zpětné vazby byl zaznamenán mezi jedinci s rozsahem deformity 11-19° a jedinci s nejzávažnějším stupněm skoliózy, tedy nad 20° dle Cobba ( $p=0,068$ ). Tento parametr byl měřen i bez přítomnosti vizuální zpětné vazby. Vyšší průměrné hodnoty dosáhla i skupina jedinců bez skoliózy v této oblasti. Nejmenší průměrné hodnoty byly pozorovány u jedinců s rozsahem skoliózy 11-19°, u této skupiny však docházelo k velkému rozptýlení hodnot. Z výše uvedeného vyplývá, že větší velikost skoliotické křivky nemusí být spojena s většími výchylkami v anteroposteriorním směru během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional.



Obrázek 17. Anteroposteriorní rovnováha u jedinců se skoliózou v dolní hrudní páteři  
 Vysvětlivky: žlutě – průměrná hodnota, černě – hodnota maxima a minima, DThp –dolní hrudní páteř, A.f.b. – průměr náklonu plošiny v anteroposteriorním směru

Tabulka 3. Porovnání p hodnot jednotlivých skupin pomocí Kruskal-Wallisova testu.

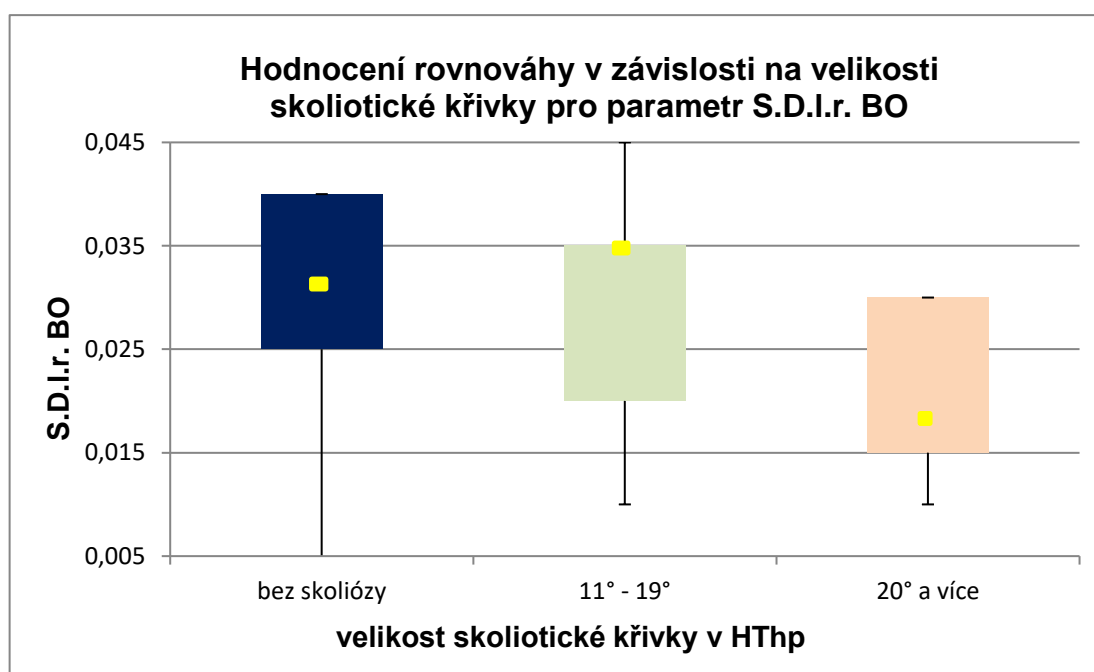
skupina	Vícenásobné porovnání p hodnot			
	<b>0</b> (R:13,667)	<b>1</b> (R:7,7500)	<b>2</b> (R:6,7143)	<b>3</b> (R:15,500)
<b>0</b>	x	1,000000	0,325805	1,000000
<b>1</b>	1,000000	x	1,000000	0,819655
<b>2</b>	0,325805	1,000000	x	0,068204
<b>3</b>	1,000000	0,819655	0,068204	x

Vysvětlivky: 0 – skupina probandů bez skoliózy, 1- křivka do velikosti 10°, 2- velikost skoliózy 11-19°, 3- velikost skoliózy 20° a více

**V<sub>4b</sub>: Ovlivňuje velikost skoliotické křivky mediolaterální rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?**

Pro porovnávání jednotlivých parametrů hodnotící mediolaterální rovnováhu byl použit parametr S.D.I.r. a A.I.r. pro HThp. Tyto parametry byly měřeny i pro DThp, výsledné rozdíly se však nepřibližovaly statistické významnosti. Celkem 19 jedinců z celého výzkumného souboru mělo zaznamenáno skoliózu v horní hrudní oblasti páteře. Zbývající počet probandů neměl skoliózu v HThp přítomnu.

Z výsledků (obrázek 18.) vyplývá, že jedinci s křivkou 11° - 19° v této oblasti mají největší průměrnou hodnotu mediolaterálních výchylek z celého výzkumného souboru. Větší průměrná hodnota mediolaterální výchylky byla popsána i u skupiny bez skoliózy. Skolióza v oblasti HThp v rozsahu 1-10° nebyla u žádného z jedinců výzkumného souboru pozorována. Největší výchylky byly zaznamenány u skupin probandů bez skoliózy a s nejtěžším stupněm skoliózy, přičemž  $p = 0,465$ . Z grafu vyplývá, že jedinci bez skoliózy v této oblasti mají vyšší hodnoty parametru směrodatné odchylky v mediolaterálním směru, než probandi s nejtěžším stupněm skoliózy.



Obrázek 18. Mediolaterální rovnováha u jedinců se skoliózou v horní hrudní páteři  
Vysvětlivky: žlutě – průměrná hodnota, černě – hodnota maxima a minima, HThp – horní hrudní páteř, S.D.I.r. BO – hodnota směrodatné odchylky náklonu plošiny v mediolaterálním směru bez vizuální zpětné vazby

Tabulka 4. Porovnání p hodnot jednotlivých skupin pomocí Kruskal-Wallisova testu pro parametr S.D.I.r. bez vizuální zpětné vazby

