

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Barbora Votrubová**

**Posturální stabilita a percepce subjektivní  
zrakové vertikály u pacientů s idiopatickou  
skoliózou**

**Diplomová práce**

Praha 2019

Autor práce: **Bc. Barbora Votrubová**

Vedoucí práce: **doc. PhDr. Ondřej Čákrť, Ph.D.**

Oponent práce: **Mgr. Klára Kučerová**

Datum obhajoby: **2019**

## **Bibliografický záznam**

VOTRUBOVÁ, Barbora. *Posturální stabilita a percepce subjektivní zrakové vertikály u pacientů s idiopatickou skoliózou*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2019, 72 s. Vedoucí diplomové práce doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

## **Abstrakt**

Adolescentní idiopatická skolióza (AIS) je charakterizována jako trojrozměrná deformita páteře, jejíž etiologie je dosud neznáma. Ukazuje se, že jedním z faktorů spojených s přítomností skoliózy mohou být abnormality ve funkci vestibulárního systému. Možností, jak zhodnotit vestibulární funkci, je vyšetření posturální stability a vnímání vertikály. Cílem práce bylo porovnat posturální stabilitu a percepce subjektivní zrakové vertikály (SVV) u pacientů s idiopatickou skoliózou a jedinců bez skoliózy. Studie se zúčastnilo 12 pacientů s AIS a 12 jedinců bez skoliózy jako kontrolní skupina. K měření posturální stability byla využita siloměrná deska Kistler, testování SVV bylo provedeno pomocí digitálního zařízení Synapsys. Součástí vyšetření byl také dotazník The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) hodnotící vnímání vlastního těla u pacientů s AIS. Výsledky našeho měření neukázaly významný rozdíl mezi skupinami v posturální stabilitě a statické SVV-S. Statisticky významná odlišnost byla zaznamenána v dynamické SVV-D po směru hodinových ručiček ( $p < 0,01$ ): pacienti s idiopatickou skoliózou ( $1,19^\circ \pm 1,03^\circ$ ), kontrolní skupina ( $-0,17^\circ \pm 0,82^\circ$ ). Významný rozdíl byl také v absolutní odchylce SVV-D po směru hodinových ručiček ( $p < 0,05$ ): pacienti se skoliózou ( $1,50^\circ \pm 0,77^\circ$ ), kontrolní skupina ( $0,81^\circ \pm 0,41^\circ$ ). Tento nálezní ukazuje na možné narušení percepce vertikality u pacientů s idiopatickou skoliózou.

## **Klíčová slova**

idiopatická skolióza, vestibulární systém, vnímání vertikality, subjektivní zraková vertikála (SVV), posturální stabilita

## **Bibliographic record**

VOTRUBOVÁ, Barbora. Postural stability and subjective visual vertical perception in patients with idiopathic scoliosis. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2017, 72 p. Supervisor doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

## **Abstract**

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is characterised as a three-dimensional deformity of the spine with unknown etiopathogenesis. There is evidence that scoliosis may be associated with abnormalities of the vestibular system. Examination of postural stability and verticality perception is a way to assess vestibular function. The objective of this work is to compare postural stability and subjective visual vertical (SVV) between adolescents with idiopathic scoliosis and healthy controls. Twelve AIS patients and twelve controls participated in the study. Examination of postural stability was performed through a Kistler force platform and the SVV was tested using a pre-programmed computed equipment Synapsys. An instrument for evaluating the perception patients have of their trunk deformity, Trunk Appearance Perception Scale (TAPS), was also part of the examination. Our results did not show a significant difference between the two groups in postural stability and static SVV-S. Statistically significant difference was found on dynamic SVV-D with clockwise rotation ( $p < 0,01$ ): AIS patients ( $1,19^\circ \pm 1,03^\circ$ ), control group ( $-0,17^\circ \pm 0,82^\circ$ ). There was also a significant difference on absolute deviation of dynamic SVV-D with clockwise rotation ( $p < 0,05$ ): AIS patients ( $1,50^\circ \pm 0,77^\circ$ ), control group ( $0,81^\circ \pm 0,41^\circ$ ). These findings suggest a possible disturbance in verticality perception of patients with idiopathic scoliosis.

## **Keywords**

idiopathic scoliosis, vestibular system, sense of verticality, subjective visual vertical (SVV), postural stability

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. PhDr. Ondřeje Čakrta, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 12.8.2019

Barbora Votrubová

## **Poděkování**

Děkuji doc. PhDr. Ondřeji Čákrtovi, Ph.D. za vedení práce, odborné připomínky a čas věnovaný konzultacím. Dále bych ráda poděkovala RNDr. Václavu Čapkovi, Ph.D. za statistické zpracování dat. Díky patří také všem probandům za ochotnou spolupráci a účast na výzkumu. A v neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

## OBSAH

<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ.....</b>	<b>10</b>
1.1 IDIOPATICKÁ SKOLIÓZA .....	10
1.1.1 Epidemiologie .....	11
1.1.2 Etiopatogeneze .....	11
1.1.3 Klasifikace.....	12
1.1.4 Léčebné postupy .....	14
1.2 NERVOVÝ SYSTÉM JAKO MOŽNÝ ETIOLOGICKÝ FAKTOR AIS.....	15
1.2.1 Neuromorfologické odchylky .....	15
1.2.2 Neurofyziologické dysfunkce .....	16
1.2.3 Poruchy centrálního řízení .....	17
1.3 VESTIBULÁRNÍ SYSTÉM A IDIOPATICKÁ SKOLIÓZA .....	18
1.3.1 Experimentální studie na zvířatech.....	19
1.3.2 Skolióza a vestibulární funkce .....	20
1.3.3 Skolióza a vestibulární anatomie.....	22
1.4 VNÍMÁNÍ VERTIKALITY .....	23
1.4.1 Subjektivní vizuální vertikála.....	24
1.5 POSTURÁLNÍ STABILITA .....	26
1.5.1 Posturografie .....	27
<b>2 CÍLE A HYPOTÉZY.....</b>	<b>29</b>
2.1 CÍLE .....	29
2.2 HYPOTÉZY .....	30
<b>3 METODIKA .....</b>	<b>31</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU.....	31
3.1.1 Charakteristika skupiny pacientů se skoliózou .....	31
3.1.2 Charakteristika kontrolní skupiny .....	31
3.2 POSTUP MĚŘENÍ .....	32
3.2.1 Obrázková škála TAPS.....	32
3.2.2 Vyšetření subjektivní zrakové vertikály .....	33
3.2.3 Posturografické vyšetření.....	34
3.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	36
<b>4 VÝSLEDKY.....</b>	<b>37</b>
4.1 TAPS ŠKÁLA .....	37
4.2 SUBJEKTIVNÍ VIZUÁLNÍ VERTIKÁLA.....	38
4.2.1 Shrnutí výsledků SVV .....	41
4.3 POSTUROGRAFICKÉ VYŠETŘENÍ.....	42
4.3.1 Shrnutí výsledků posturografie .....	47
<b>5 DISKUZE .....</b>	<b>48</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>65</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>66</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>67</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>68</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>69</b>

## **SEZNAM ZKRATEK**

AIS – adolescentní idiopatická skolióza

CNS – centrální nervový systém

MRI – magnetická rezonance (z anglického „magnetic resonance imaging“)

OVAR – off-vertical axis rotation

SCC – semicirkulární kanálky

SVV – subjektivní zraková (vizuální) vertikála

SVV-D – dynamická subjektivní vizuální vertikála

SVV-S – statická subjektivní vizuální vertikála

SVV-Sf – statická subjektivní vizuální vertikála s fixací hlavy

SEP – somatosenzorické evokované potenciály

SOSORT – Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment

VEMP – vestibulární evokované potenciály



## ÚVOD

Adolescentní idiopatická skolióza (AIS) je trojrozměrná deformita páteře jejíž etiopatogeneze dosud nebyla objasněna. Většina autorů považuje AIS za multifaktoriální postižení zahrnující genetické, hormonální, metabolické, biomechanické a neurologické faktory. Některé studie předpokládají, že by se na vzniku idiopatické skoliózy mohla podílet porucha vestibulárního systému a s tím spojená změna vnímání vertikality. Uvedená teorie je předmětem zkoumání a zatím se nepodařilo potvrdit její platnost, protože výsledky výzkumů jsou nejednotné.

Tato práce poskytuje náhled do problematiky vztahu idiopatické skoliózy a vestibulární dysfunkce. Teoretická část je věnována souhrnu poznatků k danému tématu včetně představení studií, které zkoumají souvislost vestibulární patologie a idiopatické skoliózy. Cílem experimentální části práce je porovnat funkci vestibulárního aparátu mezi pacienty s AIS a zdravými jedinci bez skoliózy pomocí měření subjektivní zrakové vertikály a testováním posturální stability.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Idiopatická skolióza

Termínem skolióza je obecně označována různorodá skupina onemocnění spočívající ve změnách tvaru a postavení páteře, hrudníku a trupu (Negrini, Donzelli & Aulisa, 2018). Je třeba rozlišit strukturální skoliózu od funkční skoliózy. Křivka u funkční skoliózy není fixovaná a nemá tvarové změny obratlů. Řadíme sem například skoliózu kompenzační, hysterickou, reflexní nebo skoliózu při kořenovém dráždění (Sosna, 2001). Strukturální křivky, na rozdíl od nestrukturálních, vykazují deformitu ve všech třech rovinách, mají viditelnou asymetrii paravertebrálních zón a jsou u nich přítomny některé strukturální změny jako například klínovitá deformace těl obratlů, torze a rotace obratlů. Charakteristické pro strukturální skoliózy je výrazné omezení jejich korekce. Je u nich prakticky nemožné dosáhnout jednorázově úplného vyrovnání křivky. (Repko, 2012; Lomníček, 1973).

Repko (2010) dělí strukturální skoliózy podle příčiny vzniku na tři základní typy: idiopatickou, kongenitální a neuromuskulární. Mezi další méně časté příčiny vzniku skoliózy se řadí neurofibromatóza, poruchy mezenchymu, trauma, nádorové onemocnění, stavy po ozáření, revmatická onemocnění, pozánětlivé stavy či poruchy metabolismu (Repko, 2010; Kolář, 2009).

Pojem idiopatická skolióza poprvé uvedl Kleinberg v roce 1922 a je používán u všech pacientů, u kterých není možné určit příčinu vzniku skoliotické deformity. Ve skutečnosti se idiopatická skolióza objevuje u zjevně zdravých dětí a může se vyvíjet a progredovat v souvislosti s různými faktory zejména v období růstového spurtu (Negrini et al., 2018).

Z uvedených typů strukturální skoliózy představuje idiopatická skolióza nejčastější typ. Je definována jako trojrozměrná deformita páteře diagnostikovaná na základě měření velikosti úhlu hlavní křivky. Toto měření je obvykle prováděno metodou podle Cobba, při které je z rentgenového snímku v anteroposteriorní projekci vypočítána velikost úhlu ohnutí páteře, tzv. Cobbova úhlu (Cheng, Castelein, Chu et al. 2015). Podle společnosti pro výzkum skoliózy (The Scoliosis Research Society - SRS) je skolióza diagnostikovaná v případě laterálního zakřivení páteře při velikosti Cobbova úhlu  $10^\circ$  a více (Negrini et al, 2018; Cheng et al., 2015).

### **1.1.1 Epidemiologie**

Přibližně 80 % případů skoliózy má neznámý původ a je tedy klasifikováno jako idiopatická skolióza. Zbýlých 20 % případů tvoří skoliózy vzniklé následkem určitého rozpoznatého patologického procesu (Negrini et al., 2018). Údaje o výskytu adolescentní idiopatické skoliózy v celkové populaci se liší a není mnoho studií, které by poskytovaly dostatečně relevantní data. Jejich nedostatek spočívá v různorodosti výzkumných protokolů, proměnlivosti věkových hranic probandů a odlišných standardech pro porovnání tíže křivky a označení skoliózy, přestože podle mezinárodního konsenzu se za skoliózu považuje deformita  $\geq 10^\circ$  (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

Dostupné údaje o prevalenci AIS jsou různé v závislosti na zeměpisné šířce a pohybují se od 0,93 do 12 % (Grivas et al., 2006a), přičemž nejčastěji se v literatuře udává prevalence idiopatické skoliózy od 2 do 3 % (Negrini et al., 2018). Grivas et al. (2006a) zaznamenal větší prevalenci AIS v oblastech se severní zeměpisnou šířkou. Paralelně byl u dívek žijících v severských zemích zjištěn pozdější nástup menarche, což je považováno za jeden z rizikových faktorů progresu skoliózy. Pozdější věk při začátku menarche totiž prodlužuje dobu, kdy je páteř nejvíce náchylná k rozvoji zakřivení, zatímco na ni působí další faktory ovlivňující vznik AIS (Grivas et al. 2006b).

Idiopatickou skoliózou jsou více postiženy dívky a rovněž u dívek dochází častěji k progresi a vyskytují se u nich závažnější křivky (Konieczny et al., 2013). Skoliózou s Cobbovým úhlem od  $10^\circ$  do  $20^\circ$  jsou postiženy dívky oproti chlapcům v poměru 1,3:1 tento poměr roste na 5,4:1 při Cobbově úhlu v rozmezí  $20^\circ$  až  $30^\circ$  a dostává se na 7:1 při velikosti úhlu nad  $30^\circ$  (Negrini et al., 2018).

### **1.1.2 Etiopatogeneze**

Už více než 50 let se výzkumníci snaží najít odpověď na otázku o příčině idiopatické skoliózy. Přestože na toto téma vzniklo velké množství hypotéz a studií, žádná z nich nebyla uznána jako jednoznačná. Etiologie AIS je tedy v současnosti považována za multifaktoriální (Latalski et al., 2017; Schlösser, Colo & Castelein, 2015; De Sèze & Cugy, 2012). Uvažuje se o celé řadě aspektů, které se mohou podílet na původu AIS – genetické, hormonální, metabolické, neurologické, biomechanické, vývojové a environmentální.

Tato práce je zaměřena na hledání souvislosti mezi přítomností idiopatické skoliózy a poruchou vestibulární funkce, proto budou dále v textu samostatné kapitoly zabývající se možnou rolí vestibulární nebo jiné neurologické poruchy v etiopatogenezi AIS (kapitola 1.2 a 1.3).

### **1.1.3 Klasifikace**

Idiopatická skolióza se nejčastěji klasifikuje podle doby jejího vzniku (věku, kdy byla diagnostikována), velikosti Cobbova úhlu a lokalizace hlavní křivky (Kolář, 2003).

#### **Dělení podle doby vzniku:**

- infantilní – do 3 let věku
- juvenilní – od 3 do 10 let věku
- adolescentní – od 10 do 18 let věku
- adultní – nad 18 let věku (Shakil, Iqbal & Al-ghadir, 2014; Kolář et al., 2009)

Tato klasifikace je důležitá z hlediska rizika progresu – čím delší je doba mezi nástupem skoliózy a ukončením růstu dítěte, tím větší je riziko rozvoje závažnější skoliotické deformity (Negrini et al, 2018). V souvislosti s věkem při vzniku skoliózy se v angličtině také používá termín „early-onset scoliosis“, který by se dal přeložit jako skolióza s časným nástupem, a je určen pro skoliózy vzniklé před dosažením 10 let věku. Oproti tomu „late-onset scoliosis“, znamenající skolióza s pozdním nástupem, je pro křivky, které se vyvinuly u dětí po 10. roce věku (Cheng et al., 2015).

#### **Dělení podle velikostí úhlu měřeného dle Cobba:**

- 10 – 20°
- 20 – 40°
- 40 – 60°
- nad 60° (Kolář et al., 2009)

Křivka do 10° není považována za patologii. Jako skolióza v užším slova smyslu se zpravidla označuje pouze strukturální, tedy fixovaná, skolióza s úhlem větším než 10 stupňů (Vařeka, 2000). S křivkou větší než 30° se pojí větší riziko progresu skoliózy v dospělosti. U skoliózy přesahující 50° se předpokládá, že bude v dospělosti progredovat, může působit zdravotní potíže a snižovat kvalitu života (Negrini et al., 2018). Rozdělení dle tíže křivky má svůj význam z hlediska indikace a volby terapie (viz kapitola 1.1.4 Léčebné postupy).

Další způsob dělení je dle topografie skoliózy. Nejčastěji používané klasifikace jsou založené na **lokalizaci hlavní křivky** a jejího vrcholového obratle. Ve frontální či sagitální rovině se rozlišují jednotlivé druhy křivek:

- cervikální – mezi C1-C6
- cervikothorakální – mezi C7-Th1
- thorakální – mezi Th2-Th11
- lumbální – mezi L2-L4
- lumbosakrální – mezi L5-S1 (Kolář, 2003)

Jinou klasifikaci předložili například Ponseti & Friedman (1950), kteří rozlišili typy křivek na: cervikothorakální, thorakální, thorakolumbální, lumbální a dvojistou křivku kombinovanou z hrudní a bederní křivky tvořící tvar „S“.

Nejčastěji jsou křivky lokalizovány v hrudním úseku páteře. Je třeba rozlišit primární a sekundární skoliotickou křivku. Na primární je zpravidla více strukturálních změn (Kolář et al., 2009). Lokalizace křivky je důležitý faktor progresu skoliózy. Hrudní křivky mají největší tendenci progredovat, a to i po ukončení kostního růstu (Machida, Weinstein & Dubousset, 2018). Lumbální skoliotické křivky obvykle nedosahují takové závažnosti. Dobrou prognózu mívají i skoliózy s vícečetnou primární deformitou, například dvojitá křivka ve tvaru „S“ má lepší prognózu než jednoduchá (Kolář et al., 2009).

Existuje mnoho dalších topografických klasifikací specifických pro konzervativní nebo operační léčbu. Například klasifikace Lehnert-Schroth rozdělující páteř na tři bloky: ramenní, hrudní a lumbopelvický, které jsou proti sobě vychýlené a rotované ve frontální rovině. Nebo Rigo klasifikace, která definuje určité principy korekce potřebné pro vytvoření efektivního korzetu a zahrnuje kritéria klinická i radiologická (Cheng et al., 2015). Pro operační léčbu je nejvíce rozšířená klasifikace podle Lenkeho popisující šest typů křivek, bederní parametr a sagitální hrudní parametr. Napomáhá určit vhodný způsob chirurgické intervence a vykazuje větší spolehlivost než starší Kingův klasifikační systém (Lenke et al., 2001).

Vzhledem k velkému počtu různých klasifikačních systémů předložila Společnost pro ortopedickou a rehabilitační léčbu skolióz (SOSORT) klasifikační systém skolióz vhodný pro použití při konzervativní léčbě nebo pro potřeby výzkumu. Tento systém vznikl upravením starších klasifikací a obsahuje dělení skoliózy podle věku, velikosti zakřivení a lokalizace křivky (Tabulka 1).

Podle věku		Podle velikosti úhlu		Podle lokalizace		
věk v době diagnózy (roky)			Cobbův úhel		vrchol	
					od	do
Infantilní	0-2	lehká	do 20°	cervikální	-	C6-7
Juvenilní	3-9	středně těžká	21-35°	cerviko-thorakální	C7	T1
Adolescentní	10-17	středně těžká až těžká	36-40°	thorakální	T1-2	T11-12
Adultní	18+	těžká	41-50°	thorako-lumbální	T12	L1
		těžká až velmi těžká	51-55°	lumbální	L1-2	-
		velmi těžká	56°+			

Tabulka 1. Klasifikace idiopatické skoliózy (Negrini et al., 2018 – upraveno)

V poslední době je snaha o klinické zhodnocení páteře v 3D prostoru, zejména pro chirurgické účely. Dosud bylo navrženo několik 3D klasifikací idiopatické skoliózy, ale zatím nebyla stanovena žádná, která by nejvíce vyhovovala každodenním klinickým potřebám. V tomto odvětví je třeba dalšího vývoje, protože existence optimální trojrozměrné klasifikace by mohla odhalit nějaký důležitý poznatek pro prognózu či léčbu skoliózy (Donzelli et al., 2015).

#### 1.1.4 Léčebné postupy

Kauzální terapie u idiopatické skoliózy není známa, proto je cílem léčby především zabránit progresi křivky (Kolář et al, 2009). Volba způsobu terapie vychází z aktuální tíže křivky, jejího typu, lokalizace a růstového potenciálu pacienta (věk, nástup menarché, Risserovo znamení) (Burton, 2013).