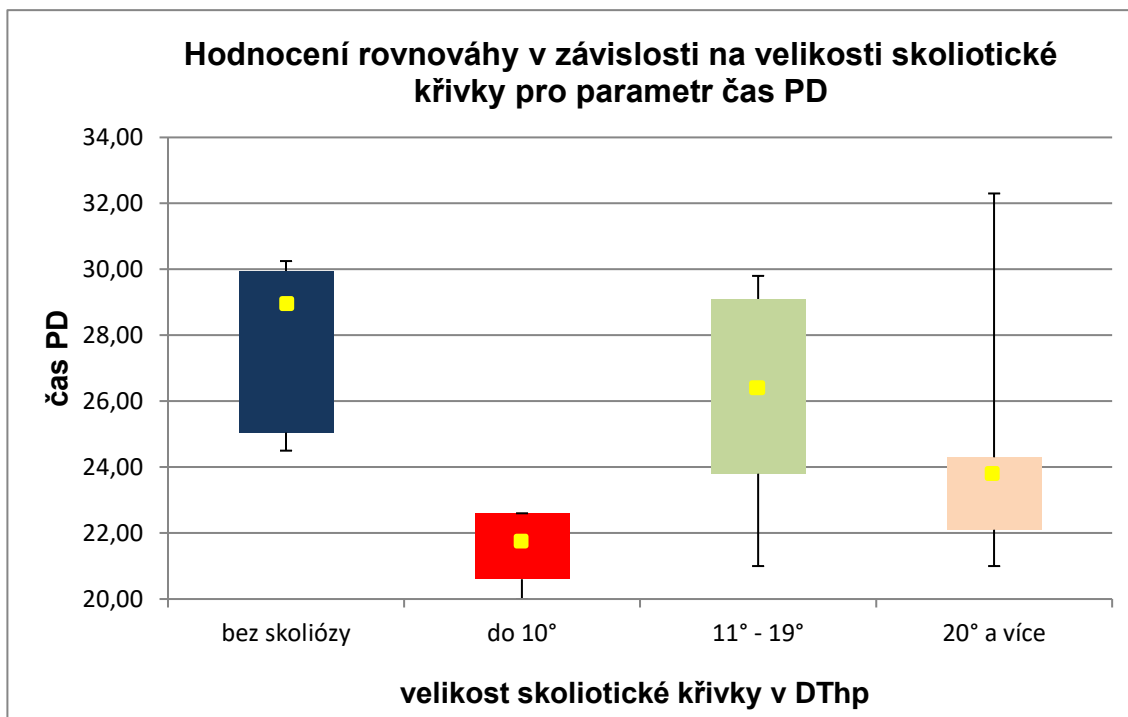
skupina	vícenásobné porovnání p hodnot		
	<b>0</b> (R:13,500)	<b>2</b> (R:14,045)	<b>3</b> (R:7,2500)
<b>0</b>	x	1,000000	0,465350
<b>2</b>	1,000000	x	0,072937
<b>3</b>	0,465350	0,072937	x

Vysvětlivky: 0 – skupina probandů bez skoliózy, 2- velikost skoliózy 11-19°, 3- velikost skoliózy 20° a více

**V4c:** Je větší skoliotická křivka spojena s častější výchytkou těžiště během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?

V rámci této výzkumné otázky byl hodnocen čas PD, po který byli jedinci výzkumného souboru schopni udržet kuličku ve středu při realizaci testu 13 na balanční plošině Gym Top USB Professional.

Z vybraných výsledků vyplývá, že jedinci se skoliózou do 10° v DThp mají největší problém udržet kuličku ve středu kruhu. Největší rozdíl v čase, po který bylo nutné udržet kuličku ve středu vyobrazení, je popsán mezi jedinci bez skoliózy a jedinci s rozsahem deformity do 10° (p=0,653). U skupiny jedinců s nejzávažnějším stupněm skoliózy nebyly pozorovány horší hodnoty parametru čas PD, než u jedinců se skoliózou v rozsahu 11-19° (p=0,1000) a u jedinců bez skoliózy v DThp (p=0,169).



Obrázek 19. Rovnováha u jedinců se skoliózou v dolní hrudní páteři

Vysvětlivky: žlutě – průměrná hodnota, černě – hodnota maxima a minima, DThp –dolní hrudní páteř, čas PD – časový údaj, po který byla držena kulička ve středu kruhu

Tabulka 5. Porovnání p hodnot parametru čas PD jednotlivých skupin pomocí Kruskal-Wallisova testu

skupina	Vícenásobné porovnání p hodnot			
	0 (R:16,500)	1 (R:3,000)	2 (R:12,571)	3 (R:8,5714)
0	x	0,065339	1,000000	0,169137
1	0,065339	x	0,396040	1,000000
2	1,000000	0,396040	x	1,000000
3	0,169137	1,000000	1,000000	x

Vysvětlivky: 0 – skupina probandů bez skoliózy, 1- křivka do velikosti 10°, 2- velikost skoliózy 11-19°, 3- velikost skoliózy 20° a více

**Z diagnostického testu 13 na balanční plošině Gym Top USB Professional vyplývá, že větší stupeň skoliotické křivky nesouvisí s většími výchylkami anteroposteriorní a mediolaterální rovnováhy.**

## 6 DISKUZE

Idiopatická skolióza je v současnosti velmi častým ortopedickým onemocněním páteře, jež postihuje velkou část populace. První záznamy jsou známé již od starověku, přesná příčina vzniku skoliózy však zůstává stále nejasná, mimo skoliózy v rámci vrozených či získaných onemocnění. Prevalence idiopatické skoliózy u adolescentů je v zahraničních studiích odhadována mezi 1 – 3 % s častějším výskytem u dívek (Du et al., 2016). Nárůst prevalence je dále spojen s postupně se zvyšující zeměpisnou šířkou, čili klesajícím množstvím slunečního záření a tedy i sníženými dávkami melatoninu (Grivas et al., 2006). V České republice je prevalence idiopatické skoliózy asi 5,8 % u dospívajících jedinců. Dle Drnkové, Černého, Kosteasa a Hudečka (2019) dochází k nárůstu vadného držení těla u dětí na 42,4 % s častějším výskytem u chlapců 46,2 % a u dívek na 38,4 %. Výskyt vadného držení těla byl prokázán v souvislosti s nízkou hmotností, ale také s nadváhou a obezitou, přičemž toto vadné držení těla bylo u těchto jedinců častější.

Idiopatická skolióza ohrožuje jedince po celou dobu jejich kosterního růstu, vzácněji ji pak nacházíme i po ukončení tohoto kosterního růstu. Horší prognózu mívají skoliózy, jež propuknou v mladším věku, jelikož může docházet ke zvětšování páteřní deformity až do ukončení vývoje. Zvláště v období puberty jsou často pozorovány výrazné progresy skoliotické křivky. Páteř postižená skoliózou nabývá rozdílného stupně závažnosti a lokalizace zakřivení. Nepříjemné důsledky na jedince s tímto onemocněním nejsou pouze kosmetické, jedná se však o progresivní onemocnění, které mnohdy způsobuje také dechové či jiné interní obtíže způsobené útlakem orgánů, bolesti zad, problémy ve sportovní oblasti nebo může být predispozicí k dalším onemocněním a poruchám pohybového systému. Proto je velmi důležitá včasná léčba skoliózy. Skoliotické křivky s úhlem do 20° dle Cobba jsou pravidelně kontrolovány, aby byla zachycena jejich progresse. Pacientům s úhlem do 40° dle Cobba je indikován korzet a u jedinců s většími hodnotami skoliotické křivky pak lékaři navrhnou operativní řešení. Nenahraditelnou metodou léčby u všech typů a velikostí skolióz je rehabilitační léčba zahrnující mnoho různých přístupů zmírňující progresi samotné křivky a také důsledky tohoto onemocnění.

## Typ a tíže křivky jedinců se skoliózou ve věku 10–18 let – výzkumná otázka V<sub>1</sub>

V této výzkumné otázce jsme sledovali jaký typ skoliotické křivky a její tíže se vyskytují nejčastěji u jedinců ve věku 10 – 18 let. Dle dostupné literatury je nejčastější lokalizace výskytu křivky hrudní oblast. Jedná se o nejméně výraznější typ skoliózy, který je provázen deformitami trupu různé závažnosti a gibbem. Může rychle progredovat, a proto také mívá nejhorší prognózu. Autoři Konieczny, Senyurt a Krauspe (2013) ve své studii uvádějí, že skoliózu v oblasti hrudní páteře má až 48 % všech jedinců. Druhé místo zauímají thorakolumbální a lumbální skoliózy, jejichž počet se odhaduje asi na 40 %. Suh, Modi, Yang a Hong (2011) porovnávali skoliózu u více než 1 milionu dětí. Z výsledků studie vychází, že chlapci mají větší zastoupení thorakolumbálních a lumbálních křivek, zatímco u dívek je nejčastějším typem křivky hrudní. Suh (2011) se ve své studii zabýval mírou prevalence idiopatické skoliózy, přičemž tato hodnota dosáhla 3,26 %. Větší incidence byla prokázána u dívek (4,65 %), než u chlapců (1,97 %).

V našem výzkumném souboru se výsledky zahraničních studií potvrzují, neboť u 86 % jedinců byla skolióza lokalizována v horní hrudní páteři, 72 % mělo skoliózu přítomnou v oblasti dolní hrudní páteře. Zbývající počet probandů měl lokalizovány křivky v oblasti krční páteře (5 %) a v oblasti bederní části páteře (14 %). Větší zastoupení jednotlivých probandů v daných skupinách je dáno tím, že někteří jedinci měli vyšší počet zakřivení páteře.

Stranovost křivky dle věku byla hodnocena hned několika autory, kteří se shodují, že skoliózy vzniklé do 3 let věku mají vyšší prevalenci výskytu vrcholu skoliotické křivky vlevo (56 – 88 %), než jedinci dospívající, u kterých je vrchol křivky lokalizován spíše vpravo. Tyto údaje však nevyšly obdobně v naší studii, kde u jedinců se skoliózou ve věku 10 – 18 let byl vrchol skoliotické křivky přítomen levostranně (73 %). Pokud byl přítomen i druhý vrchol křivky, pak nebyl shledán rozdíl mezi oběma stranami, čili polovina jedinců měla přítomen tento vrchol vpravo a druhá polovina souboru vlevo. Pro spolehlivější hodnocení stranovosti by bylo vhodné porovnávat ve výzkumné studii větší počet jedinců, neboť výsledky nemusí být zcela objektivní.

Co se týče tíže skoliotické křivky, Sochová (2002) ve své práci uvádí, že křivku v rozsahu do 20° dle Cobba zaznamenala celkem u 3 % studentů, křivku mezi 20° – 29° u 0,5 % a křivky větší než 30° u 0,3 % vyšetřovaných. Také Sochová udává dvakrát vyšší výskyt idiopatické skoliózy u dívek, než u chlapců s tíží křivky 10° – 19°. Dívky byly dále diagnostikovány pro velikost křivky mezi 20° a 29° až 6x častěji, než chlapci. Nejvíce případů se objevuje s velikostí křivek do 30° dle Cobba. S rostoucí křivkou ale incidence

klesá. Při velikosti křivky nad 30° dle Cobba odpovídá prevalence 0,2 %. U skolióz velmi závažných, čili nad 40° je incidence 0,1 % (Miller, 1999).

Ze všech strukturálních deformit frontální roviny je idiopatická skolióza nejčastější, neboť zahrnuje až 65 % výskytu. V současné době se stává idiopatická skolióza běžným onemocnění s prevalencí 0,47 – 5,2 % (Konyeczny et al., 2013). Prevalence a závažnost křivky je vyšší u dívek, než u chlapců a tento poměr se zvyšuje s rostoucím věkem dětí. Současné epidemiologické údaje musí být interpretovány s opatrností, protože metody stávajících studií nejsou srovnatelné. Nicméně postupný nárůst jedinců a s tím i komplikací pramenících z tohoto onemocnění je nepopíratelný.

### **Vliv somatognozie na výsledky měřených parametrů vztahující se k rovnováze jedinců se skoliózou – výzkumné otázky V<sub>2a</sub>, V<sub>2b</sub>**

*V<sub>2a</sub>: Jak se liší mediolaterální stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognozie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

*V<sub>2b</sub>: Jak se liší anteroposteriorní stabilita jedinců se skoliózou dle hodnocení somatognozie při korigovaném stoji na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

Z neurologického hlediska v rámci etiopatogeneze idiopatické skoliózy nejčastěji nacházíme poškození mozečku, vestibulárního aparátu a poruchu integrace senzorických informací a motorické kontroly. Kolář et al. (2009) popisuje somatognozii jako schopnost správné identifikace vlastního těla. Jedná se o vědomí vlastního těla ve vztahu k okolí a prostoru. Somatognozie se postupně utváří v průběhu dozrávání řídicích center CNS. U jedinců se skoliózou byla porucha somatognozie jednoznačně prokázána. Posturálními poruchami u skoliotických jedinců se ve své práci zabývají například autoři Beaulieu et al. (2008). Studie se zúčastnilo celkem 102 dívek, z toho 49 mělo skoliózu páteře větší než 10°, ostatní dívky tvořily kontrolní skupinu. Tato kontrolní skupina byla bez skoliózy. Hlavním cílem bylo zjistit, zda posturální poruchy u jedinců se skoliózou souvisí s postižením integrace senzorických informací. S využitím balanční plošiny, na které se probandi snažili udržet rovnováhu, byly měřeny jednotlivé parametry hodnotící posturální schopnosti jedinců se skoliózou a bez ní. Dle výsledků studie dochází u skoliotiků k výrazně větším výchyilkám, než u skupiny probandů bez skoliózy. Stejně tak byla potvrzena závislost tíže křivky a posturální nerovnováhy, kdy větší skoliotická křivka znamená větší posturální výchyilky při stoji na balanční pomůcce.