Na podkladě velikosti skoliózy určené měřením Cobbova úhlu se volí základní terapeutický postup. U křivek do 20° se přistupuje k pravidelnému sledování a rehabilitační péči. Při skolióze 20° - 40° se v rámci konzervativní léčby kombinuje korzetoterapie a fyzioterapie. U progredujících křivek nad 40° se zvažuje operační léčba (Cheng et al., 2015; Repko, 2012; Sosna, 2001). Jiní autoři uvádí korzetování u skoliózy od 25° a operační řešení od 45° (Burton, 2013; Choudhry, Ahmad & Verma, 2016). Doporučené postupy pro léčbu skolióz se mohou u různých pracovišť lišit dle jejich zkušeností a výsledků. Vždy je však důležité, aby se odvíjely od individuálního stavu pacienta s přihlédnutím na rizikové faktory progresu křivky a na další důležité symptomy jako bolest nebo pulmonální restrikce u těžších skolióz (Burton, 2013).

Kolář et al. (2009) upozorňuje, že významný vliv na vývoj onemocnění má včasný záchyt skoliózy. Při rychlém zahájení konzervativní terapie u nižších křivek je možné zamezit progresi a předcházet komplikacím pokročilé skoliózy.

O idiopatické skolióze by se dalo rozepsat mnoho dalšího, například o konkrétních rehabilitačních metodách, korzetoterapii, či operační léčbě. Zmíněná podtémata však nejsou předmětem této práce, proto bude dán prostor kapitolám, které se s k němu vztahují více, a to je role nervového systému a vestibulárního aparátu v etiopatogenezi idiopatické skoliózy.

## **1.2 Nervový systém jako možný etiologický faktor AIS**

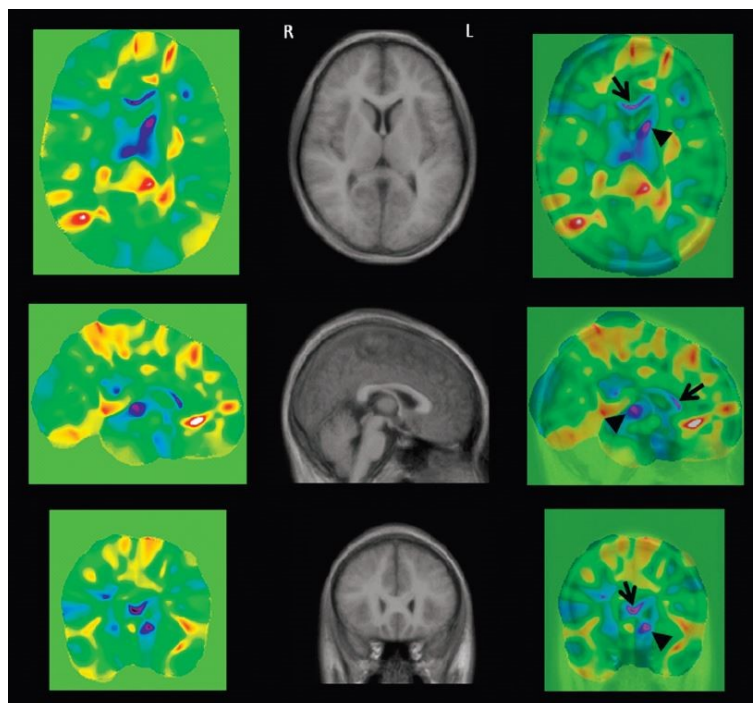
V roce 2000 na Sympoziu o etiologii adolescentní idiopatické skoliózy Edgar M. uvedl, že se celá otázka neurologické dysfunkce u pacientů s AIS dostává do centra pozornosti a musí být pečlivě prozkoumána (Wang et al., 2011). Odchytky v centrálním nervovém systému (CNS) se už dlouhou dobu považují za jednu z možných příčin vzniku AIS. Zájem o toto téma roste a existuje mnoho studií zkoumajících různé potenciální neurologické faktory související s idiopatickou skoliózou (Burwell & Dangerfield, 2002).

Tyto studie je možné rozdělit do kategorií například podle toho, v jaké neurologické oblasti pátrají po anomáliích: neuroanatomie/neuromorfologie, neurofyziologie či centrální řízení. V následujících odstavcích budou představeny nálezy relevantních neurologických výzkumů. Pro studie zkoumající konkrétně vestibulární systém bude vyčleněna samostatná kapitola.

### **1.2.1 Neuromorfologické odchytky**

Neuromorfologické odlišnosti jsou ve studiích nejčastěji zkoumány pomocí magnetické rezonance (MRI) a byly popsány na úrovni mozku i míchy (Xue, Shi & Hui, 2018). U pacientů s AIS bylo zaznamenáno nižší postavení mozečkových tonzil (Chu, Man & Lam, 2007; Cheng, Chau, Guo & Chan, 2003), byly zjištěny změny denzity bílé hmoty v oblasti corpus callosum a capsula interna (Obrázek 1) (Shi et al., 2009) a pozměněná mikrostruktura corpus callosum a drah propojujících somatosenzorický a zrakový kortex (Xue et al., 2018). Wang et al. (2012) objevil rozdílnou fokální tloušťku kortexu v oblastech zapojených do motorických a vestibulárních funkcí u skoliotických pacientů ve srovnání se zdravými jedinci. Shi et al. (2013) volumetricky porovnávala části mozečku a zjistila, že oproti zdravé skupině měli pacienti s AIS větší cerebelární objemy v oblastech spojených s řízením pohybu, somatosenzorikou, pracovní pamětí, řečí a reakcí na vizuální podněty.

Morfologické odchylky byly pomocí MRI detekovány také ve vestibulárním systému (Hitier, Hamon & Denise, 2015; Shi et al. 2011; Dangerfield, Chu & Shi, 2008). Na úrovni míchy popsal změny Chu et al. (2008), který pomocí MRI a multiplanární rekonstrukce získaného zobrazení našel u pacientů s idiopatickou skoliózou odlišnosti příčného řezu a relativní pozice míchy.



**Obrázek 1. Mapa statistických rozdílů hustoty bílé hmoty mozku u pacientů s AIS s levostrannou hrudní křivkou oproti zdravým kontrolním subjektům.** Třetí sloupec obrazů je tvořen překrytím prvního a druhého sloupce pro upřesnění anatomické lokace statistických změn. Fialově zvýrazněná místa, na která ukazují šipky, znázorňují významný statistický rozdíl a zahrnují oblast corpus callosum (*šipka*) a capsula interna vlevo (*trojúhelníkový ukazatel*) (Shi et al., 2009)

### 1.2.2 Neurofyziologické dysfunkce

Kromě morfologických nálezů v nervovém systému byly u pacientů s AIS popsány i odlišnosti některých neurofyziologických funkcí. Oproti jedincům bez skoliózy byly u pacientů s AIS zaznamenány odchylky v posturální stabilitě (Dufvenberg et al., 2018; Simoneau et al., 2006a; Haumont et al., 2011), okulovestibulárních funkcích (Wiener-Vacher & Mazda, 1998), somatosenzorických evokovaných potenciálech (Lao et al., 2008; Hausmann et al., 2003; Cheng et al., 1999) nebo vibračním čítí (Byl, Holland, Jurek & Hu, 1997; Barrack et al., 1988). Domenech et al. (2011) zjistil u pacientů s AIS pomocí funkční MRI abnormální aktivaci mozku v sekundární motorické oblasti během zadání pohybového úkolu.



Korelaci mezi přítomností strukturální a funkční neurologické patologie se snažil nalézt Cheng et al. (1999), který ve svém výzkumu objevil vyšší incidenci ektopie mozečkových tonzil u skoliotických pacientů s abnormálními somatosenzorickými evokovanými potenciály (SEP) oproti těm s normálními SEP. Korelaci nenalezl Hausmann et al. (2003), který zaznamenal změněné SEP u 68 % ze 100 pacientů s AIS bez nálezu morfologické abnormality spinální míchy na MRI. Vyvodil z toho, že u pacientů s AIS je na subklinické úrovni změněna míšní funkce bez spojitosti se strukturální patologií detekovatelnou na MRI.

K dosavadním morfologickým i funkčním nálezům neurologických abnormalit je velmi důležité poznamenat, že je těžké odlišit, co je možná příčina a co následek idiopatické skoliózy. Samotná deformita totiž může vést k asymetrickému vývoji mnoha struktur. Longitudinální studie zahájené před nástupem skoliózy, které by umožnily ujasnit tuto otázku příčiny a následku AIS, však nejsou dostupné (Latalski et al., 2017; Schlösser et al., 2015; Lowe et al., 2000).

### ***1.2.3 Poruchy centrálního řízení***

Různí autoři předložili hypotézy o abnormálním řízení motoriky či chybné kontrole nervově-kostního zrání u pacientů s AIS. Herman et al. (1985) uvedl, že dysfunkce motorického kortexu, jenž řídí osové držení těla, je výsledkem chybného zpracování sensorické informace pro orientaci v prostoru, která vychází z proprioceptivních, vizuálních a vestibulárních funkcí.

Podle Veldhuziena, Wevera & Webba (2000) je pravděpodobná příčina AIS na neuromuskulární úrovni a asymetrie transverzospinálních svalů vzniká na podkladě centrálních mechanismů.

Burwell et al. (2009) přišel s teorií, že AIS u dívek pramení z vývojové disharmonie mezi autonomním a somatickým nervovým systémem projevující se na páteři a trupu, pojmenoval ji „double neuro-osseous theory“. Autonomní komponenta této teorie se opírá o selektivně zvýšenou senzitivitu hypotalamu na cirkulující leptin (geneticky determinovaná up-regulace). Na tento děj může vzniknout chybná reakce v podobě asymetrie a skrze sympatický nervový systém pak během růstu osové kostry může iniciovat skoliotické změny. Burwell et al. (2009) dodává, že je potřeba dalšího bádání pro ověření tohoto konceptu.

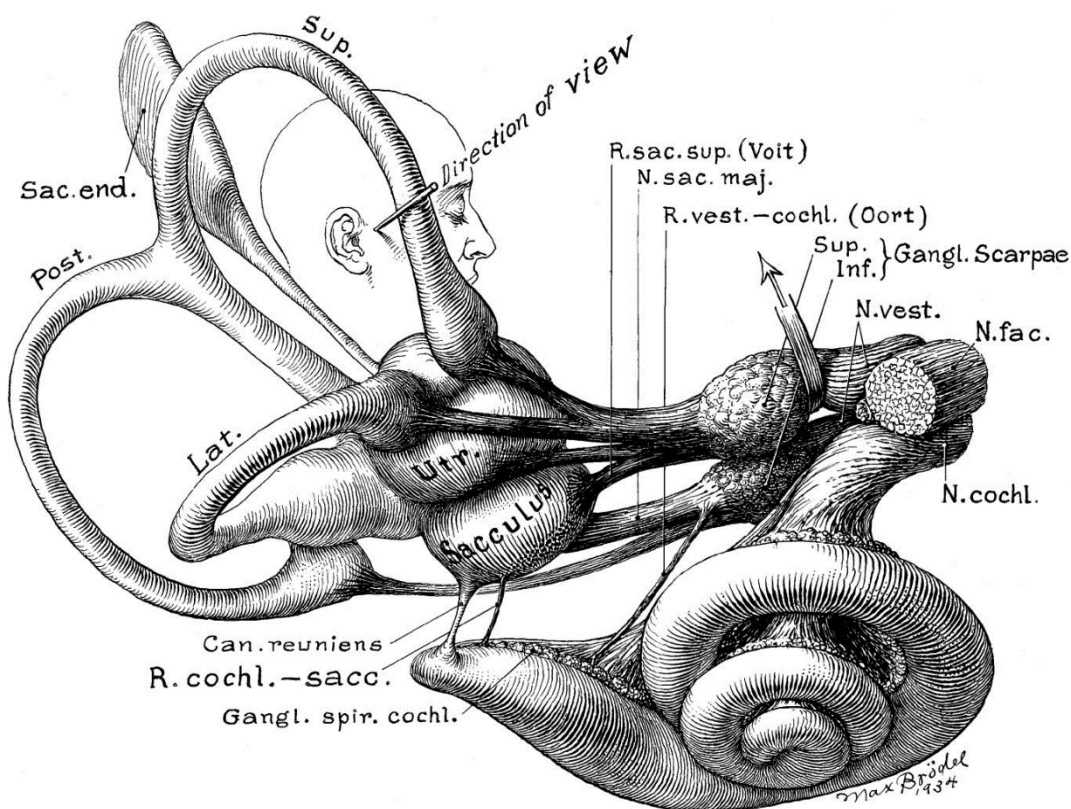
Přes množství výzkumů, ať na poli morfologie, fyziologické funkce nebo centrálního řízení, zatím nebyla u pacientů s idiopatickou skoliózou nalezena jednotná

neurologická odchylka, která by se dala považovat za jasnou příčinu vzniku deformity. Je možné, že porucha centrálního řízení nebo zpracování informací v CNS ovlivňuje rostoucí páteř. Sklon páteře k vývoji deformity je individuální. Dívky mohou být náchylnější díky kratšímu a rychlejšímu růstu během dospívání v porovnání s chlapci (Latałski et al., 2017); Lowe et al., 2000).

### 1.3 Vestibulární systém a idiopatická skolióza

Při hledání neurologických faktorů, které by mohly mít vliv na vznik idiopatické skoliózy je jednou z důležitých oblastí zkoumání také vestibulární systém.

Vestibulární aparát je speciální smyslový orgán, který se podílí na udržování rovnováhy a orientaci v prostoru. Spolu se sluchovým orgánem je uložen v labyrintu vnitřního ucha. Skládá se ze tří semicirkulárních kanálků (SCC) a dvou otolitových váčků, utriculu a sacculu (Obrázek 2). Kanálky jsou na sebe navzájem kolmé a zaznamenávají úhlové zrychlení při pohybu hlavou. Váčky utriculus a sacculus vnímají lineární zrychlení hlavy, které může nastat důsledkem lineárního pohybu hlavy v prostoru nebo působením gravitace (Nevšimalová, Tichý & Růžička, 2002).



**Obrázek 2. Labyrint** (pravá strana). Zobrazená struktura ukazuje membranózní labyrint, který je naplněn endolymfatickou tekutinou a je uložen uvnitř kostěného labyrintu. Prostor mezi membranózním a kostěným labyrintem je vyplněn perilymfatickou tekutinou (Hawasli et al., 2015; originální ilustrace z Walters Collection, Max Brödel Archives)

Pravý a levý labyrint jsou umístěny tak, že jsou si navzájem zrcadlovými obrazy. Rotace hlavy nebo lineární zrychlení zvyšující firing z jednoho labyrintu snižuje firing z druhého labyrintu. Vestibulární signály jsou porovnány centrálním nervovým systémem, který z nich vyhodnotí směr a velikost úhlového a lineárního zrychlení (Hawasli, Hullar & Dorward, 2015). Do zpracování vestibulárních informací jsou zahrnuta vestibulární jádra, mozeček, thalamus a oblasti mozkové kůry (Day & Lord, 2018).

Informace z vestibulárního systému slouží ke třem důležitým reflexům: vestibulo-okulární reflex (VOR), vestibulokolický reflex (VCR) a vestibulospinální reflex (VSR). VOR generuje pohyby očí umožňující zaměření pohledu na jedno místo nezávisle na pohybu hlavy. Je zprostředkovaný rozdílným firingem ze semicirkulárních kanálků pravého a levého labyrintu. VCR mění napětí svalů krku v reakci na pohyb hlavy, někdy je řazen pod vestibulospinální reflex. VSR zahrnuje několik dílčích reflexů jejichž cílem je koordinovat pozici hlavy a těla a zajistit posturální stabilitu (Herdman, 2007).

Studie zkoumající spojitost mezi idiopatickou skoliózou a poruchou vestibulárního systému se snaží nalézt odchylky v jeho anatomii či funkci. Hawasli et al. (2015) se domnívá, že vestibulární systém může změnit vnímání vertikality, pozici hlavy a další funkce vázané na udržování rovnováhy a tím způsobit neurogenní posun trupu nebo torzně ovlivnit páteř skrze asymetrickou aktivaci určitých svalových skupin. Některé záznamy tvrdí, že takto vyvolaná svalová asymetrie může vést ke skoliotickým změnám (Kuo, Wang & Hong, 2010; Kouwenhoven & Castelein, 2008). Pokud by tato tvrzení byla pravdivá, vestibulární asymetrie by vyvolala asymetrický nábor svalů páteře a vedla ke vzniku skoliózy (Hawasli et al., 2015).

### ***1.3.1 Experimentální studie na zvířatech***

Po příčině vzniku skoliózy ve se pátralo v rámci několika studií používajících zvířecí modely. Tyto studie zkoumaly, jaký vliv na páteř bude mít destrukce vestibulárních struktur. De Waele et al. (1989) hodnotil efekt selektivní destrukce otolitových receptorů u dospělých morčat a zjistil, že způsobuje skoliotické zakřivení s rotací ke kontralaterální straně. RTG snímky po hemilabyrintektomii u morčat ukázaly rotaci hlavy v horizontální rovině následkem rotace krčních obratlů a úklon hlavy způsobený rotací hrudních obratlů. Tato deformita však byla pouze dočasná a

pravděpodobně díky propioceptivní informaci z antigravitačních svalů došlo k její kompenzaci.

Po unilaterální centrální destrukci laterálního vestibulárního jádra u potkanů zaznamenal Barrios & Arroategui (1992) vznik strukturální skoliózy pouze v 15 % případů bez údajů o straně skoliózy.

Lambert et al. (2009) sledoval efekt vestibulární léze na páteř v různých stádiích vývoje. Ke svému experimentu využil žábu *Xenopus laevis*, které byl v larválním stadiu pulce unilaterálně odstraněn labyrint a následně po metamorfóze v mladého žabího dospělce byly provedeny RTG zobrazení s 3D rekonstrukcí páteře. Snímky páteře ukázaly skoliotickou deformitu ve frontální, sagitální a transverzální rovině podobné jako u pacientů se skoliózou. Vznik skoliotické křivky u žab byl závislý na larvální fázi vývoje, která se odehrává ve vodním prostředí a pulci při ní nemají k dispozici propiocepci z antigravitačních svalů, která by kompenzovala vestibulární lézi. Podobná situace nastává u člověka při vývoji in utero. Lambert et al. (2009) usuzuje, že oboustranně vyvážené descendentní vestibulární signály jsou zásadní pro vytvoření symetrické osy těla během ontogeneze.

### ***1.3.2 Skolióza a vestibulární funkce***

Klinické studie využívající standardizované vestibulární testy a porovnávající jejich výsledky u pacientů s AIS a bez skoliózy můžeme rozdělit do kategorií podle zaměření jejich výzkumu na semicirkulární kanálky nebo otolitový systém. Třetí kategorií budou studie hodnotící posturální stabilitu.

#### **Semicirkulární kanálky**

Sahlstrand & Petruson (1979a) u pacientů s AIS zaznamenal dysrytmický nystagmus pomocí elektronystagmografie po kalorické vestibulární stimulaci, dále u nich zjistil zvýšenou senzitivitu na kalorický test na ipsilaterální straně ve vztahu k orientaci jejich křivky. V druhém výzkumu naměřil zvýšené posturální výchylky pacientů s AIS během kalorické stimulace na konvexní straně křivky oproti reakci na konkávní straně (Sahlstrand, Petrusin & Örtengren, 1979b). Ve studiích dalších autorů však tyto nálezy potvrzeny nebyly, Krödel et al. (1997) a Kapentagos et al. (2002) nenašli po kalorické vestibulární stimulaci žádné signifikantní rozdíly mezi pacienty s AIS a zdravými kontrolami.

Některé studie použily pro zhodnocení funkce SCC testování vestibulookulárního reflexu, jejich výsledky však rovněž nejsou jednotné. Rousie et al. (2009) zaregistrovala abnormální VOR pouze u části pacientů s AIS, kteří zároveň v jejím výzkumu vykazovali dysgenetické změny semicirkulárních kanálků. Naopak Simoneau et al. (2009) a Lion et al. (2013) zjistili, že se u skupiny skoliotických pacientů se VOR neliší oproti kontrolní skupině.

### Otolitový systém

U výzkumu funkce otolitových váčků lze rozlišit studie hodnotící efekt stimulace otolitového systému a studie, ve kterých je testována subjektivní vizuální vertikála (SVV).

Stimulaci otolitového systému využil Wiener-Vacher & Mazda (1998) pomocí metody **off-vertical axis rotation** (OVAR), při které je prováděna rotace těla kolem osy odkloněné od vertikály a ze záznamu očních pohybů je hodnocen vyvolaný nystagmus. Tento autor zaznamenal nevyváženost otolitového systému u 67 % pacientů s AIS, avšak bez korelace s lokalizací nebo velikostí skoliotické křivky. Další studie, které by použily stejnou metodu u pacientů s AIS nebyly publikovány.

Jiný způsob hodnocení otolitové funkce představuje akustická stimulace otolitů a měření vyvolané svalové odezvy, tzv. **vestibulární evokované myogenní potenciály (VEMP)**. Pollak et al. (2013) touto metodou naměřil u pacientů se skoliózou signifikantně větší latence VEMP než u zdravých kontrol a poukázal na potřebu dalšího zkoumání možného kauzálního vztahu otolitové dysfunkce a AIS.

Určování **subjektivní vizuální vertikály (SVV)** představuje další způsob testování funkce otolitového systému. Hodnotí se při něm odchylka vizuálně označené vertikály od geofyzikální (gravitační) vertikály (Van Neechel, Toupet & Bodson, 2000). Čakrt et al. (2011) pomocí „bucket method“ naměřil u skupiny pacientů s AIS významný rozdíl v odchylce SVV oproti kontrolní skupině. Změnu ve vnímání vertikality u pacientů s AIS potvrzuje také Catanzariti et al. (2015), který k měření použil metodu promítání světelné linie ve tmě (od společnosti Synapsys) a zaznamenal u skoliotické skupiny vyšší odchylku SVV v dynamických podmínkách. V rozporu s těmito výsledky jiné dvě studie nepotvrdily odchylku SVV u pacientů s AIS oproti jedincům bez skoliózy (Le Berre et al., 2019) (Cheung et al., 2002).

Le Berre et al. (2019) ve svém výzkumu testoval kromě SVV také **subjektivní posturální vertikálu (SPV)** pomocí speciálního kruhové naklápěcího přístroje, ve

kterém je v sedě upevněn pacient s nasazenou maskou zakrývající oči. Vyšetřovaná osoba má za úkol z počátečně generovaného naklonění 45° uvést své tělo do vertikální pozice, kterou nastavuje ovladačem. U AIS pacientů s pravostrannou hrudní křivkou se v tomto měření významně lišila odchylka SPV oproti zdravým jedincům, u většiny pacientů s AIS byla SPV posunuta doprava. Ze svých výsledků autor vyvodil, že idiopatická skolióza může mít spojitost se změnou orientace longitudinální osy těla dané chybným vnímáním vertikály, na kterém může mít podíl dysfunkce graviceptorů.

### **Posturální stabilita**

Některé studie porovnávající výsledky posturografie u pacientů s AIS a zdravých jedinců ukazují, že posturální stabilita je u skoliotických pacientů změněna a projevuje se větším kolísáním působiště reakční síly (centre of pressure, COP) měřeným při stoji. Systematický přehled a metaanalýza publikovaných prací zabývajících se porovnáváním stability u pacientů se skoliózou a bez skoliózy ukázala významné odchylky ve třech parametrech COP: sway area (celková plocha výchylek), rozsah výchylek v mediolaterálním směru a rozsah výchylek anteroposteriorním směru (Dufvenberg et al., 2018).

Několik autorů zaznamenalo u pacientů s AIS narozdíl od kontrol významné výchylky rovnováhy zvýrazněné při sensorické manipulaci, tedy v situacích s pozměněnou zrakovou nebo proprioceptivní informací oproti stavu bez sensorické manipulace (Haumont et al., 2011; Kuo et al., 2010; Lao et al., 2008; Simoneau et al., 2006b; Byl et al., 1997)

Naopak při statickém vyšetření rovnováhy některé studie nezaregistrovaly výrazný rozdíl v posturální stabilitě mezi jedinci se skoliózou a bez skoliózy (Byl et al., 1997; Herman et al., 1985).

Vzhledem k tomu, že měření posturální stability nehodnotí pouze vestibulární funkci, ale také ostatní systémy, které se na udržování rovnováhy podílí, přisuzují se nálezy posturální instability u pacientů s AIS spíše chybné senzomotorické integraci (Pialasse, Mercier, Descarreaux & Simoneau, 2016; Simoneau et al., 2006a; Herman et al., 1985).

#### ***1.3.3 Skolióza a vestibulární anatomie***

Funkční deficit vestibulární aktivity popisovaný u pacientů s idiopatickou skoliózou má pravděpodobně i své anatomické koreláty (Shi et al., 2011). Ve třech

studiiích využívajících MRI s 3D rekonstrukcí obrazu labyrintu byly objeveny morfologické změny SCC u pacientů s AIS (Shi et al., 2011; Zeng, Lui & Shi, 2010; Rousie et al., 2009). Shi et al. (2011) našla u pacientů se skoliózou o 5 % menší vzdálenosti mezi centry laterálního a horního (předního) kanálku a o 6 % menší zadní kanálek. Zeng et al. (2010) s použitím jiné techniky morfologické analýzy zaregistrovala o 9 % delší a 2 % užší SCC u pacientů s AIS oproti kontrolám. Rousie et al. (2009) ve svém výzkumu odhalila abnormální spojení mezi laterálním a zadním semicirkulárním kanálkem u 55 % pacientů s AIS a u 15 % jedinců bez skoliózy.

Další studie nebyla zaměřená konkrétně na morfologii labyrintu, ale na hodnocení tloušťky různých oblastí mozku. V tomto výzkumu Wang et al. (2012) objevil u pacientů s AIS ztenčení mozku v temporoparietálním spojení v blízkosti sulcus lateralis Sylvii, což je oblast považovaná za „vestibulární mozek“.

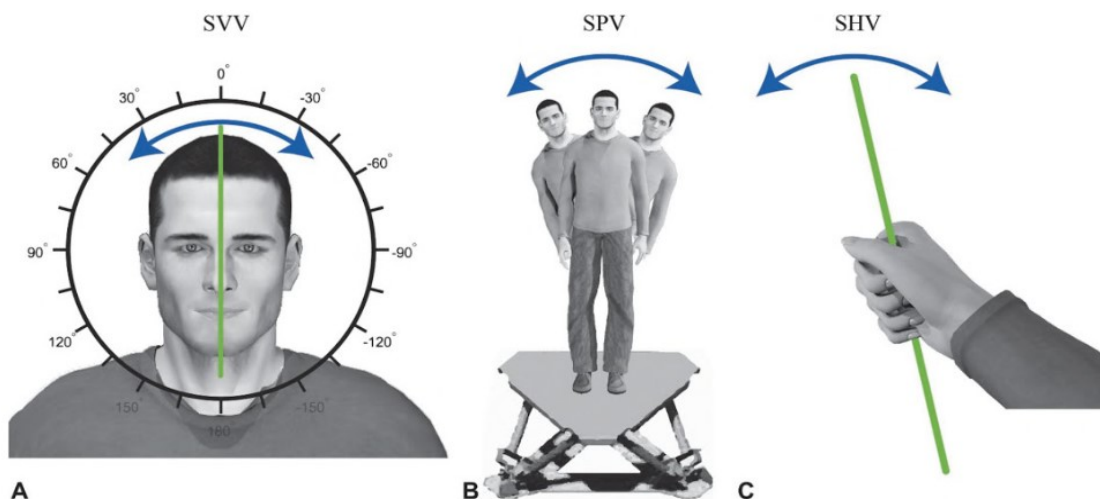
## 1.4 Vnímání vertikality

Vzpřímené držení těla u člověka se odvíjí od respektování gravitační vertikály. Vnitřní představu vertikality tvoří vzestupné procesy integrující multisenzorické informace přicházející z vestibulárního, zrakového a somatosenzitivního systému. Současné studie ukazují, že na vybudování našeho vnitřního obrazu vertikality se podílí také kognitivní modulace zahrnující sestupné procesy jako je představa podoby vlastního těla (self-image) a prostorová orientace (Barra & Pérennou, 2013). Tyto procesy vedou k mentálnímu zpodobnění interního obrazu vertikality, díky kterému je možné vyjádřit vnímanou orientaci gravitačního vektoru (Barra et al., 2010).

Vnímání vertikality je předpokladem pro stabilní vzpřímený postoj a pohyb v prostoru ve vztahu ke gravitaci. Slouží k srovnání longitudinální osy těla s gravitační vertikálou. Lidé mají za normálních podmínek percepce vertikály velmi přesnou. U poruch ovlivňujících posturální kontrolu neadekvátním vnímáním vertikality, například u vestibulárních nebo neurologických onemocnění, pacienti nevědomě srovnávají své tělo s nesprávnou vertikálou (Pérennou et al., 2008).

Vyšetření percepce vertikality se začíná stále více používat v běžné praxi pro hodnocení vestibulární funkce nebo posturální kontroly u neurologických chorob. Široce využívané jsou tři typy měření subjektivní vertikály: subjektivní vizuální vertikála (SVV), subjektivní haptická vertikála (SHV) a subjektivní posturální

vertikála (SPV) (Le Berre et al., 2019). SVV nám slouží k porovnání, zda se pozorovaný předmět nachází ve stejném směru jako geofyzikální vertikála. SHV používáme k udržení věci ve směru gravitace a vnímáním SPV posuzujeme postavení našeho těla ve vztahu ke gravitaci (Černý, 1988). Typy určování subjektivní vertikály znázorňuje Obrázek 3.



**Obrázek 3. Tři typy určování subjektivní vertikály.** (A) Při měření subjektivní vizuální vertikály (SVV) má jedinec za úkol umístit vizuálně zobrazenou linku do jím vnímané vertikální pozice pomocí ovladače. (B) Během vyšetření subjektivní posturální vertikály (SPV) účastník orientuje své tělo do vnímané vertikální pozice nebo je pasivně rotován, dokud neohlásí, že se cítí být ve vertikále. (C) Při určování subjektivní haptické vertikály (SHV) má vyšetřovaný za úkol vyrovnat objekt držený v ruce podle vnímané vertikály. (Day & Lord, 2018)

Jak již bylo naznačeno, vnímání vertikality je výsledkem zpracování multisenzorických vstupů zahrnujících zrakové, vestibulární a somatosenzitivní informace. Podíl jednotlivých vstupů na určování subjektivní vertikály je předmětem zkoumání a není zatím zcela jasný (Barra et al., 2010).

Při testování SVV se eliminuje zraková aferentace prováděním testu ve tmě a zakrytím zorného pole. Somatosenzitivní vstupy je těžké regulovat, ale usuzuje se, že větší vliv mají na určování SPV než SVV. Navíc se ukázalo, že absence somatosenzitivních informací nezpůsobuje poruchu SVV u pacientů se ztrátou veškerého hluboké cití na trupu a končetinách. Má se tedy za to, že na percepci SVV se nejvíce podílí vestibulární systém, konkrétně otolitové orgány, jež jsou specifickými receptory gravitace (Van Nechel et al., 2000).

#### 1.4.1 Subjektivní vizuální vertikála

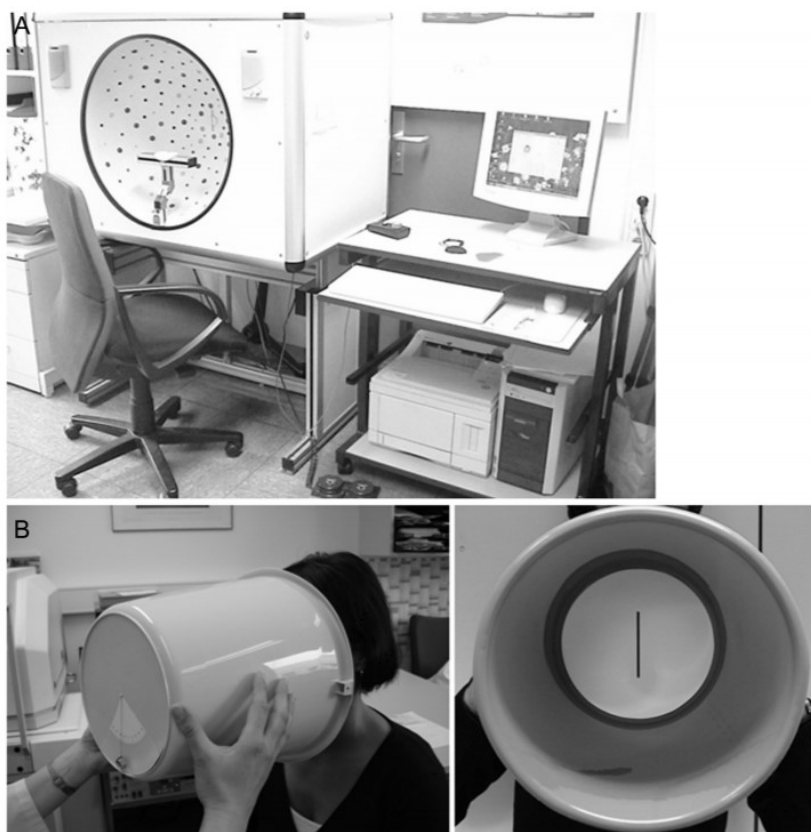
V současné době je SVV zlatým standardem pro hodnocení vnímání vertikality při poruchách vestibulárního systému (Le Berre et al., 2019; Van Nechel et al. 2000). Test SVV prováděný ve vzpřímené pozici těla je považován za rychlé a jednoduché



klinické vyšetření, které poskytuje informaci o vyváženosti nebo nevyváženosti funkce otolitových orgánů pravého a levého vnitřního ucha (Bohmer & Mast, 1999). Při unilaterální vestibulární poruše je u pacientů přesnost určení SVV zhoršena a dochází k odchýlení vnímané vertikály ve směru léze (Anastasopoulos et al., 1997).

K testování SVV se využívají různá zařízení a může se provádět za statických či dynamických podmínek. Nejméně finančně a prostorově náročná je tzv. „bucket method“ – kyblíková metoda (Obrázek 4), při které pacient ve vzpřímeném sedu hledí do plastového kyblíku, tak aby měl zakryté jakékoliv vizuální orientační stopy z okolí. Na dně kyblíku je z vnitřní strany černá linie a na druhé straně je umístěn úhломěr s olůvkem na niti. Vyšetřující rotuje s kyblíkem po směru nebo proti směru hodinových ručiček do koncové pozice a z té pak rotuje zpět k nulové pozici. Pacient má ohlásit „stop“ ve chvíli, kdy se podle něj černá linie nachází vertikálně. Vyšetřující pak zaznamená podle úhlooměru stupeň odchylky SVV (Zwergal et al., 2009).

Druhou možností je měřit SVV pomocí speciálního „hemisférického dómu“ představujícího polokouli pokrytou tečkami (Obrázek 4), v níž má pacient umístěnou hlavu. Jeho pohled směřuje doprostřed na terč s tyčkou, kterou se snaží pomocí



**Obrázek 4.** Ukázky metod měření SVV. (A) Hemisférický dóm. (B) Bucket method (Zwergal, 2009)

ovladače nastavit z vychýlené pozice do pozice, kterou považuje za vertikální. Odchylka od geofyzikální vertikály je následně evidována počítačem. Zařízení může generovat rotaci hemisférického pozadí a tím vytvořit optokinetickou stimulaci pro dynamické vyšetření SVV (Zwergal et al., 2009).

Dalším způsobem měření statické a dynamické SVV je metoda světelně zobrazené linie ve tmě. Proband je posazen v zatemnělé místnosti a před něj je promítána linie ve výchozí pozici různého odklonu od vertikály. Vyšetřovaný má za úkol pomocí ovladače srovnat linii vertikálně dle svého pocitu (Herdman, 2007). Uvedený princip měření SVV pomocí promítané linie ve tmě umožňují přístroje od různých výrobců. Pro výzkum k této diplomové práci byl použit systém Synapsis, který bude podrobněji popsán v metodice práce.

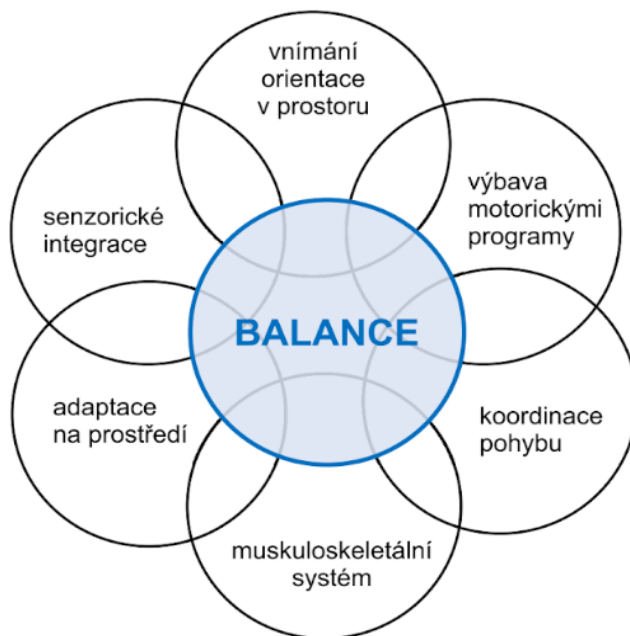
Při testování dynamické SVV se využívá pohybující pozadí obvykle v podobě teček rotujících kolem sledované linie. Je zaznamenáno, že při dynamickém vizuálním rozptýlení obrazu je určování SVV ztíženo a odchylka je větší (Day & Lord, 2018). Za normální hodnoty je považována odchylka od  $-2,5^\circ$  do  $+2,5^\circ$  pro statickou SVV (Pérennou et al., 2008). Pro dynamickou SVV může být odchylka závislá na rychlosti pohybu pozadí, například pro optokinetickou stimulaci o rychlosti  $40^\circ/\text{sec}$  se považuje za normu odchylka SVV od  $-4^\circ$  do  $+4^\circ$  (Catanzariti et al., 2015). Při optokinetické stimulaci rychlostí  $80^\circ/\text{sec}$  pokládá Le Berre et al. (2019) za normu odchylky SVV od  $-9^\circ$  do  $+9^\circ$ .

## 1.5 Posturální stabilita

Pojem posturální stabilita označuje schopnost zajistit vzpřímené držení těla tak, aby nedošlo k nezamýšlenému pádu. Zaujetí stálé polohy neznamená statický stav, ale spíše dynamický proces, který reaguje na přirozenou labilitu pohybové soustavy. Proto se nemluví o jednorázovém zaujetí stálé polohy, ale o nepřetržitém „zaujímání“ stálé polohy (Kolář et al., 2009; Vařeka, 2002). Pro udržení posturální stability za statických i dynamických podmínek je zapotřebí posturální kontrola, která je dána souhrou mnoha senzomotorických a kognitivních systémů (Horak, 2006).

Dva základní funkční cíle posturální kontroly jsou posturální rovnováha a posturální orientace. Orientace v prostoru je záležitostí interpretace aferentních sensorických informací ze somatosenzitivního, vestibulárního a vizuálního systému (Horak, 2006). Podíl každého ze tří uvedených systémů na kontrole postury se pro různé

jedince liší. Vzhledem k možné variabilitě vnitřního a vnějšího prostředí to platí i pro daného člověka v rozličných podmínkách (Bizovská, Janura & Míková, 2017). Posturální rovnováha vychází z koordinace senzomotorických strategií sloužících ke stabilizaci těžiště těla (centre of mass, COM) během pohybů prováděných z vlastní iniciativy i zevně vyprovokovaných. (Horak, 2006). Pro zajištění vhodné balanční reakce je tedy potřeba, aby měl jedinec k dispozici odpovídající kvalitu pro vnímání orientace těla v prostoru, senzorní organizaci, prediktivní centrální složku (zásobu



Obrázek 5. Systémové komponenty posturální stability (Bizovská et al., 2017)

motorických programů), muskuloskeletální systém i koordinaci pohybu (Obrázek 5). Tyto součásti pak podléhají procesu dynamické integrace, ze které vzejde balanční reakce jako komplexní funkce zahrnující odpověď v rámci svalové aktivity celého těla (Bronstein, Brandt, Woollacott & Nutt, 2004).

### 1.5.1 Posturografie

Posturografie patří mezi nejpoužívanější přístrojové metody umožňující hodnocení stability stoje. V klinické praxi slouží především k objektivizaci balančního deficitu u pacientů s poruchami rovnováhy a uplatnění má i při sledování dlouhodobého vývoje nebo monitorování vlivu terapie na poruchu stability (Čakrt in Kolář et al., 2009).

Princip posturografie spočívá v měření reakční síly působící na tenzometrickou plošinu. Reakční síla je souhrnem tlaku rozloženého pod chodidly. Její jednotlivé

složky (anteroposteriorní, mediolaterální a vertikální) a jejich momenty jsou snímány piezoelektrickými tenzometry uloženými v rozích plošiny. Z těchto hodnot lze vypočítat působíště reakční síly (centre of pressure – COP), které reprezentuje vážený průměr všech tlakových sil působících do opěrné plochy. Plošina zaznamenává polohu COP v čase a je udána ve směru anteroposteriorním (osa x) a mediolaterálním (osa y). Parametry COP získané posturografií můžeme využít k hodnocení výchylek rovnováhy a kvantifikaci posturální stability (Dufvenberg et al., 2018; Čakrt in Kolář et al., 2009; Vařeka, 2002).