Ve výzkumné otázce  $V_2$  jsme sledovali vliv výsledků klinického testování kvality somatognozie na posturální stabilitu jedinců se skoliózou v korigovaném stoji na balanční plošině Gym Top USB Professional. Pozici korigovaného stoje jsme zvolili z důvodu přesně definované opěrné báze, která u běžného stoje definovaná není a mohla by ovlivnit výsledky a také z důvodu, že na balanční pomůcce Gym Top USB Professional je doporučeno cvičit právě v korigovaném stoji. Jednotliví probandi výzkumného souboru byli rozděleni do dvou skupin dle testu dvou vah, přičemž rozhodující byla 5 % hranice rozdílu hmotnosti v zatížení mezi dolními končetinami. Samotné měření na balanční plošině probíhalo v diagnostickém režimu testu 13 a to s přítomností vizuální zpětné vazby a bez ní. Vyhodnoceny byly parametry A.l.r., což je průměrná hodnota náklonu plošiny mediolaterálním směru a A.f.b., jakožto průměrná hodnota náklonu plošiny v anteroposteriorním směru. Dále byly posuzovány směrodatné odchylky těchto parametrů, a to S.D.l.r. (směrodatná odchylka náklonu plošiny v mediolaterálním směru) a S.D.f.b. (směrodatná odchylka náklonu plošiny v anteroposteriorním směru). Dle výsledků dochází ke statisticky významnému rozdílu mezi jednotlivými skupinami v rámci měření parametru A.f.b. bez vizuální zpětné vazby, přičemž nižší průměrná hodnota byla zaznamenána u jedinců s větší poruchou somatognózie. Co se však týče hodnoty směrodatné odchylky tohoto parametru, nabývá průměrná hodnota vyššího čísla u jedinců s horší somatognózií. Z toho vyplývá, že sice průměrná hodnota parametru A.f.b je nižší, ale hodnoty S.D.f.b. jsou vyšší. Stejný případ pozorujeme i u parametru A.f.b. s přítomností vizuální zpětné vazby, hodnoty však nejsou statisticky významné. V této výzkumné otázce nebyl tedy jednoznačně prokázán předpoklad, že by jedinci s větší poruchou somatognózie měli vyšší hodnoty parametrů vztahující se k posturální stabilitě, a to při měření s přítomností i bez přítomnosti vizuální zpětné vazby.

Stránecký (2009) a Véle (1995) uvádějí, že jedinci, jež mají problém s představou vlastního tělesného schématu, nejsou schopni vhodně a dostatečně korigovat držení různých částí těla a například nedostatečně vnímají kontakt chodidel s podložkou, což je považováno za faktor významně ovlivňující posturální stabilitu ve stoji. Tyto osoby tak nedokáží kvalitně procítit držení svého těla v prostoru. Předchozí práce naznačují, že existuje určitá spojitost mezi poruchou zpracování sensorických informací a skoliózou. Otázkou však zůstává, zda-li je narušení především propioceptivní složky sensorických informací jedním z hlavních faktorů, které způsobují poruchy rovnováhy u jedinců se skoliózou. V rámci posturální stability a propojení sensorických informací spolu s motorickým programem, daným svalům na základě přijatých informací z periferie a zrakového aparátu, a z něhož je potom proveden motorický pohybový program, který

má za úkol udržení postury a rovnováhy, je dalším důležitým článkem zřejmě mozeček. Určité volumetrické a morfologické změny v oblastech VIIa a VIIb pravé strany mozečku a oblasti X bilaterálně byly prokázány ve studii autorů Shi et al. (2013). Funkce těchto postižených oblastí jsou spojovány s kontrolou motoriky, zpracováním sensorických informací, pracovní paměti, ale také se zpracováním vizuálních informací.

### **Vliv vizuální zpětné vazby na parametry posturálních výchylek při stoji na plošině Gym Top USB Professional – výzkumná otázka V<sub>3</sub>**

Jedním z cílů práce bylo zjistit vliv vizuální zpětné vazby na parametry posturálních výchylek během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. Mezi sebou byly porovnávány jednotlivé hodnoty parametrů získané během měření za přítomnosti vizuální zpětné vazby a bez ní. V korigovaném stoji s vizuální zpětnou vazbou na balanční pomůcce Gym Top USB Professional byly zjištěny nižší hodnoty parametru A.f.b. a směrodatné odchylky tohoto parametru, oproti měření bez vizuální zpětné vazby. Vizuální zpětná vazba se tedy podílí na zvýšení posturální stability.

Poruchou integrace sensorických informací a poruchou propiocepce se zabývají také autoři Assaiante et al. (2012). Studie se zaměřuje především na vliv poruchy rovnováhy, propiocepce a vizuální kontroly na progresi skoliotické deformity. Dále byly porovnány rozdíly ve statické a dynamické rovnováze jedinců s postižením těchto sensorických čidel v porovnání s kontrolní skupinou. Vizuální zpětná vazba pomohla zlepšit stabilitu jak u kontrolní skupiny probandů, tak i u jedinců se skoliózou. V rámci porovnání dynamické rovnováhy bez přítomnosti vizuální zpětné vazby, kdy jedinci spoléhali výhradně na propiocepci, byly pozorovány významně větší oscilace a horší adaptibilita s měnícími se nároky na změnu polohy u pacientů se skoliózou, než u kontrolní skupiny.

Stejně tak Halická et al. (2013) potvrzují, že vizuální biofeedback poskytuje umělé zrakové informace o pohybech těla a tím doplňuje přirozené vjemy zraku a podílí se na zlepšení posturálních schopností. Ve studii autorů Palmy et al. (2009) byl hodnocen vliv vizuální zpětné vazby na balanční plošině Balance Biodex System, přičemž výsledky studie potvrzují pozitivní vliv vizuálního zpětné vazby na zvýšení posturální jistoty. U měřených parametrů došlo k nejmenším výchylkám během stoje na této plošině při využití vizuálního biofeedbacku v porovnání se stojem se zavřenýma očima.

Dle Véleho (1997) dochází při vyřazení zrakové kontroly ke zhoršení posturální stability. Zavření očí ve stoji by však nemělo zdravého jedince výrazněji ovlivňovat, neboť výskyt posturálních výchylek je do určité míry fyziologický.

#### **Vliv velikosti skoliotické křivky na rovnováhu jedinců se skoliózou – výzkumné otázky V<sub>4a</sub>, V<sub>4b</sub>, V<sub>4c</sub>**

*V<sub>4a</sub>: Ovlivňuje velikost skoliotické křivky anteroposteriorní rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

*V<sub>4b</sub>: Ovlivňuje velikost skoliotické křivky mediolaterální rovnováhu jedinců se skoliózou během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

*V<sub>4c</sub>: Je větší skoliotická křivka spojena s častější výchylkou těžiště během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional?*