Rozlišujeme měření za podmínek statických a dynamických. Pokud se pacient ani tenzometrická plošina nepohybuje, jde o statickou posturografii. Je možné ji provádět i v různých modifikacích stoje, například při stoji v tandemu nebo na jedné noze. Další variantou je selektivní testování jednotlivých sensorických systémů využitím tzv. sensorické manipulace, která může spočívat například ve vyloučení zrakové kontroly nebo změně proprioceptivní informace z podložky. Při dynamické posturografii se buď pohybuje pacient po plošině nebo se pohybuje plošina, na které pacient stojí. První situace se využívá pro vyšetření chůze a jejích modifikací nebo dalších pohybových úkolů jako je otočení v prostoru, překonání překážky či skok. V druhém případě jde o vyšetření stoje při narušení pacientovy rovnováhy vnějším podnětem (Bizovská et al, 2017; Čakrt in Kolář et al., 2009).

Přístrojů umožňujících posturografické měření je celá řada. Kromě zařízení primárně sloužících k laboratorním účelům (AMTI – Advanced Mechanical Technology, Inc; HUR Labs; Kistler, PASCO scientific apod.) patří mezi silové plošiny také komerčně dostupnější příslušenství ke konzoli, např. Nintendo – Wii Balance board (Bizovská et al, 2017).

## 2 CÍLE A HYPOTÉZY

### 2.1 Cíle

Cílem teoretické části této práce bylo shrnout základní poznatky o problematice idiopatické skoliózy a vestibulárního systému, podat přehled nálezů klinických studií zabývajících se možnou souvislostí mezi přítomností skoliózy a vestibulární poruchou, a přiblížit metody testování subjektivní vizuální vertikály a posturální stability. Cílem experimentální části bylo porovnat posturální stabilitu a percepce subjektivní zrakové vertikály mezi pacienty s adolescentní idiopatickou skoliózou a zdravými jedinci.

Dílčí cíle experimentální části práce:

- Porovnat stabilitu stoje u pacientů s idiopatickou skoliózou ve srovnání s kontrolní skupinou. Zjistit, zda se u nich budou statisticky významně lišit parametry COP měřené v různých pozicích.
- Porovnat vnímání subjektivní zrakové vertikály u pacientů se skoliózou ve srovnání s kontrolní skupinou. Zjistit, zda se u nich bude statisticky významně lišit odchylka SVV od geofyzikální vertikály.
- Při nálezu významné odchylky hledat, zda výsledky měření posturální stability a SVV korelují s velikostí a lokalizací skoliotického zakřivení.
- Vyzkoušet a zhodnotit použití obrázkové škály TAPS znázorňující vnímání vlastního těla u pacientů s idiopatickou skoliózou.

## 2.2 Hypotézy

### H1:

H<sub>01</sub>: Odchylka SVV od geofyzikální vertikály se nebude významně lišit mezi pacienty se skoliózou a zdravými jedinci.

H<sub>A1</sub>: Odchylka SVV od geofyzikální vertikály se bude významně lišit mezi pacienty se skoliózou a zdravými jedinci.

Hypotéza H1 bude testována jednotlivě v následujících podmínkách:

- SVV statická bez fixace hlavy
- SVV statická s fixací hlavy
- SVV dynamická + 40°/s (po směru hodinových ručiček)
- SVV dynamická – 40°/s (proti směru hodinových ručiček)

### H2:

H<sub>02</sub>: Hodnoty sledovaných parametrů COP se nebudou významně lišit mezi pacienty se skoliózou a zdravými jedinci.

H<sub>A2</sub>: Hodnoty sledovaných parametrů COP se budou významně lišit mezi pacienty se skoliózou a zdravými jedinci.

Hypotéza H2 bude testována jednotlivě u následujících pozic:

- Pozice 1 – Stoj na pevné podložce, oči otevřené
- Pozice 2 – Stoj na pevné podložce, oči zavřené
- Pozice 3 – Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči otevřené
- Pozice 4 – Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči zavřené
- Pozice 5 – Stoj na pěnové podložce, oči otevřené
- Pozice 6 – Stoj na pěnové podložce, oči zavřené
- Pozice 7 – Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči otevřené
- Pozice 8 – Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči zavřené
- Pozice 9 – Tandemový stoj, oči otevřené
- Pozice 10 – Tandemový stoj, oči zavřené

### 3 METODIKA

#### 3.1 Charakteristika výzkumného souboru

##### 3.1.1 Charakteristika skupiny pacientů se skoliózou

Do výzkumu byli zařazeni pacienti s adolescentní idiopatickou skoliózou na základě spolupráce s fyzioterapeuty z dětské rehabilitace FN Motol v Praze. Podmínkou výběru byla skoliotická křivka s velikostí úhlu od 10° dle Cobba. Studie se zúčastnilo 12 pacientů s AIS, 8 dívek a 4 chlapci ve věku od 12 do 18 let (průměrný věk  $15,1 \pm 1,8$  let). Všem zúčastněným byla na základě RTG vyšetření diagnostikována idiopatická skolióza. Průměrná velikost Cobbova úhlu hlavní křivky byla  $27,3^\circ \pm 13,4^\circ$  a sahala od 11° do 50°. U jedenácti probandů byla přítomna dvojitá křivka, jeden proband měl křivku jednoduchou. Devět pacientů mělo hlavní křivku hrudní dextrokonvexní, dva měli hlavní křivku bederní dextrokonvexní a jeden bederní sinistrokonvexní (Tabulka 2). Žádný z pacientů nepodstoupil operaci páteře, šest pacientů nosilo korzet. Z původního počtu čtrnácti vyšetřených byli vyloučeni dva jedinci se skoliotickým držením, u kterých však nebyla neprokázána strukturální skolióza.

##### 3.1.2 Charakteristika kontrolní skupiny

Kontrolní skupinu tvořili zdraví jedinci, kteří neměli skoliózu ani jinou vadu páteře nebo vadné držení těla. Bylo do ní zařazeno 12 jedinců, z toho 9 dívek a 3 chlapci ve věku od 10 do 18 let (průměrný věk  $13,6 \pm 2,81$ ) (Tabulka 2).

	Pacienti s AIS	Kontrolní skupina
počet	12	12
dívky/chlapci	8/4	9/3
věk (roky)	$15,1 \pm 1,8$	$13,6 \pm 2,8$
velikost hlavní křivky (stupně dle Cobba)	$27,3 \pm 13,4$	-
orientace hlavní křivky:		
Th-dx	9	-
L-dx	2	-
L-sin	1	-
korzet	6	-

Tabulka 2. Charakteristika výzkumného souboru. Th-dx = hrudní dextrokonvexní křivka; L-dx = bederní dextrokonvexní křivka; L-sin = bederní sinistrokonvexní křivka

## 3.2 Postup měření

Měření probíhalo od července 2018 do května 2019 na Neurologické klinice 2.LF UK a FN Motol v laboratoři stabilometrie, kde byly dodržovány standardní podmínky měření a zajištěna bezpečnost probandů při vyšetření i měření.

Výzkum byl zahájen po získání souhlasu od etické komise. Účastníci měření byli předem informováni o průběhu vyšetření i měření a seznámeni s cílem diplomové práce. Jejich účast byla dobrovolná. Souhlas s měřením a zpracováním dat do diplomové práce potvrdili probandi svým podpisem, resp. podpisem zákonného zástupce (Příloha č. 4). Byla zajištěna anonymita a ochrana osobních údajů všech zúčastněných jedinců.

Před vlastním měřením byla pacientům odebrána anamnéza zaměřená na zjištění onemocnění nebo úrazů, které by mohly ovlivnit výsledky měření (úrazy dolních končetin, ortopedická, neurologická či systémová onemocnění, poruchy zraku) a na zaznamenání podrobností o skolióze. Dále byla použita škála The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) hodnotící vnímání podoby vlastního těla u pacientů s AIS. Poté následovaly dvě měření - vyšetření subjektivní zrakové vertikály a vyšetření posturální stability.

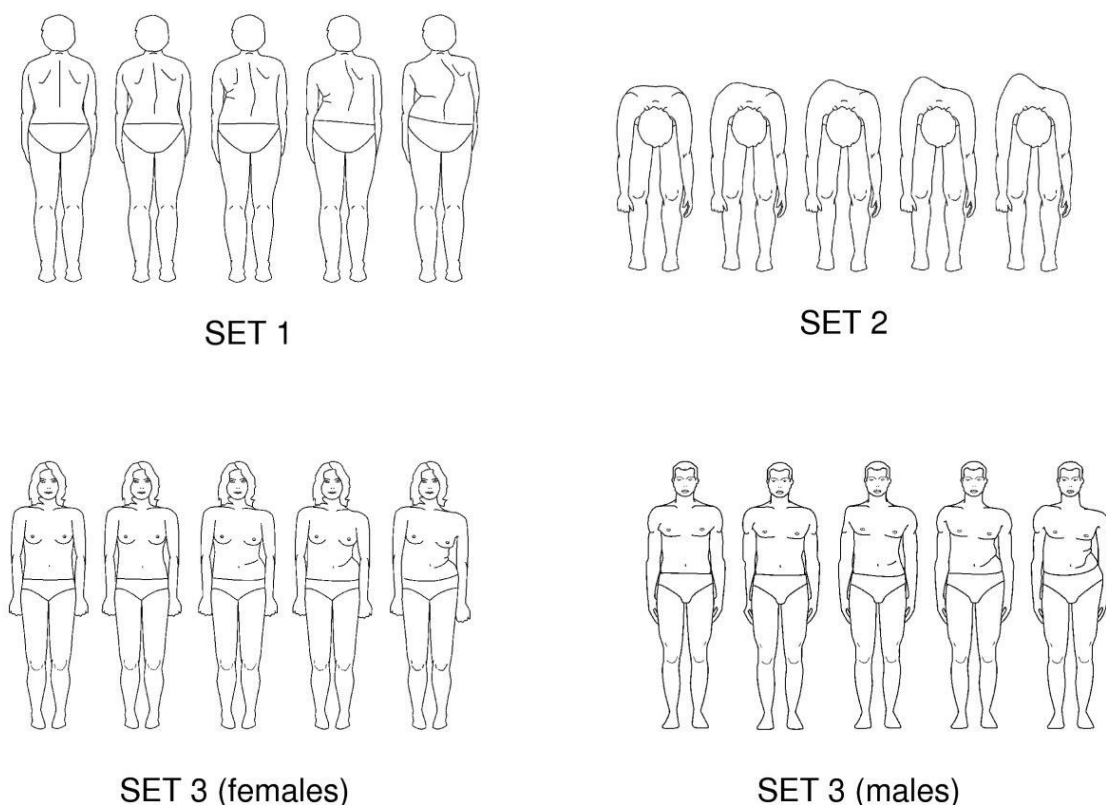
### 3.2.1 Obrázková škála TAPS

Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) je obrázková škála pro hodnocení subjektivního vnímání trupové deformity u pacientů s idiopatickou skoliózou. Byla vyvinuta ze škály Walter Reed Visual Assessment Scale (WRVAS) jako její kratší verze s více realistickými ilustracemi (Bago et al., 2010).

TAPS se skládá ze tří setů obrázků: pohled na stojící postavu zezadu, pohled zepředu na postavu v předklonu (Adamsův test) a pohled na stojící postavu zepředu. Poslední set má dvě varianty obrázků, jeden pro muže druhý pro ženy (Obrázek 6).

V jednom setu je vždy pět obrázků postav, z nichž každá znázorňuje určitou velikost zakřivení trupu. Je jim přiděleno bodování od 1 (největší deformita) do 5 (nejmenší deformita). Pacient zvolí, který z obrázků v každém setu nejlépe znázorňuje, jak vnímá podobu svého těla. Z bodování je vypočítáno průměrné skóre sečtením bodů ze všech tří setů a následným vydělením třemi.





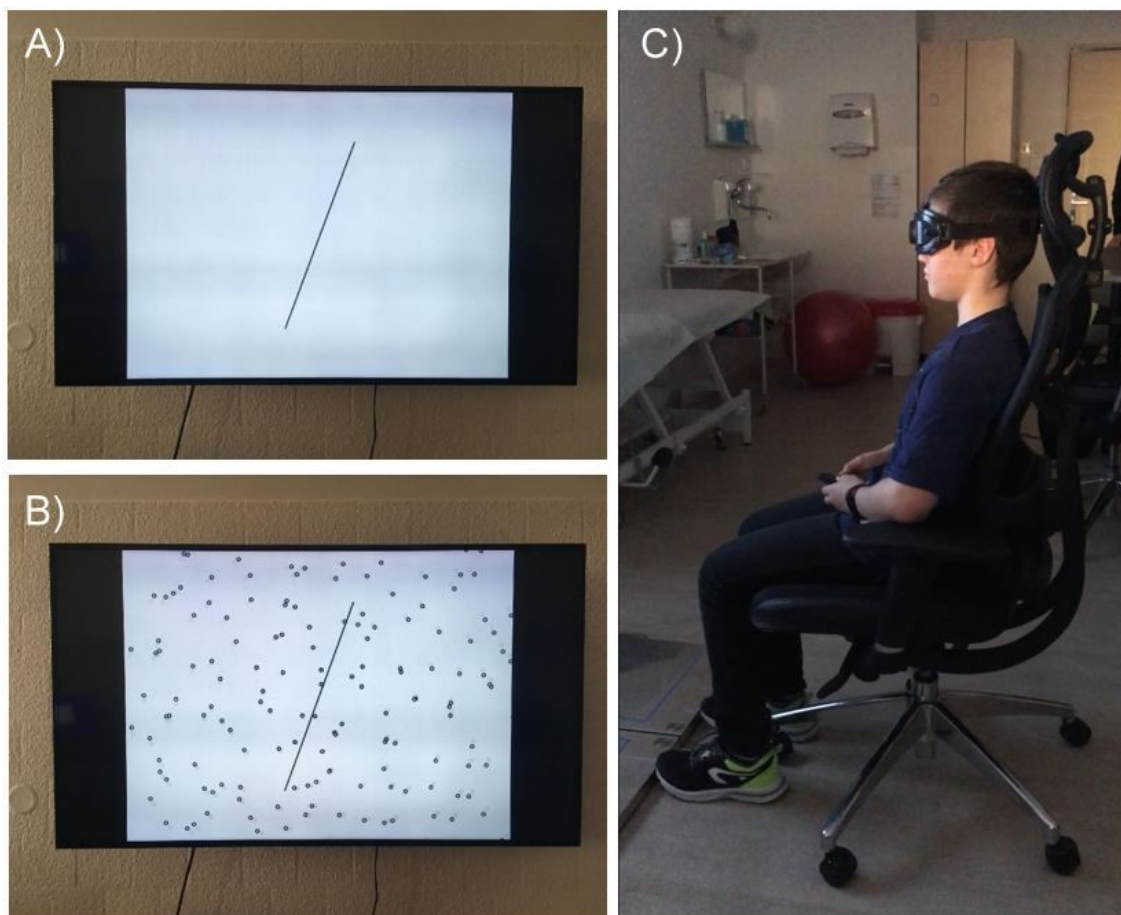
Obrázek 6. Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) (Bago et al., 2010)

### 3.2.2 Vyšetření subjektivní zrakové vertikály

Subjektivní zraková vertikála byla měřena pomocí softwaru „Subjective Verticale“ (MUS\_VS-V1.3.2.RevE) od společnosti Synapsys, Francie. Měření se odehrávalo v zatemnělé místnosti, aby byly eliminovány vizuální podněty z okolí. Proband byl posazen před obrazovku vzdálenou 2 metry, na kterou mu byl promítán stimul v podobě černé linie. Byl instruován ke vzpřímenému sedu s dolními končetinami nastavenými na šíři pánve od sebe a v 90° flexi v kyčelních, kolenních a hlezenních kloubech s chodidly v kontaktu se zemí. Do ruky dostal ovladač a bylo mu vysvětleno, jak s ním zacházet. Poté mu byly nasazeny speciální brýle zacloňující periferní vidění, aby nemohl určovat vertikálu podle okrajů obrazovky.

Na obrazovku se promítala linie, která byla softwarem vždy náhodně vychýlena od vertikály a úkolem pacienta sedícího před obrazovkou bylo nastavit tuto linii pomocí ručního ovladače do pozice, která by podle jeho vlastního pocitu odpovídala vertikále. Nejmenší možný úhel posunu linie byl 1°. Nejdříve bylo provedeno 6 měření statické SVV bez fixace hlavy (SVV-S), poté 6 měření statické SVV s manuální fixací hlavy pacienta ve vzpřímeném postavení (SVV-Sf). Následovalo měření dynamické SVV

s manuální fixací hlavy – 6 krát s pozadím rotujícím po směru hodinových ručiček (SVV-D +40°/s) a 6 krát s pozadím rotujícím proti směru hodinových ručiček (SVV-D -40°/s). Úhlová rychlost optokinetické stimulace v pozadí pro měření dynamické SVV byla nastavena v obou směrech na 40°/s. Na konci tohoto měření jsme od každého subjektu získali celkem 24 naměřených hodnot.



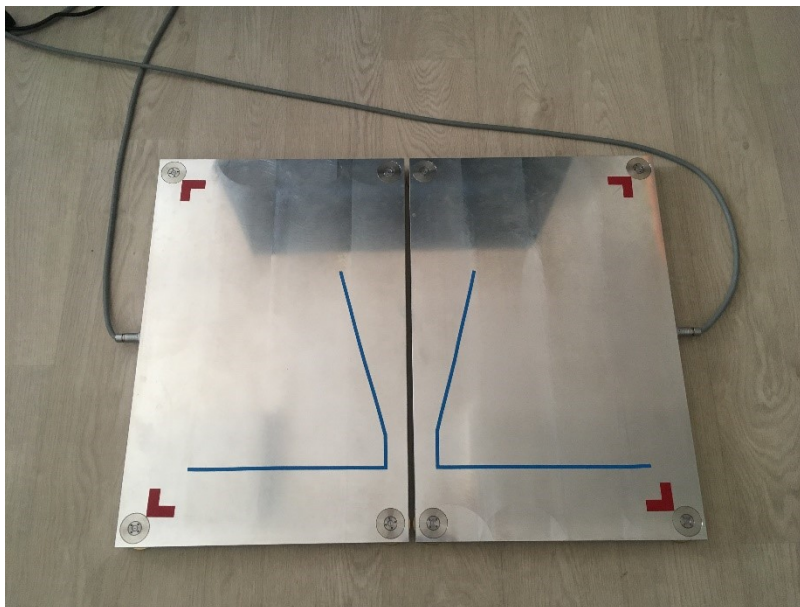
**Obrázek 7. Měření SVV.** A) Statická SVV. B) Dynamická SVV s optokinetickou stimulací v pozadí. C) Sedící proband při vyšetření SVV (archiv autora)

### 3.2.3 Posturografické vyšetření

Stabilita stoje byla měřena pomocí silových plošin značky Kistler, Švýcarsko (software MARS Full, Version:3.0, Type: 2875A), což je přístroj ve tvaru desky obsahující piezoelektrický snímač. Tento přístroj slouží k měření reakční síly působící od podložky (ground reaction force, GRF).

Měření probíhalo v místnosti izolované od vnějších rušivých vlivů. Proband se postavil bez obuvi na silové plošiny tak, aby stál každou nohou zvlášť na jedné ze dvou plošin. Na deskách bylo nalepenými liniemi naznačené požadované umístění chodidel (Obrázek 8). Při stoji měl proband umístěná chodidla tak, aby mezi sebou jeho špičky

svíraly úhel 30°. V případě tandemového stoje měl nohy postavené za sebou a špička se dotýkala paty (Obrázek 9). Vyšetřovaný jedinec byl instruován ke klidnému stoji s pažemi podél těla a pohledem do prostoru přímo před sebe na značku. Testování zahrnovalo 10 pozic představujících různé modifikace stoje. Měření každé pozice trvalo 30 sekund.

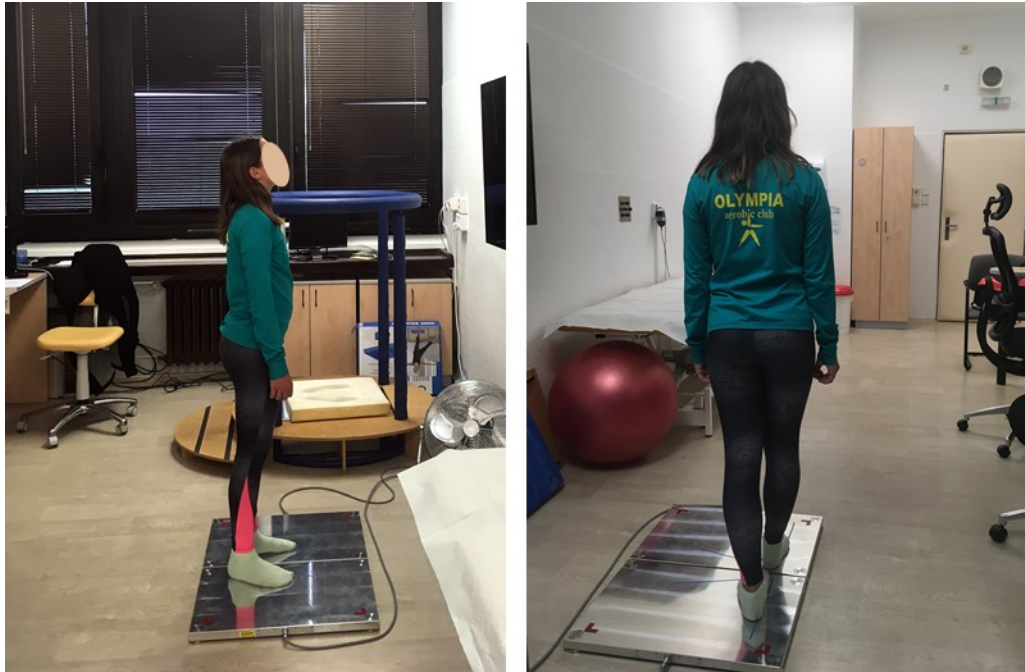


**Obrázek 8. Silová plošina Kistler.** Modrá linie slouží jako značka pro požadované umístění chodidel (archív autora)

Měřené pozice:

- Pozice 1 – Stoj na pevné podložce, oči otevřené
- Pozice 2 – Stoj na pevné podložce, oči zavřené
- Pozice 3 – Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči otevřené
- Pozice 4 – Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči zavřené
- Pozice 5 – Stoj na pěnové podložce, oči otevřené
- Pozice 6 – Stoj na pěnové podložce, oči zavřené
- Pozice 7 – Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči otevřené
- Pozice 8 – Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči zavřené
- Pozice 9 – Tandemový stoj, oči otevřené
- Pozice 10 – Tandemový stoj, oči zavřené

Pokud při měření pacient zakolísal tak, že odlepil celé chodidlo a udělal úkrok z původní pozice, bylo konkrétní měření provedeno znovu.



**Obrázek 9.** Ukázka pozic z posturografického měření. Stoj na pevné podložce se záklonem hlavy (vlevo) a tandemový stoj (vpravo) (archiv autora)

### 3.3 Statistické zpracování dat

Analýza byla zpracována pomocí statistického balíku R verze 3.5.1, R Core Team (2018): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Byly vypočítány základní statistické charakteristiky vybraných parametrů (aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka, minimum, maximum). Pro test rozdílu mezi skupinami byl použit t-test a Wilcoxonův test. P-hodnoty menší než 5 % byly považovány za statisticky významné.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 TAPS škála

V následující tabulce jsou zaznamenány výsledky škály TAPS u 12 pacientů s idiopatickou skoliózou (Tabulka 3). TAPS skóre vyjadřuje průměrnou hodnotu ze tří setů obrázků a může dosahovat hodnot v rozmezí od 1 do 5. Maximální hodnota 5 označuje stav, kdy jedinec nevnímá žádnou deformitu na svém trupu. Čím nižší skóre, tím větší pacient vnímá deformitu.

subjekt	velikost hl. křivky (Cobbův úhel)	tíže skoliózy	TAPS skóre	průměr podskupiny ± SD
2	12°	lehká	4,00	4,17 ± 0,19
3	11°	lehká	4,33	
9	19°	lehká	4,00	
10	13°	lehká	4,33	
1	23°	středně těžká	4,00	4,0 ± 0
4	25°	středně těžká	4,00	
11	26°	středně těžká	4,00	
6	23°	středně těžká	4,00	
12	41°	těžká	3,00	3,17 ± 0,19
5	50°	těžká	3,33	
7	45°	těžká	3,33	
8	44°	těžká	3,00	

Tabulka 3. Výsledky TAPS skóre u pacientů s idiopatickou skoliózou.

Probandi byli rozděleni do tří podskupin podle tíže skoliózy určené velikostí Cobbova úhlu hlavní křivky (klasifikace dle SOSORT, viz Tabulka 1, str. 13). Pacienti s lehkou skoliózou dosahovali TAPS skóre 4 – 4,33 (průměr 4,17 ± 0,19), pacienti se středně těžkou skoliózou měli všichni skóre 4 (průměr 4,0 ± 0) a pacienti s těžkou skoliózou skórovali 3 – 3,33 (průměr 3,17 ± 0,19).

TAPS skóre kontrolní skupiny jedinců bez skoliózy se pohybovalo v rozmezí 4,33 – 5 (průměr 4,89 ± 0,22). 75 % zdravých jedinců mělo plné skóre (5 bodů) a nevnímalo žádné zakřivení na svém trupu. 25 % jedinců z kontrolní skupiny na svém trupu vnímali lehkou asymetrii, i přesto že u nich nebyla diagnostikována skolióza.

## 4.2 Subjektivní vizuální vertikála

Normální hodnoty pro odchylku SVV u adolescentů nejsou publikovány, proto jsme použili pro statickou SVV navržené normy pro dospělé, které uvedl Pérennou et al. (2008): od  $-2,5^\circ$  do  $+2,5^\circ$ . Pro dynamickou SVV jsme při rychlosti optokinetické stimulace  $40^\circ/\text{sec}$  považovali za normální odchylku od  $-4^\circ$  do  $+4^\circ$  podle Catanzariti et al. (2015).

Z vyšetřovaného souboru probandů byla mimo určené normální hodnoty pouze jedna pacientka s AIS, která měla průměrnou odchylku SVV-D:  $-5^\circ$  při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček. Všichni ostatní probandí ze skoliotické i kontrolní skupiny měli průměrné odchylky SVV-S i SVV-D od geofyzikální vertikály v mezích normy.

Souhrn našich výsledků je zapsán v Tabulce 4. Uvádíme jednak průměrnou hodnotu odchylek SVV a také průměr z absolutních hodnot odchylek SVV, který vyjadřuje nepřesnost probandů v určování SVV bez ohledu na stranu vychýlení.

	průměr $\pm$ SD		p-hodnota
	S – skupina	K – skupina	
SVV-S	$0,26 \pm 1,07$	$0,15 \pm 0,82$	0,6421
SVV-Sf	$0,19 \pm 1,10$	$-0,44 \pm 0,85$	0,1263
SVV-D $+40^\circ/\text{s}$	$1,19 \pm 1,03$	$-0,17 \pm 0,82$	<b>0,0018</b>
SVV-D $-40^\circ/\text{s}$	$-0,86 \pm 1,62$	$-1,44 \pm 1,02$	0,3062
abs SVV-S	$0,99 \pm 0,66$	$0,93 \pm 0,40$	0,8155
abs SVV-Sf	$1,03 \pm 0,6$	$0,83 \pm 0,59$	0,4291
abs SVV-D $+40^\circ/\text{s}$	$1,50 \pm 0,77$	$0,81 \pm 0,41$	<b>0,0136</b>
abs SVV-D $-40^\circ/\text{s}$	$1,39 \pm 1,24$	$1,67 \pm 0,84$	0,2022

**Tabulka 4. Výsledky měření odchylek SVV od geofyzikální vertikály u pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina).** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) vyjadřují hodnotu odchylky SVV ve stupních [°]. Za statisticky významné byly považovány p-hodnoty  $p < 0,05$ , které jsou zvýrazněny červeně. SVV-S = statická subjektivní vizuální vertikála; SVV-Sf = statická subjektivní vizuální vertikála s fixací hlavy; SVV-D  $+40^\circ/\text{s}$  = dynamická SVV po směru hodinových ručiček; SVV-D  $-40^\circ/\text{s}$  = dynamická SVV proti směru hodinových ručiček; abs = absolutní odchylka

### Statická SVV

Průměrná hodnota odchylek SVV-S činila u pacientů s AIS  $0,26^\circ \pm 1,07^\circ$  a u kontrolní skupiny  $0,15^\circ \pm 0,82^\circ$ . Při manuální fixaci hlavy byly průměrné hodnoty SVV-Sf u pacientů s AIS  $0,19^\circ \pm 1,10^\circ$  a u kontrolní skupiny  $-0,44^\circ \pm 0,85^\circ$ . Mezi skupinami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

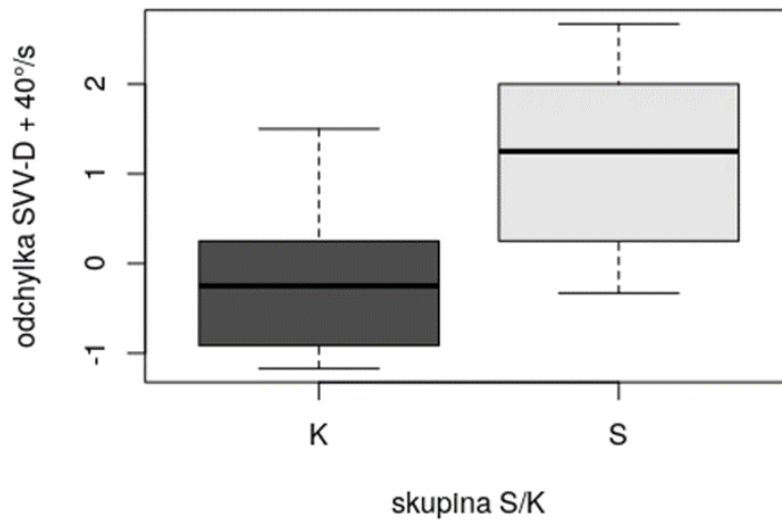
Použitím absolutních odchylek vertikály (abs SVV-S) jsme dostali průměrnou hodnotu u pacientů s AIS  $0,99^\circ \pm 0,66^\circ$  a u kontrolních jedinců  $0,93^\circ \pm 0,40^\circ$ . Při manuální fixaci hlavy (abs SVV-Sf) vyšla u pacientů se skoliózou průměrná hodnota  $1,03^\circ \pm 0,6^\circ$  a u kontrolní skupiny  $0,83^\circ \pm 0,59^\circ$ . Skupiny se mezi sebou ani v těchto případech významně nelišily.

### Dynamická SVV

Průměrná hodnota odchylek dynamické SVV při rotaci pozadí po směru hodinových ručiček (SVV-D  $+40^\circ/s$ ) se mezi S-skupinou a K-skupinou statisticky významně lišila ( $p < 0,01$ ): u pacientů s AIS  $1,19^\circ \pm 1,03^\circ$  a u kontrolní skupiny  $-0,17^\circ \pm 0,82^\circ$ . Při použití absolutních odchylek vertikály (abs SVV-D  $+40^\circ/s$ ) byl rovněž zjištěn signifikantní rozdíl průměrných hodnot mezi skupinami ( $p < 0,05$ ): u pacientů s AIS  $1,50^\circ \pm 0,77^\circ$  a u kontrolní skupiny  $0,81^\circ \pm 0,41^\circ$ .

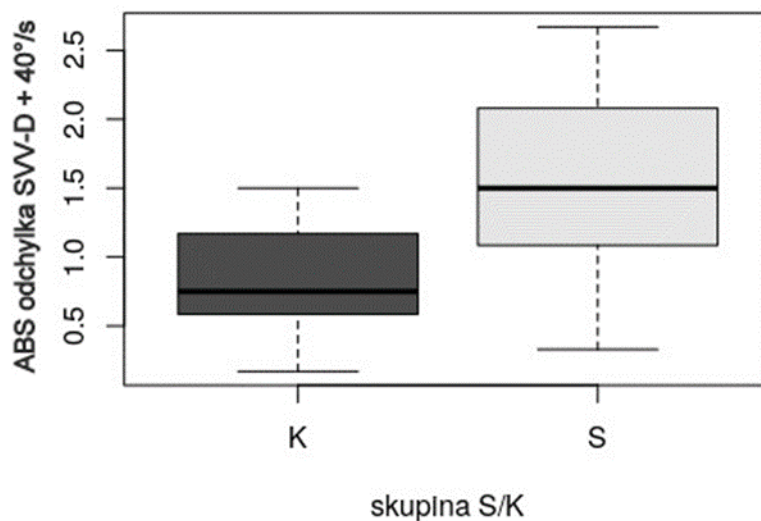
Naopak test dynamické SVV při rotaci pozadí proti směru hodinových ručiček (SVV-D  $-40^\circ/s$ ) neukázal statisticky významný rozdíl mezi S-skupinou a K-skupinou. Průměrná hodnota odchylek u pacientů s AIS činila  $-0,86^\circ \pm 1,62^\circ$  a u kontrolní skupiny  $-1,44 \pm 1,02$ . Průměr absolutních odchylek vertikály (abs SVV-D  $-40^\circ/s$ ) se také významně neodlišoval mezi skupinami: u pacientů s AIS  $1,39^\circ \pm 1,24^\circ$  a u kontrolní skupiny  $1,67^\circ \pm 0,84^\circ$ . Tyto výsledky dynamické SVV proti směru hodinových ručiček ukazují mírně vyšší průměrnou odchylku u kontrolní skupiny než u pacientů s AIS.

Následující grafy zobrazují porovnání percepce SVV u pacientů s idiopatickou skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupinou (K-skupina) v situaci, kdy mezi nimi byl zaznamenán signifikantní rozdíl, tedy SVV-D  $+40^\circ/s$  (Graf 1, Graf 2). Ostatní grafy jsou připojené v příloze. Jde o krabicové grafy neboli boxploty. Střední krabicová část diagramu je shora ohraničena 3.kvartilem a zdola 1.kvartilem, tlustá černá linie mezi nimi značí medián. Tenké linie vycházející ze střední části diagramu kolmo nahoru a dolů, tzv. vousy, vyjadřují variabilitu dat pod prvním a nad třetím kvartilem a sahají od minima po maximum.



**Graf 1. Porovnání odchylky dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (SVV-D +40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)**

V grafu č.1 vidíme, že skupina pacientů se skoliózou měla při vyšetření dynamické SVV-D +40°/s větší odchylku subjektivně vnímané vertikály od geofyzikální vertikály než kontrolní skupina. Zároveň zde lze ukázat, že vychýlení SVV bylo u pacientů s AIS více doprava (kladné hodnoty).



**Graf 2. Porovnání absolutní odchylky dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (SVV-D +40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)**



Z grafu č.2 lze vyčíst, že absolutní hodnoty odchylek dynamické SVV-D +40°/s od geofyzikální vertikály byly větší u pacientů se skoliózou oproti zdravým jedincům bez skoliózy.

#### 4.2.1 *Shrnutí výsledků SVV*

Při testování statické SVV určovali pacienti se skoliózou i zdraví jedinci subjektivní vertikálu velmi blízko geofyzikální vertikále. Statistickou analýzou rozdílů mezi skupinami nevyšly p-hodnoty nižší než 5 %, proto jsme nemohli zamítnout nulovou hypotézu  $H_{01}$ . V našem měření se neukázal signifikantní rozdíl odchylek statické SVV mezi jedinci se skoliózou a bez skoliózy.

Měření odchylek dynamické SVV při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček SVV-D +40°/s ukázalo statisticky významný rozdíl mezi pacienty se skoliózou a kontrolní skupinou ( $p = 0,0018$ ). Při porovnání absolutních odchylek SVV-D +40°/s se také ukázal významný rozdíl ( $p = 0,0136$ ) mezi pacienty se skoliózou a zdravými kontrolami.

V dynamické SVV při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček SVV-D -40°/s se pacienti se skoliózou nelišili od kontrolní skupiny.

Z výsledků vyplývá, že hypotézu  $H_{A1}$  se nám podařilo prokázat pouze v případě SVV-D +40°/s. Pro tento případ jsme zkoumali, zda u pacientů se skoliózou souvisí stranová orientace jejich hlavní křivky s převažující stranou jejich průměrné odchylky od SVV. U 9 z 12 pacientů s AIS byla strana odchylky SVV stejná se stranou lokalizace jejich hlavní křivky a u 3 pacientů byl směr odchylek na opačnou stranu, než byla orientovaná jejich hlavní skoliotická křivka. To znamená, že v 75 % případů se ukázala stranová lokalizace hlavní křivky skoliózy shodná se stranou odchylky SVV.

### 4.3 Posturografické vyšetření

Ze získaných posturografických dat jsme v této studii použili čtyři parametry COP, jejichž hodnoty jsme porovnávali mezi skupinou pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupinou (K-skupina).

- sway area – total [mm<sup>2</sup>] – celková plocha výchylek COP
- sway path – AP [mm] – rozsah pohybu COP v anteroposteriorním směru
- sway path – ML [mm] – rozsah pohybu COP v mediolaterálním směru
- sway V – total [mm/s] – celková rychlost pohybu COP

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) zmíněných parametrů u S-skupiny a K-skupiny jsou uvedeny v následujících tabulkách pro každou z deseti měřených pozic zvlášť.

Při pozici 1: *Stoj na pevné podložce, oči otevřené* dosahovali pacienti se skoliózou ve všech parametrech průměrně vyšších hodnot než zdraví jedinci, avšak rozdíl mezi nimi nebyl statisticky významný (Tabulka 5).

Pozice 1	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	695,7	411,4	453,9	136,0	0,0747
sway path AP [mm]	269,4	68,64	236,9	37,3	0,1687
sway path ML [mm]	227,0	72,6	206,3	26,1	0,3693
sway V [mm/s]	13,1	3,6	11,8	1,6	0,2258

**Tabulka 5. Výsledky pozice 1: Stoj na pevné podložce, oči otevřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Průměrné hodnoty parametrů pro pozici 2: *Stoj na pevné podložce, oči zavřené* byly opět vyšší u pacientů se skoliózou, ale statistické porovnání naměřených hodnot neprokázalo signifikantní rozdíl mezi S-skupinou a K-skupinou (Tabulka 6).

Pozice 2	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	839,2	801,9	528,6	188,1	0,8852
sway path AP [mm]	314,5	82,7	304,3	65,3	0,7418
sway path ML [mm]	233,5	81,1	216,6	49,2	0,5444
sway V [mm/s]	14,4	4,1	13,7	2,8	0,6369

**Tabulka 6. Výsledky pozice 2: Stoj na pevné podložce, oči zavřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Pozice 3: *Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči otevřené* rovněž neukázala významný rozdíl v kolísání COP mezi pacienty s idiopatickou a bez skoliózy. Průměrné hodnoty u K-skupiny byly vyšší než u S-skupiny, ale rozdíl mezi skupinami nebyl dostatečný (Tabulka 7).

Pozice 3	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	936,1	736,7	595,5	286,1	0,4428
sway path AP [mm]	333,0	110,4	278,5	58,0	0,1487
sway path ML [mm]	249,1	93,9	203,2	32,5	0,1325
sway V [mm/s]	15,3	5,3	12,7	2,3	0,1353

**Tabulka 7. Výsledky pozice 3: Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči otevřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Hodnoty naměřené při pozici 4: *Stoj na pevné podložce, zákon hlavy, oči zavřené* byly také málo rozdílné mezi skupinou pacientů se skoliózou a zdravými jedinci (Tabulka 8).

Pozice 4	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	1062,8	1008,1	708,5	324,9	0,7553
sway path AP [mm]	378,1	137,7	331,6	93,9	0,3460
sway path ML [mm]	258,5	107,6	216,9	38,8	0,2290
sway V [mm/s]	16,9	6,3	14,5	3,5	0,2746

**Tabulka 8. Výsledky pozice 4: Stoj na pevné podložce, zákon hlavy, oči zavřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina).

V pozici 5: *Stoj na pěnové podložce, oči otevřené* dosahovala S-skupina vyšších průměrných hodnot než K-skupina, ale opět bez prokázaného statisticky významného rozdílu. V této pozici se u hodnocení mediolaterálních výchylek COP (*sway path ML*) vypočítaná p-hodnota nejvíce přiblížila hranici hladiny významnosti ( $p < 0,05$ ) potřebné pro zamítnutí nulové hypotézy (Tabulka 9).

Pozice 5	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	1215,2	841,0	917,1	310,3	0,5512
sway path AP [mm]	347,7	85,8	308,9	40,1	0,1747
sway path ML [mm]	305,2	78,6	253,9	31,9	0,0539
sway V [mm/s]	17,1	4,2	14,7	1,8	0,0938

**Tabulka 9. Výsledky pozice 5: Stoj na pěnové podložce, oči otevřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

U pozice 6: *Stoj na pěnové podložce, oči zavřené* se průměrné hodnoty popisující kolísání rovnováhy lišili mezi skupinami zejména v parametru *sway area*, avšak rozdíl opět nebyl tak velký, aby mohl být považován za významný (Tabulka 10).