V této výzkumné otázce bylo zjišťováno, zda má tíže skoliotické křivky přímou souvislost s vyššími hodnotami vztahující se k posturálním výchylkám během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. Dle několika studií vykazují jedinci se skoliózou nárůst amplitudy posturálních oscilací spojených s posturální nestabilitou a zvýšenou asymetrií dynamiky dolních končetin. Variabilita analyzovaných parametrů byla větší u skoliotických jedinců než u kontrolních skupin, a to zejména v mediolaterálním a anteroposteriorním směru. Bylo zjištěno, že pozorované dynamické strategie mají za následek pomalejší pohyby během normální chůze, chůze na svahu a postranní krokování (Chen et al., 1998; Nault et al., 2002; Shalstrand, Ortengren, & Nachemson, 1978). Studie autorů Bryneela, Chaveta, Ebermeyera a Measureho (2011) potvrzuje existující vazbu mezi tíží skoliotické křivky, tj. Cobbovým úhlem a vybranými parametry pro charakterizaci posturálních strategií. Skoliotičtí jedinci byli charakterizováni většími destabilizačními změnami v rámci mediolaterální rovnováhy v porovnání s hodnotami vztahujícími se k anteroposteriorní rovnováze. Nicméně v dostupné literatuře jsou tyto výsledky sporné. Dle studie autorů Adlera, Blecka, Rinskyho a Younga (1986), kteří zkoumali posturální mechanismy u 91 dívek se skoliózou a 57 dívek tvořilo kontrolní skupinu, bylo zjištěno, že progresse křivky a posturální stabilita není ovlivněna velikostí křivky. Nebyly ani zaznamenány rozdíly statistické rovnováhy mezi jedinci s progredující křivkou, bez této progresse, ale také u

jedinců s ukončeným a bez ukončeného růstu. Podskupina probandů, jejichž křivka progredovala navzdory ortotické léčbě, měla tendenci vykazovat větší stabilitu v jednotlivých testech. Překvapivě byla zjištěna rychlejší reakční doba a menší chybovost v koordinaci oko-ruka, než u jiných skupin. Gauchard, Lascombes, Kuhnast a Perrin (2001) zkoumali různé typy progresivních křivek jedinců s idiopatickou skoliózou a jejich vliv na statickou a dynamickou rovnováhu. Z celkového počtu 102 probandů mělo lokalizovánu křivku v oblasti hrudní páteře 36 osob, v oblasti thorakolumbální 22 osob, v lumbální 23 osob a dvojitou křivku vykazovalo celkem 21 osob. Co se týče statické rovnováhy, tak probandi s většími hlavními křivkami vykazovali lepší výsledky, než jedinci s menším stupněm hlavní křivky. Při testování dynamické rovnováhy byly pozorovány podobné hodnoty latence ve všech skupinách. V pomalém dynamickém testu byly zaznamenány lepší hodnoty vztahující se k posturální stabilitě u jedinců s nižším stupněm skoliózy.

V našem výzkumném souboru byl zkoumán vliv velikosti skoliotické křivky na jednotlivé parametry rovnováhy. Byly použity hodnoty skoliózy v oblasti horní a dolní Th páteře, dále parametry A.f.b., A.l.r., směrodatné odchyly S.D. pro oba směry a čas PD, po který byli jedinci schopni udržet kuličku ve středu kruhu. Probandi byli rozděleni do 4 skupin dle velikosti skoliózy. První skupina neměla přítomnu skoliózu v dané oblasti páteře, druhá skupina měla hodnoty Cobbova úhlu v rozmezí 1-10°, třetí skupina 11 – 19° a čtvrtá skupina měla hodnoty skoliózy největší, a to 20° a více.

Nejmenší průměrné hodnoty anteroposteriorní výchylky byly pozorovány u jedinců s rozsahem skoliózy 11–19°, u této skupiny však docházelo k velkému rozptýlení hodnot. Největší rozdíl vybraného parametru A.f.b. s přítomností vizuální zpětné vazby byl zaznamenán mezi jedinci s rozsahem deformity 11 – 19° a jedinci s nejzávažnějším stupněm skoliózy ( $p=0,068$ ). Z výše uvedeného vyplývá, že větší velikost skoliotické křivky nemusí být spojena s většími výchylkami anteroposteriorní rovnováhy během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. V rámci měření mediolaterální rovnováhy vyplývá, že jedinci bez skoliózy v této oblasti mají vyšší hodnoty parametru směrodatné odchyly v mediolaterálním směru, než probandi s nejtěžším stupněm skoliózy. Vyšší průměrná hodnota tohoto parametru byla popsána i u skupiny bez skoliózy.

V této výzkumné otázce bylo dále zjišťováno, zda je větší skoliotická křivka spojena s častějšími výchylkami těžiště během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. Jedinci se skoliózou do 10° v dolní hrudní páteři mají největší problém udržet kuličku ve středu kruhu. Největší rozdíl v čase, po který bylo nutné udržet kuličku ve středu vyobrazení, je popsán mezi jedinci bez skoliózy a jedinci s rozsahem deformity do 10° ( $p=0,653$ ). U skupiny jedinců s nejzávažnějším stupněm

skoliózy nebyly pozorovány horší hodnoty parametru čas PD, než u jedinců se skoliózou v rozsahu 11 – 19° ( $p=0,1000$ ) a u jedinců bez skoliózy ( $p=0,169$ ).

Jednou z příčin, kdy nacházíme lepší výsledky v rámci testování posturálních schopností jedinců se skoliózou je fakt, že vzhledem k závažnosti onemocnění a nejasné progresi, jsou tyto osoby často odesílány lékaři k rehabilitační léčbě. Cílem je zpomalení progresu křivky a také její co možná největší vyrovnání. Využit lze spoustu metod a přístupů. Jednou z nich je i stabilizace trupového svalstva. Z tohoto důvodu bychom mohli u pacientů se skoliózou pozorovat lepší hodnoty vztahující se k posturální stabilitě, než u osob, které pravidelně necvičí. To však nebylo cílem této studie a zahraniční práce tento vztah jednoznačně nepotvrzují. V úvahu lze brát i to, že pacienti s těžším stupněm skoliotické křivky jsou k pravidelnému cvičení více motivováni, než jedinci s menším stupněm křivky.

Vzhledem k malému výzkumnému souboru nemohla být data posouzena dle pohlaví, věku, velikosti a dle lokalizace skoliotické křivky. Za další limit studie může být považován fakt, že výsledky nebyly porovnány s kontrolní skupinou zdravých jedinců.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, zda souvisí idiopatická skolióza s poruchami rovnováhy a ohodnotit variabilitu parametrů popisující posturální stabilitu na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. Vedlejším cílem této práce bylo zjistit, do jaké míry ovlivňuje posturální stabilitu jedinců se skoliózou vizuální zpětná vazba.

Měřenými parametry byly směrodatné odchylky náklonu balanční plošiny v anteroposteriorním (S.D.f.b.) a mediolaterálním směru (S.D.l.r.), průměrná úhlová rychlost náklonu plošiny v obou směrech (A.f.b. a A.l.r.) a také čas PD, kdy se jedinci během korigovaného stoje na balanční pomůcce Gym Top USB Professional snažili o udržení kuličky ve středu vyobrazení co nejdelší dobu. K diagnostice rovnováhy byl využit diagnostický test 13 ve variantách s přítomností a bez přítomnosti vizuální zpětné vazby. Výzkumný soubor byl tvořen 22 jedinci s různým stupněm skoliózy, jež pravidelně navštěvují skoliotickou poradnu Proteor v Olomouci.

Dle výsledků se u jedinců ve věku 10–18 let vyskytuje skoliotická křivka nejčastěji v oblasti horní hrudní páteře. Nejméně zastoupeny byly křivky lokalizované v oblastech krční a bederní části páteře. Nejčastějším typem byla křivka tvaru S. Dále bylo posuzováno, zda ovlivňuje somatognozie jednotlivé parametry vztahující se k poruchám rovnováhy jedinců se skoliózou. Výzkumný soubor byl rozdělen do 2 skupin na základě vyhodnocení zkoušky 2 vah. Statisticky významnými se jeví pouze hrozdily hodnot parametru A.f.b. bez vizuální zpětné vazby, kdy  $p=0,014$ . Rozdílly hodnot ostatních měřených parametrů nejsou statisticky významné. Porovnáním proměnných získaných měření rovnováhy na balanční plošině Gym Top USB Professional bylo zjištěno, že vizuální zpětná vazba má vliv na hodnoty parametru A.f.b., přičemž  $p=0,003$  a na hodnoty S.D.f.b., kdy  $p=0,023$ . Zjišťován byl i vliv velikosti skoliotické křivky na poruchy rovnováhy u skoliotických probandů. Dle výsledků nebyla jednoznačně prokázána závislost, že by jedinci s větším stupněm skoliotické křivky v dané oblasti páteře měli větší výchyly anteroposteriorní a mediolaterální rovnováhy během korigovaného stoje na balanční pomůcce, než jedinci s menším, či žádným stupněm skoliózy v dané oblasti páteře.

## 8 SOUHRN

Idiopatická skolióza je onemocnění páteře, kterému je potřeba věnovat pozornost, neboť v posledních letech dochází k nárůstu počtu jedinců s tímto onemocněním. Přesná příčina tohoto onemocnění zůstává nadále nejasná, je však známo, že k jejímu vzniku přispívá více faktorů. Idiopatická skolióza je také často spojována s abnormalitami ve vizuální, vestibulární, proprioceptivní složce rovnováhy či posturální kontrole těla, a proto byl proveden tento výzkum hodnotící rovnováhu jedinců se skoliózou. Obsahem teoretické části bylo seznámení čtenáře s informacemi týkající se posturálních funkcí, vzniku a spolupodílejících se faktorech etiopatogeneze skoliózy.

Hlavním cílem studie bylo zjistit, do jaké míry souvisí idiopatická skolióza s poruchami rovnováhy a ohodnotit variabilitu parametrů popisující posturální stabilitu na balanční pomůcce Gym Top USB Professional. Dílčím cílem bylo zjistit vliv vizuální zpětné vazby na rovnováhu jedinců se skoliózou.

Výzkumný soubor byl sestaven z náhodně vybraných jedinců se skoliózou, jenž pravidelně docházejí ke kontrole do zdravotnického zařízení Proteor v Olomouci. Tento výzkumný soubor byl tvořen 22 probandy s průměrným věkem  $13,7 \pm 2,1$  let. Celkem se studie zúčastnilo 17 dívek s průměrným věkem  $13,7 \pm 1,9$  let a 5 chlapců s průměrným věkem  $14 \pm 2,8$  let. U těchto probandů byla testována rovnováha v korigovaném stoji za přítomnosti a bez přítomnosti vizuální zpětné vazby, a to na balanční plošině Gym Top USB Professional.

Porovnáním proměnných získaných měření rovnováhy na balanční plošině Gym Top USB Professional bylo zjištěno, že můžeme uvažovat nad vlivem somatognozie na jednotlivé měřené parametry, a to zejména u parametru A.l.r. bez vizuální zpětné vazby. Dále byl potvrzen i pozitivní vliv vizuální zpětné vazby u parametrů A.f.b a jeho směrodatné odchylky. Zjišťován byl i vliv velikosti skoliotické křivky na poruchy rovnováhy u skoliotických probandů. Dle výsledků měření, větší stupeň skoliotické křivky nesouvisí s většími výchylkami anteroposteriorní a mediolaterální rovnováhy.

## 9 SUMMARY

There is increasing number of patients with idiopathic scoliosis in recent years. The exact cause of idiopathic scoliosis remains uncertain. Idiopathic scoliosis is often associated with abnormalities in visual, vestibular, proprioceptive or postural balance control. The theoretical part contains information on postural functions and scoliosis etiopathogenesis.

The study researches correlation between idiopathic scoliosis and balance disorders and evaluates postural parameters on the Gym Top USB Professional balance aid. The study also researches visual feedback effect on the balance of individuals with scoliosis.

The research group was composed of randomly selected patients with scoliosis regularly visiting Proteor health facility in Olomouc. A total of 22 probands with an average age of  $13.7 \pm 2.1$  years entered the study. A total of 17 girls with an average age of  $13.7 \pm 1.9$  and a total of 5 boys with an average age of  $5 \pm 2.8$  years. A total of 22 probands were tested in balance with and without visual feedback parameters on the Gym Top USB Professional balance aid.

In conclusion, somatognosia might influence different measured parameters, predominantly A.l.r. without visual feedback. Furthermore, the positive effect of visual feedback on the A.f.b parameter was confirmed. According to the measurement results, a greater degree of scoliotic curve is not related to greater variations in anteroposterior and mediolateral balance.



## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Adler, N., Bleck, E. E., Rinsky, L. A., & Young, W. (1986). Balance reactions and eye-hand coordination in idiopathic scoliosis. *Journal of orthopaedic research*, 4(1), 102–107.
- Assainte, Ch., Malau, S., Jouve, J. L., Bollini, G., & Vaugoyeau, M. (2012). Do adolescent idiopathic scoliosis (AIS) neglect proprioceptive information in sensory integration of postural control? *Plos one*, 7(7), 1–10. Retrieved 27. 2. 2019 from the World Wide Web: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0040646>
- Blaha, J. (2005). *Idiopatická skolióza-screening, prognostika a konzervativní terapie*. Hradec Králové: Gaudeamus.
- Beaulieu, M., Touloute, C., Gatto, L., Rivard, Ch. R., Teasdale, N., Simoneau, M., & Allard, P. (2009). Postural imbalance in non-treated adolescent idiopathic scoliosis at different periods of progression. *European spine journal*, 18(1), 38–44.
- Berg, K. (1989). Balance and its measure in the elderly: a review. *Physiotherapy Canada*, 41(5), 240–245,
- Allard, P. (2008). Postural imbalance in non-treated adolescent idiopathic scoliosis at different periods of progression. *European spine journal*, 18, 38–44. Retrieved 19. 2. 2019 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2615119/>.
- Beaulieu, M., Toulotte, C., Gatto, L., Rivard, C., Teasdale, N., Simoneau, M., Allard, P. (2009). Postural imbalance in non-treated adolescent idiopathic scoliosis at different periods of progression. *European spine journal*, 18(1), 38–44.
- Blecher, R., Krief, S., Galili, T., Biton, I. E., Stern, T., Assaraf, E., Levanon, D., Appel, E., Anekstein, Y., Agar, G., Groner, Y., & Zelder, E. (2017). The Proprioceptive System Masterminds Spinal Alignment: Insight into the Mechanism of Scoliosis. *Developmental Cell*, 42(4), 388–399.
- Bowden, G. (2010). *The Oxford handbook of orthopaedics and trauma*. Oxford: Oxford University Press.
- Briasoulli, A., Benois-Pineau, J., & Hauptmann, J. A. (2015). *Health monitoring and personalized feedback using multimedia data*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland.