Pozice 6	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	4424,2	2220,2	3095,8	955,7	0,0764
sway path AP [mm]	835,7	213,9	765,4	148,1	0,3605
sway path ML [mm]	563,7	155,2	487,9	78,2	0,1502
sway V [mm/s]	37,1	9,0	33,3	5,7	0,2270

**Tabulka 10. Výsledky pozice 6: Stoj na pěnové podložce, oči zavřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

V obou pozicích při stoji na pěnové podložce se záklonem hlavy nebyly nalezeny výrazné rozdíly mezi S-skupinou a K-skupinou. Jedná se o pozici 7: *Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči otevřené* (Tabulka 11) a pozici 8: *Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči zavřené* (Tabulka 12).

Pozice 7	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	2103,1	1439,0	1578,0	402,8	0,8874
sway path AP [mm]	496,9	123,6	488,4	102,1	0,8576
sway path ML [mm]	369,1	129,9	320,3	44,3	0,9323
sway V [mm/s]	22,8	6,5	21,6	3,6	0,5780

**Tabulka 11. Výsledky pozice 7: Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči otevřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Pozice 8	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	5961,7	4377,1	5714,9	2497,8	0,5899
sway path AP [mm]	1106,7	436,8	1183,9	405,0	0,6579
sway path ML [mm]	599,8	205,8	613,4	192,3	0,8689
sway V [mm/s]	45,7	16,6	48,2	15,3	0,6968

**Tabulka 12. Výsledky pozice 8: Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči zavřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Tandemový stoj byl pro pacienty se skoliózou i kontrolní probandy nejnáročnější pozicí na udržení stability. V pozici 9: *Tandemový stoj, oči otevřené* (Tabulka 13) i v pozici 10: *Tandemový stoj, oči zavřené* (Tabulka 14) bylo zaznamenáno velké kolísání COP u obou sledovaných skupin jedinců. Rozdíl mezi S-skupinou a K-skupinou nebyl významný.

Pozice 9	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	3576,7	1709,6	3096,5	1512,3	0,4428
sway path AP [mm]	636,9	123,1	608,1	132,5	0,5878
sway path ML [mm]	762,9	226,1	739,2	256,8	0,7987
sway V [mm/s]	36,7	8,7	35,5	10,0	0,6297

**Tabulka 13. Výsledky pozice 9: Tandemový stoj, oči otevřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

Pozice 10	S – skupina		K – skupina		p – hodnota
	průměr	SD	průměr	SD	
sway area [mm <sup>2</sup> ]	13689,6	8400,2	12562,8	13867,3	0,3777
sway path AP [mm]	1290,8	342,8	1175,4	247,9	0,3561
sway path ML [mm]	1486,3	531,3	1422,9	806,5	0,2657
sway V [mm/s]	72,7	22,6	69,4	28,4	0,3474

**Tabulka 14. Výsledky pozice 10: Tandemový stoj, oči zavřené.** Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD) u skupiny pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina)

### ***4.3.1 Shrnutí výsledků posturografie***

Výše uvedené výsledky posturografického měření v 10 různých pozicích ukazují, že pacienti se skoliózou se ve sledovaných parametrech COP významně nelišili od zdravých jedinců. Stanovená hypotéza  $H_{A2}$  nebyla potvrzena. Vzhledem k neprokázané odlišnosti posturální stability u pacientů s idiopatickou skoliózou jsme dále nezkoumali souvislost mezi výsledky posturografie a velikostí či typem skoliotické křivky.

## 5 DISKUZE

### Idiopatická skolióza a vestibulární systém

Původ vzniku idiopatické skoliózy dosud nebyl objasněn. Řada autorů se v otázce příčiny AIS přiklání k hypotéze chybné senzomotorické integrace, která vede k neadekvátní motorické kontrole ústící v asymetrické zapojení svalů kolem páteře a následnému vzniku deformity (Herman et al., 1985). V tomto procesu hraje svou roli i vestibulární systém. Při jeho dysfunkci může dojít ke změně vnímání vertikality a rovnovážných funkcích (Hawasli et al., 2015). Tyto poruchy mohou být eferentní cestou mediálního vestibulospinálního traktu nebo kolaterální aktivitou retikulospinálního traktu přeneseny na svaly páteře a způsobit jejich nevyvážené zapojení. Pokud to nastane během kritického období růstu a vývoje, může takto změněná aktivita svalů predisponovat vzniku skoliotické deformity páteře (Hawasli et al., 2015; Pialasse et al., 2015; Catanzariti et al., 2014; Simoneau et al., 2006b).

Přes velký počet klinických a radiologických studií, které hledají vztah mezi idiopatickou skoliózou a vestibulárním aparátem, se zatím nepodařilo žádnou nalezenou souvislost prohlásit za všeobecně platnou. V přehledu relevantních studií, který byl v teoretické části uveden, jsme zaznamenali rozdílné výsledky různých výzkumů. Řada výsledků, podporuje potenciální kauzální vliv vestibulární dysfunkce u pacientů s AIS, ale tyto nálezy nebyly zreprodukovány ve všech studiích. Při zjištění poruchy vestibulární funkce u pacientů se skoliózou navíc není objasněno, zda se jedná o příčinu vzniku skoliózy nebo jde o následek adaptace systému na asymetrii páteře.

V naší práci jsme testovali funkci vestibulárního aparátu u pacientů s AIS pomocí vyšetření subjektivní zrakové vertikály a posturální stability. SVV se používá především k hodnocení funkce otolitových orgánů a výrazná odchylka od geofyzikální vertikály může nasvědčovat vestibulární hypofunkci na ipsilaterální straně ve vztahu ke straně vychýlení vertikály (Anastasopoulos et al., 1997). Posturální stabilita neukazuje jen funkci vestibulárního systému, ale vypovídá o fungování multisenzorické integrace, do které jsou také zahrnuty informace somatosenzitivní a zrakové (Horak et al., 2006). Aby posturografické vyšetření testovalo více podíl vestibulární aferentace na udržování stability stoje, je využívána senzoričná manipulace k omezení vstupů z jiných systémů.



## Subjektivní vizuální vertikála

Studii zkoumajících vnímání vertikality u pacientů s idiopatickou skoliózou pomocí vyšetření SVV není mnoho a jejich výsledky jsou rozdílné. Dvě studie využívající metodu promítání linie ve tmě nenašly žádný rozdíl v SVV u pacientů s AIS a zdravých jedinců (Le Berre et al., 2019; Cheung et al., 2002). Jiné dvě studie zaznamenaly pomocí SVV změněné vnímání vertikality u pacientů s idiopatickou skoliózou, v jedné byla využita bucket method (Čakrt et al., 2011), v druhé byla promítána osvětlená linie ve tmě (Catanzariti et al., 2015).

V experimentální části této práce jsme testovali percepci subjektivní zrakové vertikály metodou promítání linie ve tmě od systému Synapsys, který byl využit i ve dvou výše uvedených studiích (Le Berre et al., 2019; Catanzariti et al., 2015). Výsledky měření statické SVV-S neukázaly významný rozdíl mezi pacienty se skoliózou a bez skoliózy ( $p > 0,05$ ). Během dynamické SVV-D  $-40^\circ/s$  při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček se odchylky od vertikály mezi pacienty se skoliózou a kontrolní skupinou také výrazně nelišily ( $p > 0,05$ ). Signifikantní rozdíl mezi S-skupinou a K-skupinou ( $p < 0,01$ ) byl zaznamenán v případě dynamické SVV-D  $+40^\circ/s$  při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček, kdy pacienti se skoliózou měli průměrnou odchylku od vertikály  $1,19^\circ \pm 1,03^\circ$  SD a zdraví jedinci  $-0,17^\circ \pm 0,82^\circ$  SD. Zajímalo nás, zda má tento nálezn souvislost s orientací konvexní strany hlavní křivky. Shodu převažující strany výchyly SVV a stranové lokalizace skoliózy jsme našli u 75 % pacientů se skoliózou.

Při porovnání našich výsledků se studii, které prováděli testování SVV pomocí stejného zařízení, vidíme, že Le Berre et al. (2019) nezjistil mezi pacienty se skoliózou a kontrolní skupinou významný rozdíl odchylek statické ani dynamické SVV. Náš nálezn je podobný s výsledkem Catanzariti et al. (2015), který také zaznamenal větší odchylky u pacientů s AIS při dynamické SVV s optokinetickou stimulací po směru hodinových ručiček (bez údaje o korelaci se stranou skoliózy). Mimo to uvádí, že u 57 % pacientů se vyskytovala nejméně jedna patologická odchylka a u 28,5 % pacientů byly přítomny nejméně dvě patologické odchylky. V tom se naše nálezny liší, protože my jsme zaregistrovali odchylku mimo normální hodnoty pouze u jedné pacientky.

Z našeho měření vyšlo, že pacienti s AIS mají rozdílné vnímání vertikality oproti zdravým jedincům při dynamických podmínkách SVV s rotací pozadí po směru hodinových ručiček. Možným vysvětlením tohoto nálezu je porucha multisenzorické integrace, která způsobí narušení vnímané vertikály. Toto narušení se může projevit až

za určitých podmínek, při kterých jsou rozptýleny vstupní informace podílející se na vnitřním obrazu vertikality. Tak tomu je například při vizuálním rozptýlení pozadí obrazu při vyšetření dynamické SVV.

Pro objasnění možné poruchy multisenzorické integrace u pacientů s AIS a určení vlivu různých vstupních informací včetně těch z vestibulárního systému bude potřeba dalších výzkumů dané problematiky. Bylo by zajímavé zkoumat efekt jiné senzorické manipulace na schopnost vnímání vizuální vertikály u jedinců se skoliózou, například vyšetřovat statickou SVV při stožení na nestabilním povrchu nebo spojit vizuální i somatosenzitivní manipulaci a vyšetřovat dynamickou SVV na pěnové podložce.

### **Posturální stabilita**

Cílem posturografického měření, které tvořilo druhou část našeho výzkumu, bylo porovnat posturální stabilitu u pacientů s AIS a jedinců bez skoliózy. Předpokládali jsme, že u pacientů se skoliózou bude horší stabilita stoje a že se tedy mezi skupinami prokáže odlišnost. Větší rozdíl byl očekáván zejména v pozicích stoje se senzoricou manipulací, kdy je omezen některý z aferentních vstupů. Naše hypotéza se však nepotvrdila. V žádné z deseti měřených pozic jsme ve sledovaných parametrech COP nezaznamenali statisticky významný rozdíl mezi pacienty s idiopatickou skoliózou a kontrolní skupinou jedinců bez skoliózy. Za klíčové parametry COP jsme zvolili takové, ve kterých se dle předešlých studií porovnávajících stabilitu stoje nejčastěji nalézaly rozdíly u pacientů s AIS oproti zdravým jedincům. Byla to celková plocha výchylek (sway area), pohyb COP v mediolaterálním (sway path – ML) a v anteroposteriorním směru (sway path – AP) (Dufvenberg et al., 2018). K těmto třem jsme přidali ještě parametr rychlosti pohybu COP (sway V), který nás zajímal, protože koresponduje s neuromuskulární aktivitou nutnou k předcházení ztráty rovnováhy. Tyto parametry jsme pro každou pozici analyzovali zvlášť. Zjistili jsme, že ve většině pozic dosahovala skupina pacientů s AIS vyšších hodnot všech parametrů, nebylo to však dostatečné pro stanovení signifikantního rozdílu mezi skupinami ( $p > 0,05$ ).

V několika dalších studiích se také nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl v posturální stabilitě mezi pacienty se skoliózou a zdravými jedinci (Guo et al., 2006; Meller-Gattenyo, 2009b). Přesto existuje mnoho výzkumů, jejichž výsledky dokazují zhoršenou posturální stabilitu u pacientů se skoliózou, jak prezentuje Dufvenberg et al. (2018) ve svém přehledovém článku a metaanalýze.

Jedna z možných limitací naší výzkumné práce, která by mohla mít vliv na neprokázání druhé hypotézy, by mohla být převaha pacientů s dvojitou křivkou. 11 z 12 pacientů se skoliózou z naší výzkumné skupiny mělo dvojitou křivku a pouze jeden měl křivku jednoduchou. Vliv typu skoliózy na udržování rovnováhy zkoumal Gauchard et al. (2001) a porovnáním stability stoje u pacientů s různými typy skoliotických křivek zjistil, že pacienti s dvojitou křivkou lépe kompenzují výchylky rovnováhy a není u nich posturální stabilita narušena tolik jako u ostatních typů skolióz. Proto usuzujeme, že převaha těchto pacientů v námi zkoumaném souboru mohla způsobit malý rozdíl v hodnotách parametrů COP mezi pacienty se skoliózou a kontrolní skupinou.

Dalším faktorem, který mohl mít dopad na celkové výsledky našeho výzkumu, je rozdílný průměrný věk probandů o 1,5 roku mezi S-skupinou a K-skupinou. Ideální by bylo, aby se průměrný věk skupin lišil jen minimálně nebo vůbec. Vliv mohl mít i rozdílný poměr dívek a chlapců, který byl v S-skupině 8/4 a v K-skupině 9/3 (dívky/chlapci).

### **TAPS škála**

Validita a reliabilita škály TAPS byla již dříve prokázána a stejně tak i dobrá korelace TAPS skóre s velikostí skoliózy (Bago et al., 2010). Proto nebylo cílem práce dokazovat tyto skutečnosti znovu, ale zejména vyzkoušet a zhodnotit použití škály v praxi.

Při testování jsme narazili na jeden nedostatek s podobou škály. Postavy na obrázku totiž znázorňují pouze jeden typ zakřivení, které nemusí vždy odpovídat typu skoliózy pacienta. Je tedy třeba vysvětlit pacientovi, že obrázek je jen orientační a nemá vyjadřovat, jaká je přesná podoba jeho deformity, ale jen obecně míru vnímaného zakřivení vlastního těla. Zvažovali jsme, zda by nebylo vhodnější, aby škála obsahovala více setů postav, které by ukazovaly různé typy skoliózy, ale nakonec jsme usoudili, že tato podoba je pro účely použití škály dostačující.

TAPS škálu považujeme za jednoduchý nástroj k hodnocení vnímání vlastního těla a jeho asymetrie u pacientů s idiopatickou skoliózou. Jeho uplatnění může být například jako doplněk vyšetření nebo součást dotazníků pro zjišťování kvality života u pacientů s AIS.

## ZÁVĚR

V práci jsme shrnuli teoretické poznatky o problematice idiopatické skoliózy a vestibulárního aparátu a podali jsme přehled výsledků dostupných studií, které se zabývají hledáním možné souvislosti mezi přítomností skoliózy a vestibulární poruchou. Dále jsme představili metody testování subjektivní zrakové vertikály a posturální stability.

V experimentální části jsme porovnávali vnímání subjektivní zrakové vertikály a posturální stabilitu mezi pacienty s idiopatickou skoliózou a kontrolní skupinou jedinců bez skoliózy. V posturální stabilitě nebyl v žádné z měřených pozic zaznamenán signifikantní rozdíl mezi skupinami. Ve výsledcích měření statické SVV jsme také nenašli výraznou odlišnost mezi zkoumanými skupinami. Naše testování ukázalo, že se pacienti s idiopatickou skoliózou statisticky významně liší od kontrolní skupiny ve vnímání dynamické SVV při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček. Tento nálezný poukazuje na možné narušené vnímání vertikály u pacientů s AIS.

Podle teorie, ke které se přikláníme, může být idiopatická skolióza následkem chybné vnitřní reprezentace vertikality, která způsobí vychýlení podélné osy těla. Pro ověření této hypotézy je třeba problematiku vnímání vertikality u pacientů s AIS dále zkoumat. Její potvrzení by mohlo vést k doplnění nových rehabilitačních postupů pro léčbu skoliózy.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- ANASTASOPOULOS, Dimitri, Thomas HASLWANTER, Adolfo BRONSTEIN, Michael FETTER a Johannes DICHGANS, 1997. Dissociation between the perception of body verticality and the visual vertical in acute peripheral vestibular disorder in humans. *Neuroscience Letters* [online]. 233(2-3), 151-153 [cit. 2019-07-21]. DOI: 10.1016/S0304-3940(97)00639-3. ISSN 03043940. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304394097006393>
- BAGO, Juan, Judith SANCHEZ-RAYA, Francisco PEREZ-GRUESO a Jose CLIMENT, 2010. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis* [online]. 5(1) [cit. 2019-01-04]. DOI: 10.1186/1748-7161-5-6. ISSN 1748-7161. Dostupné z: <http://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-5-6>
- BARRACK, Robert, Marilyn WYATT, Thomas WHITECLOUD, Stephen BURKE, John ROBERTS a Mark BRINKER, 1988. Vibratory Hypersensitivity in Idiopathic Scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 8(4), 389-395 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1097/01241398-198807000-00002. ISSN 0271-6798. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=01241398-198807000-00002>
- BARRA, J. a D. PÉRENNOU, 2013. Le sens de verticalité est-il vestibulaire ?. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* [online]. 43(3), 197-204 [cit. 2019-07-18]. DOI: 10.1016/j.neucli.2013.02.001. ISSN 09877053. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0987705313001226>
- BARRA, Julien, Adélaïde MARQUER, Roxane JOASSIN, Céline REYMOND, Liliane METGE, Valérie CHAUVINEAU a Dominic PÉRENNOU, 2010. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain* [online]. 133(12), 3552-3563 [cit. 2019-07-18]. DOI: 10.1093/brain/awq311. ISSN 1460-2156. Dostupné z: <https://academic.oup.com/brain/article-lookup/doi/10.1093/brain/awq311>
- BARRIOS, C. a J. ARROTEGUI, 1992. Experimental kyphoscoliosis induced in rats by selective brain stem damage. *International Orthopaedics* [online]. 16(2), 146-151 [cit. 2019-07-18]. DOI: 10.1007/BF00180206. ISSN 0341-2695. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF00180206>
- BIZOVSKÁ, Lucia, Miroslav JANURA a Marcela MÍKOVÁ, 2017. Rovnováha a možnosti jejího hodnocení. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 128 s. ISBN 978-80-244-5260-9.
- BOHMER, Andreas a Fred MAST, 1999. Assessing Otolith Function by the Subjective Visual Vertical. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 871(1),

221-231 [cit. 2019-07-20]. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1999.tb09187.x. ISSN 0077-8923. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-6632.1999.tb09187.x>

BRONSTEIN, Adolfo, Thomas BRANDT, Marjorie WOOLLACOTT a John NUTT, 2004. *Clinical disorders of balance, posture and gait*. 2nd ed. New York, NY: Distributed in the U.S. of America by Oxford University Press. ISBN 03-408-0657-5.