- Bronstein, A. M., Brandt, T., Woollacott, M. H., & Nutt, J. G. (2004). *Clinical disorders of balance, posture and gait*. London: Edward Arnold.
- Bruyneel, A. V., Chavet, P., Ebeymeyer, E., & Mesure, S. (2011). Idiopathic scoliosis: relations between the Cobb angle and the dynamical strategies when sitting on a seesaw. *European spine journal*, 20(2), 247–253.
- Bujang, R., Wahat, N. H. A., & Umat, C. (2013). Posture stability in adult cochlear implant recipients. *Journal of medical sciences (Faisalabad)*, 13(2), 86–94.
- Catanzariti, J. F., Agnani, O., Guyot, M. A., Wlodyka-Demaille, S., Khenioui, H., & Donze, C. (2014). Does adolescent idiopathic scoliosis relate to vestibular disorders? A systematic review. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 57(6–7), 465–479.
- Čakrt, O., & Truc, M. (2009). Poruchy rovnováhy. In P. Kolář et al. (Eds.), *Rehabilitace v klinické praxi* (pp. 362–367). Praha: Galén.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 1*. Praha:Grada.
- Doménech, J., Tormos, J. M., Barrios, C., & Pascual-Leone, A. (2010). Motor cortical hyperexcitability in idiopathic scoliosis. Could focal dystonia be a subclinicaletiological factor? *European spine journal*, 19, 223–230. Retrieved 27. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2899814/>.
- Doménech, J., García-Martí, G., Bonmátí, L., Barrios, C., Tormos, J. M., & Pascual-Leone (2011). Abnormal activation of the motor cortical network in idiopathic scoliosis demonstrated by functional MRI. *European spine journal*, 20, 1069–1078. Retrieved 28. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3176702/>.
- Drnková, J., Černý, P., Kosteas, A., & Hudeček, M. (2019). Konzervativní léčba skoliózy s využitím moderních technologií (all in Czech). *Ortopedická protetika*, 40–49.
- Du, Q., Zhou, X., Negrini, S., Chen, N., Yang, X., Liang, J., & Sun, K. (2016). Scoliosis epidemiology is not similar all over the world: a study from a scoliosis school screening on Chongming Island (China). *BMC Musculoskeletal disorders*, 17(1), 1–8.

- Gajewska, E., Sobieska, M., Kaczmarek, E., Suwalska, A., & Steinborn, B. (2013). Achieving motor development milestones at the age of three months may determine, but does not guarantee, proper further development. *The Scientific world journal*, 9, 1–11, Retrieved 28. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/354218>
- Gallo, J. (2011). *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Gauchard, G., Lascombes, P., Kuhnast, M., Perrin, P. (2001). Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control. *Spine*, 1, 1052–1058.
- Grivas, T. B., Vasiliadis, E., Mouzakis, V., Mihos, C., & Koufopoulos, G. (2006). Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis*, 1, 9.
- Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural Plasticity*, 12(2–3), 99–108.
- Hadders-Algra, M. (2013). Typical and atypical development of reaching and postural control in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(s4), 5–8.
- Halická, Z., Lobotková, J., Bučková, K., & Hlavačka, F. (2013). Effectiveness of different visual biofeedback signals for human balance improvement (in press). *Gait & Posture*, 39(1), 410–414.
- Hawasli, A. H., Hullar, T. E., & Dorward, I. G. (2015). Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *European spine journal*, 24(2), 227–233.
- Horak, F. B., & MacPherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. In Shepard, J., Rowell, L. (Eds.). *Handbook of physiology* (pp. 255–292). New York: Oxford University Press.
- Chen, P., Wang, J., Tsuang, Y., Liao, T., Huang, P., & Hang, Y. (1998). The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescent. *Clinical Biomechanics*, 13(1), 52–58.
- Janssen, M. M., Kouwenhoven, J. W. , & Castelein, R. M. (2010). The role of posteriorly directed shear loads acting on a pre-rotated growing spine: a hypothesis on the pathogenesis of idiopathic scoliosis. *Europe PMC*, 158, 112–117.

- Kim, K., Mullineaux, D. R., & Jeon, K. (2019). A comparative study of spinal deformity and plantar pressure according to the static standing posture of female adolescents with or without idiopathic scoliosis. *Iran Journal of Public Health*, 48(2), 345–346.
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Kolář, P. (2002). Vadné držení těla z pohledu posturální ontogeneze. *Pediatric pro praxi*, 3, 106–109.
- Konyeczny, M. R., Senyurt, H., & Krauspe, R. (2013). Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of children's orthopaedics*, 7(1), 3–9.
- Kováčiková, V. (2005). Základ skoliózy v motorické ontogenezi. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 12(3), 134–137.
- Krbec, M. (2008). Skolióza. *Lékařské listy, příloha Zdravotnických novin*, 57(12), 15–18.
- Koudela, K. (2004). *Ortopedie, 1. vydání*. Praha: Karolinum.
- Křupka, B. (2010). Poruchy rovnováhy. In M. Ortel, V. Facová et al. (Eds.), *Člověk, jeho smysly a svět* (pp. 132–136). Praha: Grada.
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L., & Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. *Clinical Neurophysiology*, 38(6), 411–421.
- Latalski, M., Danielewicz-Bromberek, A., Fatyga, M., Latalska, M., Kromber, M., & Zwolak, P. (2017). Current insights into the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 137(10), 1327–1333.
- Le Berre, M., Guyot, M. A., Agnani, O., Bourdeauducq, I., Versyp, M. C., Donze, C., Thévenon, A., & Catanzariti, J. F. (2017). Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 26(6), 1638–1644.
- Lord, S. R., & Menz, H. B. (2000). Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*, 46(6), 306–310.