BURTON, Monique, 2013. *Diagnosis and Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis*. *Pediatric Annals* [online]. 42(11), 233-237 [cit. 2019-07-10]. DOI: 10.3928/00904481-20131022-09. ISSN 0090-4481. Dostupné z: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/00904481-20131022-09>

BURWELL, R.g. a P.h. DANGERFIELD, 2002. *Etiologic theories of idiopathic scoliosis: Neurodevelopmental concepts to be evaluated*. *Research into Spinal Deformities* 4 [online]. 91, 15-19 [cit. 2019-05-17]. DOI: 10.3233/978-1-60750-935-6-15. ISBN 1586032895. ISSN 18798365. Dostupné z: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/15457687/?i=2&from=Burwell%20RG\[Author\]](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/15457687/?i=2&from=Burwell%20RG[Author])

BURWELL, R, Ranjit AUJLA, Michael GREVITT, Peter DANGERFIELD, Alan MOULTON, Tabitha RANDELL a Susan ANDERSON, 2009. *Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis in girls - a double neuro-osseous theory involving disharmony between two nervous systems, somatic and autonomic expressed in the spine and trunk: possible dependency on sympathetic nervous system and hormones with implications for medical therapy*. *Scoliosis* [online]. 4(1) [cit. 2019-07-13]. DOI: 10.1186/1748-7161-4-24. ISSN 1748-7161. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-4-24>

BYL, Nancy, Susan HOLLAND, Anne JUREK a Serena HU, 1997. *Postural Imbalance and Vibratory Sensitivity in Patients With Idiopathic Scoliosis: Implications for Treatment*. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 26(2), 60-68 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.2519/jospt.1997.26.2.60. ISSN 0190-6011. Dostupné z: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1997.26.2.60>

CATANZARITI, J.-F., O. AGNANI, M.-A. GUYOT, S. WLODYKA-DEMAILLE, H. KHENIOUI a C. DONZE, 2014. *Does adolescent idiopathic scoliosis relate to vestibular disorders? A systematic review*. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 57(6-7), 465-479 [cit. 2019-07-29]. DOI: 10.1016/j.rehab.2014.04.003. ISSN 18770657. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065714017072>

CATANZARITI, J.-F., M. LE BERRE, M. COGET, M. GUYOT, O. AGNANI a C. DONZÉ, 2015. *Subjective Visual Vertical and Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)*. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 58 [cit. 2019-07-

- 16]. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.07.270. ISSN 18770657. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187706571500353X>
- ČAKRT, Ondřej, Kryštof SLABÝ, Lucie VIKTORINOVÁ a Pavel KOLÁŘ, 2011. Subjective visual vertical in patients with idiopathic scoliosis. *Journal of Vestibular Research* [online]. 21(3), 161-5 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.3233/VES-2011-0414. Dostupné z:  
[https://www.researchgate.net/publication/51113733\\_Subjective\\_visual\\_vertical\\_in\\_patients\\_with\\_idiopathic\\_scoliosis](https://www.researchgate.net/publication/51113733_Subjective_visual_vertical_in_patients_with_idiopathic_scoliosis)
- ČERNÝ, Ervín, 1988. Polohová orientace v prostoru jak se jeví v pokusech na modifikovaném Graheho stole. Praha, s. 187. Doktorská disertační práce.
- DANGERFIELD, Peter, W.c.w. CHU, L. SHI et al., 2008. Variations of Semicircular Canals Orientation and Left-right Asymmetry in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) Comparing with Normal Controls: MR Morphometry Study Using Advanced Image Computation Techniques. *Studies in Health Technology* [online]. 140, 333-333 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.3233/978-1-58603-888-5-333. ISSN 09269630. Dostupné z: <http://ebooks.iospress.nl/publication/11885>
- DAY, Brian a Stephen LORD, 2018. *Balance, Gait, and Falls*. 1. Elsevier. ISBN 9780444639172.
- DE SÈZE, M. a E. CUGY, 2012. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: A review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 55(2), 128-138 [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.1016/j.rehab.2012.01.003. ISSN 18770657. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065712000048>
- DE WAELE, C., W. GRAF, P. JOSSET a P. VIDAL, 1989. A radiological analysis of the postural syndromes following hemilabyrinthectomy and selective canal and otolith lesions in the guinea pig. *Experimental Brain Research* [online]. 77(1), 166-182 [cit. 2019-07-18]. DOI: 10.1007/BF00250579. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF00250579>
- DOMENECH, Julio, G. GARCÍA-MARTÍ, L. MARTÍ-BONMATÍ, C. BARRIOS, J. TORMOS a A. PASCUAL-LEONE, 2011. Abnormal activation of the motor cortical network in idiopathic scoliosis demonstrated by functional MRI. *European Spine Journal* [online]. 20(7), 1069-1078 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1007/s00586-011-1776-8. ISSN 0940-6719. Dostupné z:  
<http://link.springer.com/10.1007/s00586-011-1776-8>
- DONZELLI, Sabrina, Salvatore POMA, Luca BALZARINI, Alberto BORBONI, Stefano RESPIZZI, Jorge VILLAFANE, Fabio ZAINA a Stefano NEGRINI, 2015. State of the art of current 3-D scoliosis classifications: a systematic review from a clinical perspective. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 12(1)

[cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1186/s12984-015-0083-8. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/12/1/91>

DUFVENBERG, Marlene, Fisayo ADEYEMI, Isabelle RAJENDRAN, Birgitta ÖBERG a Allan ABBOTT, 2018. Does postural stability differ between adolescents with idiopathic scoliosis and typically developed? A systematic literature review and meta-analysis. *Scoliosis and Spinal Disorders* [online]. 13(1) [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1186/s13013-018-0163-1. ISSN 2397-1789. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-018-0163-1>

GAUCHARD, Gérome C., Pierre LASCOMBES, Michel KUHNAST a Philippe P. PERRIN, 2001. Influence of Different Types of Progressive Idiopathic Scoliosis on Static and Dynamic Postural Control. *Spine* [online]. 26(9), 1052-1058 [cit. 2019-07-30]. DOI: 10.1097/00007632-200105010-00014. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-200105010-00014>

GRIVAS, Theodoros, Elias VASILADIS, Vasilios MOUZAKIS, Constantinos MIHAS a Georgios KOUFOPOULOS, 2006b. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis* [online]. 1(1) [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1186/1748-7161-1-9. ISSN 1748-7161. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-1-9>

GRIVAS, Theodoros, Elias VASILADIS, Olga SAVVIDOU, Vasilios MOUZAKIS a Georgios KOUFOPOULOS, 2006a. Geographic latitude and prevalence of adolescent idiopathic scoliosis. *Studies in health technology and informatics* [online]. 12384-9 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6690190\\_Geographic\\_latitude\\_and\\_prevalence\\_of\\_adolescent\\_idiopathic\\_scoliosis](https://www.researchgate.net/publication/6690190_Geographic_latitude_and_prevalence_of_adolescent_idiopathic_scoliosis)

GUO, X, Ww CHAU, Cw HUI-CHAN, Cs CHEUNG, Ww TSANG a Jc CHENG, 2006. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. *Spine* [online]. 31(14), 437-40 [cit. 2019-07-30]. ISSN 15281159.

HAUMONT, Thierry, Gérome GAUCHARD, Pierre LASCOMBES a Philippe PERRIN, 2011. Postural Instability in Early-Stage Idiopathic Scoliosis in Adolescent Girls. *Spine* [online]. 36(13), 847-854 [cit. 2019-07-11]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ff5837. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-201106010-00017>

HAUSMANN, Oliver, Thomas BÖNI, Christian PFIRRMANN, Armin CURT a Kan MIN, 2003. Preoperative radiological and electrophysiological evaluation in 100 adolescent idiopathic scoliosis patients. *European Spine Journal* [online]. 12(5),



- 501-506 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1007/s00586-003-0568-1. ISSN 0940-6719.  
Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00586-003-0568-1>
- HAWASLI, Ammar, Timothy HULLAR a Ian DORWARD, 2015. Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *European Spine Journal* [online]. 24(2), 227-233 [cit. 2019-05-17]. DOI: 10.1007/s00586-014-3701-4. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00586-014-3701-4>
- HERDMAN, Susan, 2007. *Vestibular rehabilitation*. 3rd ed. Philadelphia: F.A. Davis. ISBN 978-0-8036-1376-8.
- HERMAN, R., J. MIXON, A. FISHER, R. MAULUCCI a J. STUYCK, 1985. Idiopathic scoliosis and the central nervous system: a motor control problem. *Spine*. 10(1), 1-14.
- HITIER, Martin, Michèle HAMON, Pierre DENISE et al., 2015. Lateral Semicircular Canal Asymmetry in Idiopathic Scoliosis: An Early Link between Biomechanical, Hormonal and Neurosensory Theories?. *PLOS ONE* [online]. 10(7) [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1371/journal.pone.0131120. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0131120>
- HORAK, Fay, 2006. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing* [online]. 35(2), 7-11 [cit. 2019-07-21]. DOI: 10.1093/ageing/af1077. ISSN 1468-2834. Dostupné z: [http://academic.oup.com/ageing/article/35/suppl\\_2/ii7/15654/Postural-orientation-and-equilibrium-what-do-we](http://academic.oup.com/ageing/article/35/suppl_2/ii7/15654/Postural-orientation-and-equilibrium-what-do-we)
- CHENG, Jack, Xia GUO, Andy SHER, Yu-Leung CHAN a Con METREWELI, 1999. Correlation Between Curve Severity, Somatosensory Evoked Potentials, and Magnetic Resonance Imaging in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 24(16) [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1097/00007632-199908150-00009. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-199908150-00009>
- CHENG, Jack, René CASTELEIN, Winnie CHU et al., 2015. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nature Reviews Disease Primers* [online]. [cit. 2019-03-11]. DOI: 10.1038/nrdp.2015.30. ISSN 2056-676X. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/nrdp201530>
- CHENG, Jack, Wai-Wang CHAU, Xia GUO a Yu-Leung CHAN, 2003. Redefining the Magnetic Resonance Imaging Reference Level for the Cerebellar Tonsil. *Spine* [online]. 28(8), 815-818 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1097/01.BRS.0000058934.90384.16. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-200304150-00015>

- CHEUNG, John, Wim SLUITER, Albert VELDHUIZEN, Jan COOL a Jim VAN HORN, 2002. Perception of vertical and horizontal orientation in children with scoliosis. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 20(3), 416-420 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1016/S0736-0266(01)00129-2. ISSN 0736-0266. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1016/S0736-0266%2801%2900129-2>
- CHOUHDARY, Muhammad, Zafar AHMAD a Rajat VERMA, 2016. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Open Orthopaedics Journal* [online]. 10(1), 143-154 [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.2174/1874325001610010143. ISSN 1874-3250. Dostupné z: <https://openorthopaedicsjournal.com/VOLUME/10/PAGE/143/>
- CHU, Winnie, Gene MAN, Wynnie LAM et al., 2007. A Detailed Morphologic and Functional Magnetic Resonance Imaging Study of the Craniocervical Junction in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 32(15), 1667-1674 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318074d539. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-200707010-00016>
- CHU, Winnie, Gene MAN, Wynnie LAM et al., 2008. Morphological and Functional Electrophysiological Evidence of Relative Spinal Cord Tethering in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 33(6), 673-680 [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318166aa58. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-200803150-00016>
- KAPENTAGOS, G, M POTOUPNIS, A DANGILAS, K MARKOU a J POURNARAS, 2002. Is the labyrinthine dysfunction a causative factor in idiopathic scoliosis?. *Stud Health Technol Inform.* [online]. 91, 7-9 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.3233/978-1-60750-935-6-7.
- KOLÁŘ, Pavel, 2003. Klinické vyšetření a léčebné postupy u pacientů s idiopatickou skoliózou. *Pediatric pro praxi* [online]. Solen, 4(5), 243-247 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: [https://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-200305-0002\\_Klinicke\\_vysetreni\\_a\\_lecebne\\_postupy\\_u\\_pacientu\\_s\\_idiopatickou\\_skoliozo\\_u.php](https://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-200305-0002_Klinicke_vysetreni_a_lecebne_postupy_u_pacientu_s_idiopatickou_skoliozo_u.php)
- KOLÁŘ, Pavel et al., 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KONIECZNY, Markus, Hüsseyin SENYURT a Rüdiger KRAUSPE, 2013. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Children's Orthopaedics* [online]. 7(1), 3-9 [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.1007/s11832-012-0457-4. ISSN 1863-2521. Dostupné z: <http://online.boneandjoint.org.uk/doi/10.1007/s11832-012-0457-4>
- KOUWENHOVEN, Jan-Willem a René CASTELEIN, 2008. The Pathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 33(26), 2898-2908 [cit. 2019-07-

- 14]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181891751. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-200812150-00011>
- KRÖDEL, A., A. STRAUBE, M. ANGERER a K. FRITSCH, 1997. Spatial orientation and postural regulation in patients with idiopathic scoliosis. *Orthop Ihre Grenzgeb* [online]. 135(03), 203-209 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.1055/s-2008-1039581. ISSN 0044-3220.
- KUO, Fang-Chuan, Nai-Hwei WANG a Chang-Zern HONG, 2010. Impact of Visual and Somatosensory Deprivation on Dynamic Balance in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 35(23), 2084-2090 [cit. 2019-07-14]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181cc8108. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00007632-201011010-00012>
- LAMBERT, F., D. MALINVAUD, J. GLAUNES, C. BERGOT, H. STRAKA a P.-P. VIDAL, 2009. Vestibular Asymmetry as the Cause of Idiopathic Scoliosis: A Possible Answer from *Xenopus*. *Journal of Neuroscience* [online]. 29(40), 12477-12483 [cit. 2019-07-18]. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2583-09.2009. ISSN 0270-6474. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.2583-09.2009>
- LAO, Miko, Daniel CHOW, Xia GUO, Jack CHENG a Andrew HOLMES, 2008. Impaired Dynamic Balance Control in Adolescents With Idiopathic Scoliosis and Abnormal Somatosensory Evoked Potentials. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 28(8), 846-849 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31818e1bc9. ISSN 0271-6798. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=01241398-200812000-00011>
- LATALSKI, Michal, A. DANIELEWICZ-BROMBEREK, M. FATYGA, M. LATALSKA, M. KRÖBER a P. ZWOLAK, 2017. Current insights into the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. 137(10), 1327-1333 [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.1007/s00402-017-2756-1. ISSN 0936-8051. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-017-2756-1>
- LE BERRE, Morgane, Charles PRADEAU, Anthony BROUILLARD, Monique COGET, Caroline MASSOT a Jean-François CATANZARITI, 2019. Do Adolescents With Idiopathic Scoliosis Have an Erroneous Perception of the Gravitational Vertical?. *Spine Deformity* [online]. 7(1), 71-79 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.05.004. ISSN 2212134X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212134X18300819>
- LENKE, L.g., R.r. BETZ, J. HARMS, K.h. BRIDWELL, D.h. CLEMENTS, T.g. LOWE a K. BLANKE, 2001. Adolescent idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series*

- A [online]. 83(8), 1169-1181 [cit. 2019-07-10]. DOI: 10.2106/00004623-200108000-00006. ISSN 00219355.
- LION, Alexis, Thierry HAUMONT, Gérome GAUCHARD, Sylvette WIENER-VACHER, Pierre LASCOMBES a Philippe PERRIN, 2013. Visuo-Oculomotor Deficiency at Early-Stage Idiopathic Scoliosis in Adolescent Girls. *Spine* [online]. 38(3), 238-244 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31826a3b05. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00007632-201302010-00008>
- LOMNÍČEK, Miroslav, 1973. Idiopatická skoliosa. Vydání 1. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství.
- LOWE, Thomas, Michael EDGAR, Joseph MARGULIES, Nancy MILLER, V. RASO, Kent REINKER a Charles-Hilaire RIVARD, 2000. Etiology of Idiopathic Scoliosis: Current Trends in Research. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume* [online]. 82(8), 1157-1168 [cit. 2019-07-13]. DOI: 10.2106/00004623-200008000-00014. ISSN 0021-9355. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00004623-200008000-00014>
- MACHIDA, Masafumi, Stuart WEINSTEIN a Jean DUBOUSSET, 2018. Pathogenesis of idiopathic scoliosis. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-4-431-56541-3.
- MELLER-GATTENYO, Liat, 2009a. Postural control in standing among adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Scoliosis* [online]. 4(1) [cit. 2019-07-11]. DOI: 10.1186/1748-7161-4-S1-O22. ISSN 1748-7161. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-4-S1-O22>
- MELLER-GATTENYO, Liat, 2009b. Postural control in standing among adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Scoliosis* [online]. 4(1) [cit. 2019-07-30]. DOI: 10.1186/1748-7161-4-S1-O22. ISSN 1748-7161. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-4-S1-O22>
- NEGRINI, Stefano, Sabrina DONZELLI, Angelo AULISA et al., 2018. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders* [online]. 13(1) [cit. 2018-12-02]. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8. ISSN 2397-1789. Dostupné z: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8>
- NEVŠÍMALOVÁ, Soňa, Jiří TICHÝ a Evžen RŮŽIČKA, 2002. Neurologie. 1. vyd. Praha: Galén, 367 s. ISBN 80-246-0502-3.
- PÉRENNOU, D., G. MAZIBRADA, V. CHAUVINEAU, R. GREENWOOD, J. ROTHWELL, M. GRETTY a A. BRONSTEIN, 2008. Lateropulsion, pushing and

- verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship?. *Brain* [online]. 131(9), 2401-2413 [cit. 2019-07-19]. DOI: 10.1093/brain/awn170. ISSN 0006-8950. Dostupné z: <https://academic.oup.com/brain/article-lookup/doi/10.1093/brain/awn170>
- PIALASSE, Jean-Philippe, Martin DESCARREAU, Pierre MERCIER, Jean BLOUIN, Martin SIMONEAU a Stefan GLASAUER, 2015. The Vestibular-Evoked Postural Response of Adolescents with Idiopathic Scoliosis Is Altered. *PLOS ONE* [online]. 10(11) [cit. 2019-07-30]. DOI: 10.1371/journal.pone.0143124. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0143124>
- PIALASSE, Jean-Philippe, Pierre MERCIER, Martin DESCARREAU a Martin SIMONEAU, 2016. Sensorimotor Control Impairment in Young Adults With Idiopathic Scoliosis Compared With Healthy Controls. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* [online]. 39(7), 473-479 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1016/j.jmpt.2016.06.001. ISSN 01614754. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161475416301324>
- POLLAK, Lea, Natan SHLAMKOVIC, Alla MINEWICZ a Yigal MIROVSKY, 2013. Otolith Dysfunction as a Possible Cause for the Development of Idiopathic Scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 33(3), 293-297 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31827c0643. ISSN 0271-6798. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=01241398-201304000-00014>
- PONSETI, Ignacio a Barry FRIEDMAN, 1950. Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* [online]. 32-(2), 381-395 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://www.srf-india.org/wp-content/uploads/2017/02/pub012.pdf>
- REPKO, Martin, 2010. Skolióza - komplexní diagnostické a terapeutické postupy. *Pediatr. pro Praxi* [online]. 11(4), 218-222 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2010/04/02.pdf>
- REPKO, Martin, 2012. Diagnostika a terapie skolióz. *Med. praxi* [online]. 9(2), 70–73 [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: [https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-201202-0008\\_Diagnostika\\_a\\_terapie\\_skolioz.php](https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-201202-0008_Diagnostika_a_terapie_skolioz.php)
- ROUSIE, Dominique, Jean DEROUBAIX, Olivier JOLY, Jean BAUDRILLARD a Alain BERTHOZ, 2009. Abnormal Connection between Lateral and Posterior Semicircular Canal Revealed by a New Modeling Process. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 1164(1), 455-457 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.03857.x. ISSN 00778923. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-6632.2009.03857.x>
- SAHLSTRAND, Tage a Bjorn PETRUSON, 1979a. A Study of Labyrinthine Function in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis I. An Electro-Nystagmographic

- Study. *Acta Orthopaedica Scandinavica* [online]. 50(6), 759-769 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.3109/17453677908991307. ISSN 0001-6470. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17453677908991307>
- SAHLSTRAND, Tage, Björn PETRUSON a Roland ÖRTENGREN, 1979b. Vestibulospinal Reflex Activity in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis: Postural Effects During Caloric Labyrinthine Stimulation Recorded by Stabilometry. *Acta Orthopaedica Scandinavica* [online]. 50(3), 275-281 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.3109/17453677908989768. ISSN 0001-6470. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17453677908989768>
- SHAKIL, Halima, Zaheen IQBAL a Ahmad AL-GHADIR, 2014. Scoliosis: Review of types of curves, etiological theories and conservative treatment. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* [online]. 27(2), 111-115 [cit. 2018-05-17]. DOI: 10.3233/BMR-130438. ISSN 18786324.
- SHI, L., D. WANG, W.C.W. CHU, R.G. BURWELL, B.J.C. FREEMAN, P.A. HENG a J.C.Y. CHENG, 2009. Volume-Based Morphometry of Brain MR Images in Adolescent Idiopathic Scoliosis and Healthy Control Subjects. *American Journal of Neuroradiology* [online]. 30(7), 1302-1307 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.3174/ajnr.A1577. ISSN 0195-6108. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/lookup/doi/10.3174/ajnr.A1577>
- SHI, Lin, Defeng WANG, Steve HUI, Michael TONG, Jack CHENG a Winnie CHU, 2013. Volumetric changes in cerebellar regions in adolescent idiopathic scoliosis compared with healthy controls. *The Spine Journal* [online]. 13(12), 1904-1911 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.045. ISSN 15299430. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1529943013007201>
- SHI, Lin, Defeng WANG, Winnie CHU, Geoffrey BURWELL, Tien-Tsin WONG, Pheng HENG a Jack CHENG, 2011. Automatic MRI segmentation and morphoanatomy analysis of the vestibular system in adolescent idiopathic scoliosis. *NeuroImage* [online]. 54, 180-188 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.04.002. ISSN 10538119. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811910003952>
- SCHLÖSSER, Tom, Dino COLO a René CASTELEIN, 2015. Etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Seminars in Spine Surgery* [online]. 27(1), 2-8 [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.1053/j.semss.2015.01.003. ISSN 10407383. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1040738315000040>
- SIMONEAU, Martin, Vincent LAMOTHE, Émilie HUTIN, Pierre MERCIER, Normand TEASDALE a Jean BLOUIN, 2009. Evidence for cognitive vestibular integration impairment in idiopathic scoliosis patients. *BMC Neuroscience* [online]. 10(1) [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.1186/1471-2202-10-102. ISSN 1471-2202.

Dostupné z: <https://bmcneurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2202-10-102>

SIMONEAU, Martin, Pierre MERCIER, Jean BLOUIN, Paul ALLARD a Normand TEASDALE, 2006b. Altered sensory-weighting mechanisms is observed in adolescents with idiopathic scoliosis. *BMC Neuroscience* [online]. 7(1) [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1186/1471-2202-7-68. ISSN 1471-2202. Dostupné z: <https://bmcneurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2202-7-68>

SIMONEAU, Martin, Nadia RICHER, Pierre MERCIER, Paul ALLARD a Nomand TEASDALE, 2006a. Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent. *Experimental Brain Research* [online]. 170(4), 576-582 [cit. 2019-07-11]. DOI: 10.1007/s00221-005-0246-0. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-005-0246-0>

SOSNA, Antonín, 2001. *Základy ortopedie*. Praha: Triton. ISBN 80-725-4202-8.

VAN NECHEL, Ch., M. TOUPET a I. BODSON, 2000. The Subjective Visual Vertical. TRAN BA HUY, P., ed. a M. TOUPET, ed., P. TRAN BA HUY, M. TOUPET. *Otolith Function and Disorders* [online]. Basel: KARGER, s. 77-87 [cit. 2019-07-16]. *Advances in Oto-Rhino-Laryngology*. DOI: 10.1159/000059113. ISBN 3-8055-7130-5. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/59113>

VĚŘKA, Ivan, 2000. Skolióza ve fyzioterapeutické praxi. *Fyzioterapie* [online]. 2000(1), 1-8 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: <https://www.ortotika.cz/skoliozavareka.htm>

VĚŘKA, Ivan, 2002. Posturální stabilita (1.část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. (4), 115-121. ISSN 1211-2658.

VELDHUIZEN, A., D. WEVER a P. WEBB, 2000. The aetiology of idiopathic scoliosis: biomechanical and neuromuscular factors. *European Spine Journal* [online]. 9(3), 178-184 [cit. 2019-07-13]. DOI: 10.1007/s005860000142. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s005860000142>

WANG, Defeng, Lin SHI, Winnie CHU, R. BURWELL, Jack CHENG a Anil AHUJA, 2012. Abnormal cerebral cortical thinning pattern in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *NeuroImage* [online]. 59(2), 935-942 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.07.097. ISSN 10538119. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811911009165>

WANG, Wei, Hiu YEUNG, Winne CHU, Nelson TANG, Kwong LEE, Yong QIU, Richard BURWELL a Jack CHENG, 2011. Top Theories for the Etiopathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 31(1), 14-27 [cit. 2019-03-14]. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181f73c12. ISSN 0271-

6798. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=01241398-201101001-00003>

WIENER-VACHER, Sylvette a Keyvan MAZDA, 1998. Asymmetric otolith vestibulo-ocular responses in children with idiopathic scoliosis. *The Journal of Pediatrics* [online]. 132(6), 1028-1032 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1016/S0022-3476(98)70403-2. ISSN 00223476. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347698704032>

XUE, C., L. SHI, S.C.N. HUI et al., 2018. Altered White Matter Microstructure in the Corpus Callosum and Its Cerebral Interhemispheric Tracts in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Diffusion Tensor Imaging Analysis. *American Journal of Neuroradiology* [online]. 39(6), 1177-1184 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.3174/ajnr.A5634. ISSN 0195-6108. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/lookup/doi/10.3174/ajnr.A5634>

ZENG, Wei, Lok LUI, Lin SHI et al., 2010. Shape Analysis of Vestibular Systems in Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Geodesic Spectra. JIANG, Tianzi, ed., Nassir NAVAB, ed., Josien P. W. PLUIM, ed. a Max A. VIERGEVER, ed., Tianzi JIANG, Nassir NAVAB, Josien PLUIM, Max VIERGEVER. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2010* [online]. Springer Berlin Heidelberg, s. 538-546 [cit. 2019-07-17]. Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-642-15711-0\_67. ISBN 978-3-642-15710-3. Dostupné z: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-15711-0\\_67](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-15711-0_67)

ZWERGAL, A., N. RETTINGER, C. FRENZEL, M. DIETERICH, T. BRANDT a M. STRUPP, 2009. A bucket of static vestibular function. *Neurology* [online]. 72(19), 1689-1692 [cit. 2019-07-21]. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181a55ecf. ISSN 0028-3878. Dostupné z: <http://www.neurology.org/cgi/doi/10.1212/WNL.0b013e3181a55ecf>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1.</b> Mapa statistických rozdílů hustoty bílé hmoty mozku u pacientů s AIS s levostrannou hrudní křivkou oproti zdravým kontrolním subjektům (Shi et al., 2009) .....	16
<b>Obrázek 2.</b> Labyrint (Hawasli et al., 2015; originální ilustrace z Walters Collection, Max Brödel Archives) .....	18
<b>Obrázek 3.</b> Tři typy určování subjektivní vertikály. (Day & Lord, 2018) .....	24
<b>Obrázek 4.</b> Ukázky metod měření SVV (Zwergal, 2009) .....	25
<b>Obrázek 5.</b> Systémové komponenty posturální stability (Bizovská et al., 2017).....	27
<b>Obrázek 6.</b> Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) (Bago et al., 2010).....	33
<b>Obrázek 7.</b> Měření SVV (archiv autora) .....	34
<b>Obrázek 8.</b> Silová plošina Kistler (archiv autora) .....	35
<b>Obrázek 9.</b> Ukázka pozic z posturografického měření (archiv autora).....	36

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1.</b> Klasifikace idiopatické skoliózy (Negrini et al., 2018 – upraveno).....	14
<b>Tabulka 2.</b> Charakteristika výzkumného souboru (vlastní zpracování) .....	31
<b>Tabulka 3.</b> Výsledky TAPS skóre u pacientů s idiopatickou skoliózou (vlastní zpracování).....	37
<b>Tabulka 4.</b> Výsledky měření odchylek SVV od geofyzikální vertikály u pacientů se skoliózou (S-skupina) a kontrolní skupiny (K-skupina) (vlastní zpracování) .....	38
<b>Tabulka 5.</b> Výsledky pozice 1: Stoj na pevné podložce, oči otevřené (vlastní zpracování).....	42
<b>Tabulka 6.</b> Výsledky pozice 2: Stoj na pevné podložce, oči zavřené (vlastní zpracování).....	43
<b>Tabulka 7.</b> Výsledky pozice 3: Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči otevřené (vlastní zpracování).....	43
<b>Tabulka 8.</b> Výsledky pozice 4: Stoj na pevné podložce, záklon hlavy, oči zavřené (vlastní zpracování).....	44
<b>Tabulka 9.</b> Výsledky pozice 5: Stoj na pěnové podložce, oči otevřené (vlastní zpracování).....	44
<b>Tabulka 10.</b> Výsledky pozice 6: Stoj na pěnové podložce, oči zavřené (vlastní zpracování).....	45
<b>Tabulka 11.</b> Výsledky pozice 7: Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči otevřené (vlastní zpracování).....	45
<b>Tabulka 12.</b> Výsledky pozice 8: Stoj na pěnové podložce, záklon hlavy, oči zavřené (vlastní zpracování).....	46
<b>Tabulka 13.</b> Výsledky pozice 9: Tandemový stoj, oči otevřené (vlastní zpracování)...	46
<b>Tabulka 14.</b> Výsledky pozice 10: Tandemový stoj, oči zavřené (vlastní zpracování) ..	46

## SEZNAM GRAFŮ

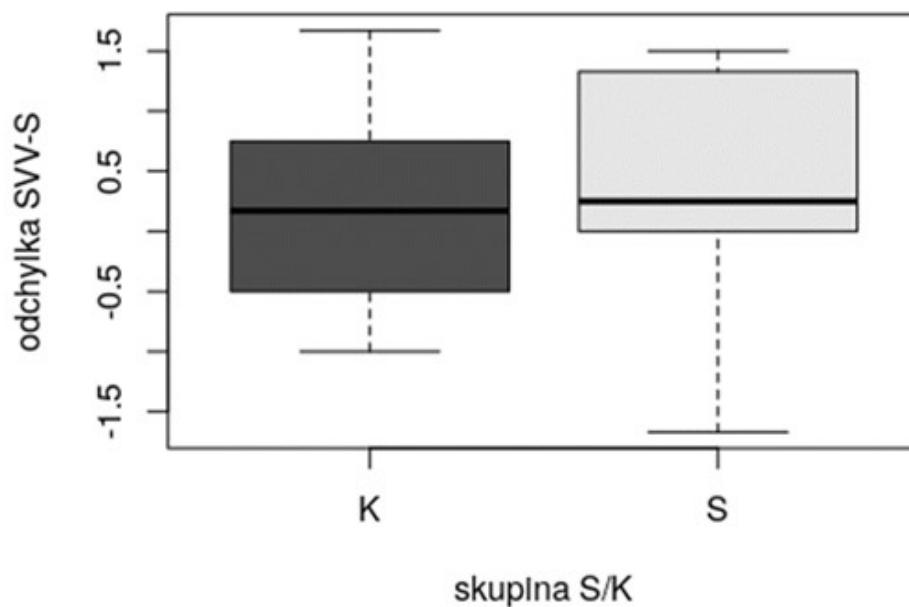
<b>Graf 1.</b> Porovnání odchylky dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (SVV-D +40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K) .....	40
<b>Graf 2.</b> Porovnání absolutní odchylky dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (SVV-D +40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K) .....	40

**SEZNAM PŘÍLOH**

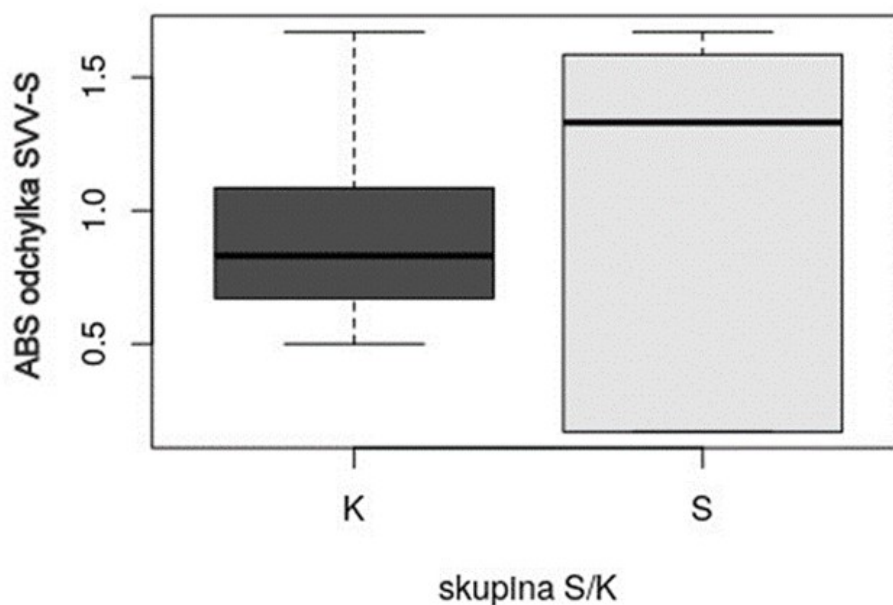
<b>Příloha č. 1:</b> Porovnání odchylek SVV-S a absolutních odchylek SVV-S (graf) .....	69
<b>Příloha č. 2:</b> Porovnání odchylek SVV-Sf a absolutních odchylek SVV-Sf (graf).....	70
<b>Příloha č. 3:</b> Porovnání odchylek SVV-D-40°/s a absolutních odchylek SVV-D-40°/s (tabulka) .....	71
<b>Příloha č. 4:</b> Informovaný souhlas (obrázek) .....	72

## PŘÍLOHY

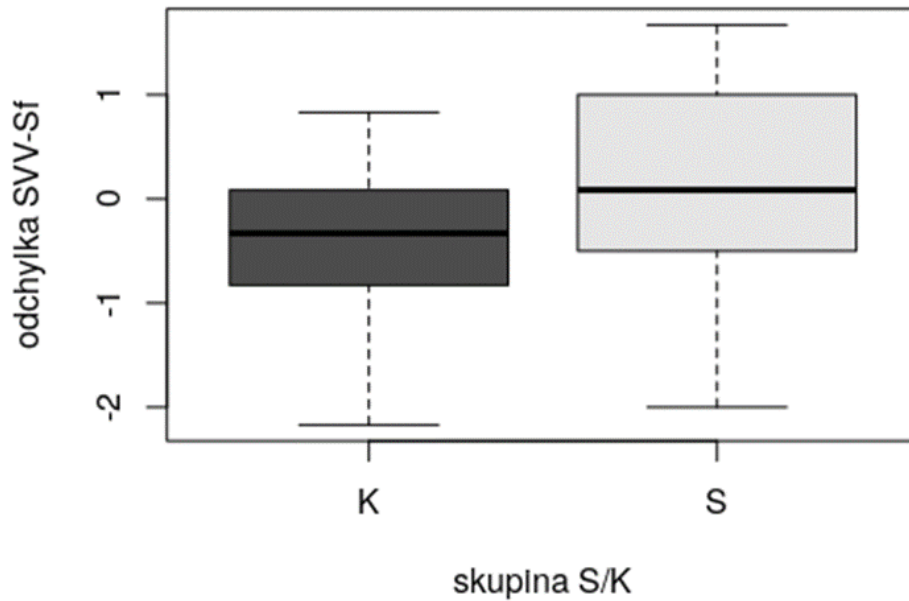
### Příloha č. 1: Porovnání odchylek SVV-S a absolutních odchylek SVV-S



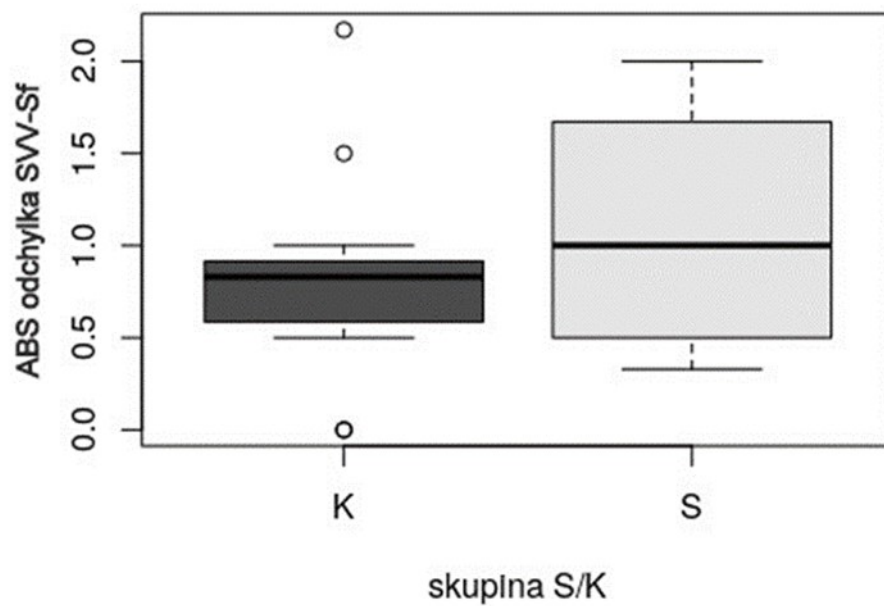
Graf. Porovnání odchylek statické subjektivní vizuální vertikály (SVV-S) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)



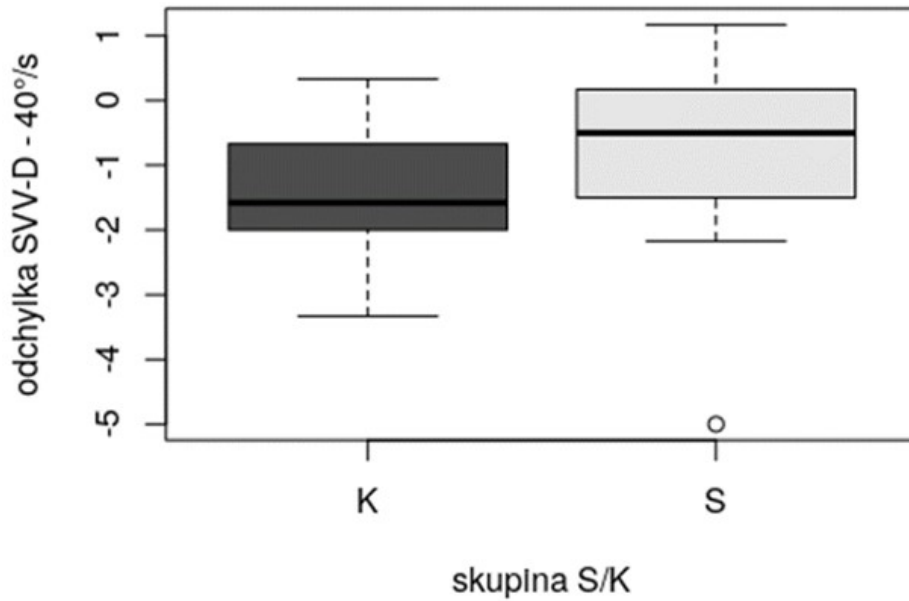
Graf. Porovnání absolutních odchylek statické subjektivní vizuální vertikály (SVV-S) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)

**Příloha č. 2:** Porovnání odchylek SVV-Sf a absolutních odchylek SVV-Sf

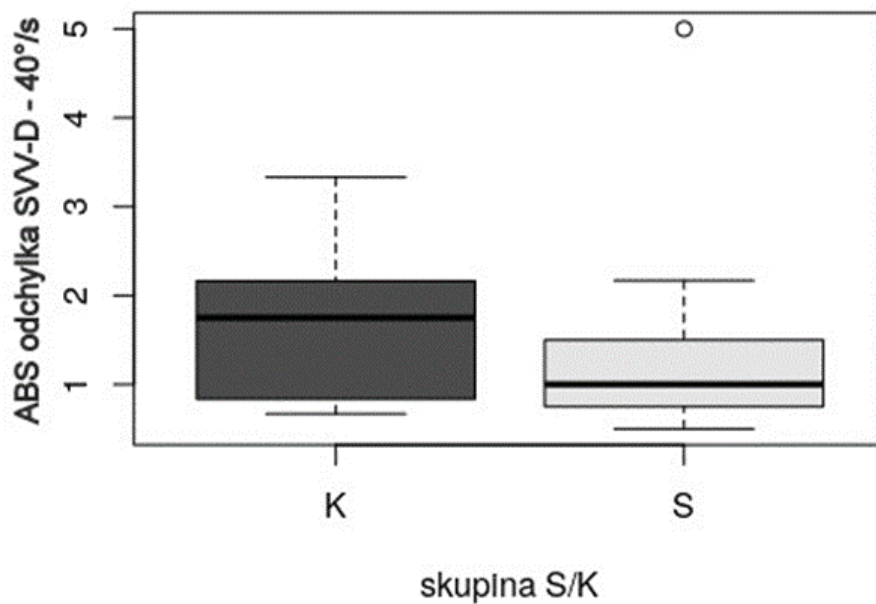
Graf. Porovnání odchylek statické subjektivní vizuální vertikály při fixaci hlavy (SVV-Sf) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)



Graf. Porovnání absolutních odchylek statické subjektivní vizuální vertikály při fixaci hlavy (SVV-Sf) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)

**Příloha č. 3: Porovnání odchylek SVV-D-40°/s a absolutních odchylek SVV-D-40°/s**

Graf. Porovnání odchylek dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček (SVV-D -40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)



Graf. Porovnání absolutních odchylek dynamické subjektivní vizuální vertikály při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček (SVV-D -40°/s) mezi pacienty s idiopatickou skoliózou (S) a kontrolní skupinou (K)

**Příloha č. 4: Informovaný souhlas****Informovaný souhlas zákonného zástupce****Vyšetření v rámci výzkumné vědecké práce:****Vyšetření funkce vestibulárního systému**

Vážení rodiče,

obracíme se na vás s žádostí o spolupráci ve výzkumu zabývajícím se funkcí vestibulárního systému u pacientů se skoliózou. Cílem práce je zjistit, jak funguje vestibulární systém u jedinců se skoliózou v porovnání se zdravými jedinci. Výsledky vyšetření budou mít v budoucnu význam pro diagnostiku s následnou terapií.

Vyšetření vašeho dítěte bude zahrnovat celkem dvě metody. Budeme měřit vnímání subjektivní zrakové vertikály. Vyšetření probíhá tak, že pacient sleduje ukazatel a hodnotí, kdy se nachází vertikálně. Další bude vyšetření stability stoje probíhající na desce, která zaznamenává působení tlakových sil a výchylky těžiště. Vyšetření bude trvat celkem 30 min. Během vyšetření nevznikají žádná rizika pro vaše dítě. Pokud s vyšetřením a účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

**Prohlášení**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedené studii. Řešitelka projektu mne informovala o podstatě výzkumu a seznámila mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Dále prohlašuji, že souhlasím s vyfocením či natočením, případně zveřejněním fotografií mého dítěte pro účely publikace, za předpokladu, že identita dítěte zůstane utajena. Měla jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitelky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží zákonný zástupce a druhý řešitel projektu.

Jméno a příjmení vyšetřovaného dítěte: .....

Jméno, příjmení a podpis zákonného zástupce vyšetřovaného dítěte:.....

.....

V..... Dne .....

Jméno, příjmení a podpis řešitelky:.....

V..... Dne .....