- Miller, N. H. (1999). Cause and natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Orthopaedic Clinics of North America*, 30(3), 343–352.
- Nault, M. L., Allard, P., Hinse, S., Le Blanc, R., Caron, O., Labelle, H., Sadeghi, H. (2002). Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 1, 1911–1917.
- Nenutilová, J. (2012). *Možnosti využití pomůcky Gym Top USB Professional při posturálním tréninku*. Olomouc: Bakalářská práce.
- Palm, H. G., Strobel, J., Achatz, G., Leubken, F., & Friemert, B. (2009). The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. *Gait & Posture*, 30(3), 328–333.
- Pialasse, J. P., Mercier, P., Descarreaux, M., & Simoneau, M. (2017). A procedure to detect abnormal sensorimotor control in adolescents with idiopathic scoliosis. *Gait posture*, 57, 54–59.
- Rokyta, R., & kolektiv (2016). *Fyziologie, 3. přepracované vydání*. Praha: Grada.
- Simoneau, M., Lamonthe, V., Hutin, E., Mercier, P., Teasdale, N., & Blouin, J. (2009). Evidence for cognitive vestibular integration impairment in adolescent idiopathic scoliosis patients. *BMC neuroscience*, 10(102), 1–7. Retrieved 25. 3. 2019 from the World Wide Web:  
<http://bmcneurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2202-10-102>.
- Shalstrand, T., Ortengren, R., & Nachemson, A. (1978). Postural equilibrium in adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 49, 354–365.
- Shi, L., Wang, D., Driscoll, M., Villemure, I., Chu, W. C. W., Cheng, J. C. Y., & Aubin, C. E. (2011). Biomechanical analysis and modeling of different vertebral growth patterns in adolescent idiopathic scoliosis and healthy subjects. *Scoliosis*, 6(11), 2–8. Retrieved 4. 2. 2019 from the World Wide Web:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3118970/>
- Shi, L., Wang, D., Lui, S. C. N., Tong, M. C. F., Chang, J. C. Y., & Chu, W. C. W. (2013). Volumetric changes in cerebellar regions in adolescent idiopathic scoliosis compared with healthy controls. *Spine*, 13, 1904–1911. Retrieved 2. 4. 2019 from the World Wide Web:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943013007201>.
- Shi, L., Wang, D., Chu, W. C. W., Burwell, G. R., Wong, T. T., Heng, P. A., & Cheng, J. C. Y. (2011). Automatic MRI segmentation and morphoanatomy analysis of the vestibular system in adolescent idiopathic scoliosis. *NeuroImage*, 50, 180–188.

Retrieved 17. 2. 2019 from the World Wide Web:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811910003952>.

Sochová, V. (2002). Skoliózy dětí a mladistvých. *Rehabilitácia*, 35(4), 212–231.

Stránecký, M. (2009). Možnosti rehabilitace při diagnostice a léčbě chronického vertebrogenního syndromu. *Bolest*, 12(2), 93–100.

Suh, S. W., Modi, H. N., & Hong, J. H. (2011). Idiopathic scoliosis in Korean schoolchildren: a prospective screening study of over 1 million children. *European Spine Journal*, 20(7), 1087–1094.

Trojan, S. (2003). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing.

Véle, F. (1995). *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum.

Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing.

Véle, F. (2006). *Kineziologie. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy, 2. vydání*. Praha: TRITON.

Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (I. Část) terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 4, 115–121.

Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (II. Část) řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 4, 122–129.

Watson, M. A., Black, F. O., & Crowson, M. (2016). The human balance system: A complex coordination of central and peripheral systems. *Vestibular.org*, 36.

Retrieved 14. 2. 2019 from the World Wide Web:

[https://vestibular.org/sites/default/files/page\\_files/Documents/Human%20Balance%20System\\_36.pdf](https://vestibular.org/sites/default/files/page_files/Documents/Human%20Balance%20System_36.pdf)

Wiernicka, M., Kotwicki, T., Kaczmarek, D., & Lochynski, D. (2010). Postural stability in girls with idiopathic scoliosis. *Scoliosis*, 5(1):O36. Retrieved 13. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2F1748-7161-5-S1-O36.pdf>

## 11 PŘÍLOHY

## **Informovaný souhlas pro pacienta**

Název diplomové práce: **Vliv skoliózy na rovnováhu pacienta**

**Jméno pacienta:**

**Datum narození:**

**Pacient byl do studie zařazen pod číslem:**

**Odpovědný lékař a fyzioterapeut:**

1. Já níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let. V případě, že jsem mladší věku 18 let, přikládá podpis můj zákonný zástupce. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech a o tom, co se ode mne očekává. Lékař pověřený prováděním studie mi vysvětlil případné problémy, které by se mohly vyskytnout během mé účasti ve studii, a vysvětlil mi způsoby, jakými budou tyto problémy řešeny.
3. Informoval(a) jsem lékaře pověřeného studií o všech lécích, které jsem užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívám.
4. Budu se svým lékařem spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklého nebo nečekaného příznaku jej budu neprodleně informovat.
5. Porozuměl(a) jsem tomu, že moje účast na studii je dobrovolná. Víím, že ji mohu kdykoliv přerušit nebo ukončit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo moji další léčbu.
6. Porozuměl(a) jsem, že při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrností dle platných zákonů ČR. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (tzn. anonymní data – pod číselným kódem) nebo s mým výslovným souhlasem. Porozuměl(a) jsem tomu, že moje osobní identifikační údaje nebudou nikde uveřejněny. Do mojí dokumentace budou moci na základě mnou uděleného souhlasu moci nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů. Pro tyto případy je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat.
7. Porozuměl(a) jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já pak naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis pacienta:

Datum:

Podpis lékaře:

Podpis fyzioterapeuta:



## **Informovaný souhlas pro zákonného zástupce pacienta**

Název diplomové práce: **Vliv skoliózy na rovnováhu pacienta**

**Jméno pacienta:**

**Datum narození:**

**Pacient byl do studie zařazen pod číslem:**

**Odpovědný lékař a fyzioterapeut:**

1. Já, níže podepsaný(á), souhlasím, aby se můj syn (dcera) účastnil(a) výzkumu. Příkládám svůj podpis jako zákonný zástupce svého syna (dcery). Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech a o tom, co se od mého syna (dcery) očekává. Fyzioterapeut pověřený prováděním studie mi vysvětlil případné problémy, které by se mohly vyskytnout během mé účasti ve studii, a vysvětlil mi způsoby, jakými budou tyto problémy řešeny.
3. Informoval(a) jsem fyzioterapeuta pověřeného studií o všech lécích, které můj syn (dcera) užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívá.
4. Můj syn (dcera) bude se svým fyzioterapeutem spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklého nebo nečekaného příznaku jej budeme neprodleně informovat.
5. Porozuměl(a) jsem tomu, že účast mého syna (dcery) na studii je dobrovolná. Víím, že ji může kdykoliv přerušit nebo ukončit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo další léčbu mého syna (dcery).
6. Porozuměl(a) jsem, že při zařazení do studie budou osobní data mého syna (dcery) uchována s plnou ochranou důvěrností dle platných zákonů ČR. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (tzn. anonymní data – pod číselným kódem) nebo s mým výslovným souhlasem. Porozuměl(a) jsem tomu, že osobní identifikační údaje mého syna (dcery) nebudou nikde uveřejněny. Do jeho (její) dokumentace budou moci na základě mnou uděleného souhlasu moci nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů. Pro tyto případy je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat.
7. Porozuměl(a) jsem tomu, že jméno mého syna (dcery) se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já pak naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis zákonného zástupce pacienta:

Podpis lékaře:

Podpis fyzioterapeuta:

Datum:



Fakulta  
tělesné kultury

### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.  
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 10.4.2018 byl projekt diplomové práce

autor: **Bc. Filip Lukeš**

s názvem **Vliv skoliotického zakřivení páteře na rovnováhu pacienta**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **40/2018**  
dne: **2. 5. 2018.**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz