

**UNIVERZITA KARLOVA**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Kateřina Podlipná**

**Respirační fyzioterapie u pacientů se  
skoliózou**

**Bakalářská práce**

Praha 2024

Autor práce: **Kateřina Podlipná**

Vedoucí práce: **Mgr. Kristýna Šonská**

Oponent práce: **Mgr. Petra Štefanová**

Datum obhajoby: **2024**

## **Bibliografický záznam**

PODLIPNÁ, Kateřina. Respirační fyzioterapie u pacientů se skoliózou. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2024. 90 s., přílohy. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Kristýna Šonská.

## **Abstrakt**

Skolióza je deformita páteře, která má vliv i na tvar hrudníku a ovlivňuje tak komplexně nejen pohybový aparát, ale také orgánové soustavy, a to zejména kardiopulmonální systém. Bakalářská práce se věnuje dechové problematice u pacientů se skoliózou. Cílem práce bylo shrnout poznatky z dostupných studií o mechanismu působení skoliózy na respirační systém a ovlivnění respiračních funkcí u pacientů s idiopatickou a kongenitální skoliózou. Diskutován je také vliv skoliózy na aerobní kapacitu. Práce dále prezentuje vliv korzetoterapie a operace na respirační funkce a v neposlední řadě také přehled metod, kterými lze v rámci fyzioterapie respirační funkce u pacientů se skoliózou ovlivnit.

V praktické části je zpracována kazuistika pacientky s idiopatickou skoliózou. U pacientky byl proveden základní kineziologický rozbor, dále bylo provedeno vyšetření síly dechových svalů pomocí přístroje *MicroRPM* a měření dechových amplitud. Po 6 týdnech, kdy pacientka prováděla trénink nádechových svalů pomocí nádechového trenažéru *PowerBreathe* a cvičila derotační dýchání, dochází k výraznému zvýšení síly dechových svalů a zvětšení dechových amplitud. Maximální inspirační tlak (MIP) byl zvýšen z 82 na 111 cmH<sub>2</sub>O a maximální expirační tlak (MEP) byl zvýšen ze 74 na 105 cmH<sub>2</sub>O.

Ze získaných poznatků vyplývá, že respirační funkce lze u pacientů se skoliózou ovlivnit různými metodami. Respirační fyzioterapie má u pacientů se skoliózou významnou roli v ovlivnění či prevenci dechového a funkčního omezení. Může ale také přispívat k ovlivnění progresu deformity.

## **Klíčová slova**

Plicní funkce, maximální inspirační tlak (MIP), maximální expirační tlak (MEP), idiopatická skolióza, kongenitální skolióza

## **Bibliographic record**

PODLIPNÁ, Kateřina. Respiratory physiotherapy in patients with scoliosis. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Clinic of Rehabilitation and Sports Medicine, 2024, 90 p. Thesis supervisor: Mgr. Kristýna Šonská

## **Abstract**

Scoliosis is a deformity of the spine that affects the shape of the chest and thus affects not only the musculoskeletal system but also organ systems, especially the cardiopulmonary system. The bachelor thesis is dedicated to respiratory problems in patients with scoliosis. The aim of the thesis was to summarize the findings of available studies on the mechanism of the effect of scoliosis on the respiratory system and the influence on respiratory functions in patients with idiopathic and congenital scoliosis. The impact of scoliosis on aerobic capacity is also discussed. The paper also presents the influence of bracing and surgery on respiratory function and, last but not least, a review of methods that can be used in physiotherapy to influence respiratory function in patients with scoliosis.

In the practical part, a case report of a patient with idiopathic scoliosis is presented. The patient was subjected to a basic kinesiological analysis, the strength of the respiratory muscles was examined using the MicroRPM device and respiratory amplitudes were measured. After 6 weeks, when the patient performed inspiratory muscle training using the PowerBreathe inspiratory trainer and practiced derotational breathing, there was a marked increase in respiratory muscle strength and an increase in respiratory amplitudes. Maximum inspiratory pressure (MIP) was increased from 82 to 111 cmH<sub>2</sub>O and maximum expiratory pressure (MEP) was increased from 74 to 105 cmH<sub>2</sub>O.

The findings suggest that respiratory function can be positively influenced in scoliosis patients by various methods. Respiratory physiotherapy has an important role in influencing or preventing respiratory and functional limitation in scoliosis patients. However, it may also contribute to the control of deformity progression.

## **Keywords**

Pulmonary function, maximum inspiratory pressure (MIP), maximum expiratory pressure (MEP), idiopathic scoliosis, congenital scoliosis

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Kristýny Šonské, 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 28. 4. 2024

Kateřina Podlipná

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Mgr. Kristýně Šonské za odborné vedení a za podnětné připomínky a rady v průběhu psaní práce. Velké poděkování patří také Mgr. Lepšíkové, Mgr. Babkové a Mgr. Kolářové za pomoc při realizaci praktické části. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat pacientce a jejím rodičům za spolupráci a ochotu.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>PŘEHLED POZNATKŮ .....</b>	<b>11</b>
4.1	SKOLIÓZA .....	11
4.1.1	Klasifikace skolióz.....	11
4.1.2	Idiopatická skolióza .....	12
4.1.3	Kongenitální skolióza .....	12
4.1.4	Neuromuskulární skolióza .....	13
4.2	KINEZIOLOGIE HRUDNÍKU A JEJÍ OVLIVNĚNÍ SKOLIÓZOU .....	14
4.2.1	Pohyby žeber a sternu .....	14
4.2.2	Vztah pohybů hrudní páteře a hrudníku.....	16
4.2.3	Kineziologie hrudníku u skoliózy .....	17
4.3	VYŠETŘENÍ PLICNÍCH FUNKCÍ.....	19
4.3.1	Nejčastěji měřené dechové parametry .....	19
4.3.2	Funkce dechových svalů.....	21
4.4	PATOFYZIOLOGIE A VLIV SKOLIÓZY NA RESPIRAČNÍ FUNKCE.....	23
4.4.1	Restrikce plicního objemu .....	23
4.4.2	Obstrukce dechových cest .....	24
4.4.3	Omezení růstu a vývoje plic .....	25
4.4.4	Ovlivnění mechaniky dýchání .....	25
4.4.5	Ovlivnění dechového vzorce .....	26
4.4.6	Distribuce ventilace a perfuze.....	26
4.4.7	Respirační funkce u pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou .....	27
4.4.8	Respirační funkce u pacientů s kongenitální skoliózou a skoliózou s časným nástupem .....	29
4.5	AEROBNÍ KAPACITA .....	31
4.5.1	Aerobní kapacita u pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou .....	31
4.5.2	Aerobní kapacita u pacientů s kongenitální skoliózou.....	32
4.6	VLIV LÉČBY SKOLIÓZY NA RESPIRAČNÍ FUNKCE.....	34
4.6.1	Korzetoterapie .....	34
4.6.2	Operace.....	35
4.7	RESPIRAČNÍ FYZIOTERAPIE.....	37
4.7.1	PSSÉ a metody využívající specifická dechová cvičení .....	38
4.7.2	Trénink dechových svalů s dechovými trenažéry .....	41
4.7.3	Aerobní trénink.....	42
4.7.4	O odporový trénink, trénink stability a hlubokého stabilizačního systému (HSSP) .....	44
<b>5</b>	<b>KAZUISTIKA .....</b>	<b>46</b>
5.1	ANAMNÉZA .....	46
5.2	VYŠETŘENÍ 12. 3. 2024 .....	47
5.2.1	Základní kineziologický rozbor .....	47
5.2.2	Vyšetření hypermobility .....	48
5.2.3	Vyšetření dechového stereotypu.....	48
5.2.4	Vyšetření MIP a MEP.....	49
5.2.5	Terapie.....	50
5.3	VYŠETŘENÍ 26. 3. 2024 .....	51
5.3.1	Základní kineziologický rozbor .....	51
5.3.2	Rozvíjení hrudníku .....	51
5.3.3	Vyšetření MIP a MEP.....	51
5.3.4	Terapie.....	52
5.4	VYŠETŘENÍ 22. 4. 2024 .....	52
5.4.1	Základní kineziologický rozbor .....	52
5.4.2	Vyšetření dechového stereotypu .....	53
5.4.3	Vyšetření MIP a MEP.....	53

---

5.5	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	54
5.5.1	Dechové amplitudy.....	54
5.5.2	Síla dechových svalů.....	54
<b>6</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>56</b>
6.1	DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI.....	56
6.1.1	Souvislost respiračních funkcí a strukturálních parametrů.....	56
6.1.2	Dechové pohyby hrudníku a funkce dechových svalů.....	59
6.1.3	Aerobní kapacita a fyzická aktivita.....	61
6.1.4	Léčba.....	62
6.2	DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	65
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM TABULEK A GRAFŮ.....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>82</b>
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>83</b>



# 1 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- \* – statisticky významná změna
- 3D – trojrozměrný
- 6MWD – vzdálenost v 6minutovém chůzovém testu
- 6MWT – 6minutový chůzový test
- ADL – aktivity denního života
- AIS – adolescentní idiopatické skolióza
- ATR – úhel rotace trupu
- ATS – American Thoracic Society
- CI – konfidenční interval
- CT – počítačová tomografie
- DK – dolní končetina
- EIT – elektrická impedanční tomografie
- EMG – elektromyografie
- EOS – skolióza s časným nástupem
- ERS – European Respiratory Society
- FEV1 – usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu
- FEV1/FVC – Tiffeneauův index
- FRC – funkční reziduální kapacita
- FVC – usilovná vitální kapacita
- HKK – horní končetiny
- HRmax – maximální tepová frekvence
- HSSP – hluboký stabilizační systém páteře
- IMT – trénink nádechových svalů
- INT – intervenční skupina
- KON – kontrolní skupina
- L – bederní
- LDK – levá dolní končetina
- LHK – levá horní končetina
- m. – musculus
- m. QF – musculus quadriceps femoris
- MEP – maximální inspirační tlak

MIP – maximální expirační tlak

mm. – muscoli

MRI – magnetická rezonance

NS – statisticky nevýznamné

PDK – pravá dolní končetina

PEF – vrcholový výdechový průtok

PHK – pravá horní končetina

PSSE – Physiotherapeutic scoliosis specific exercises (Fyzioterapeutické specifické cviky pro skoliózu)

REG – skupina cvičící odporový trénink

REM – rapid eye movement

RTG – rentgen

RV – reziduální objem

SEAS – Scientific exercises approach to scoliosis (metoda vědeckého přístupu ke skolióze)

SEG – skupina s cvičením stability

SOSORT – International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment

SpO<sub>2</sub> – saturace krve kyslíkem

Th – hrudní

TLC – celková plicní kapacita

TLSO – thorakolumbosakrální ortéza

VC – vitální kapacita

VE – ventilační kapacita

VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku

## 2 ÚVOD

Skolióza je deformitou páteře, která zahrnuje odchylky ve všech třech anatomických rovinách a která má současně vliv na tvar a pohyblivost hrudníku. Skolióza komplexně ovlivňuje nejen pohybový aparát, ale také orgánové soustavy. Významně je ovlivněn hlavně systém kardiorepirační, a to zejména u hrudních, popřípadě hrudněbederních křivek.

Deformita hrudníku podmíněná přítomností skoliózy vede k jeho snížené mobilitě a ke změně konfigurace dechových svalů. Tyto faktory predisponují pacienty se skoliózou k dysfunkci dechových svalů. Vlivem deformity může dále docházet ke zmenšení objemu plic, či útlaku dechových cest. U kongenitálních skolióz a skolióz s časným nástupem (do 10 let věku) dochází k omezení růstu a vývoje plic. Skolióza tedy ovlivňuje respirační systém různými patofyziologickými mechanismy a může tak způsobit omezení respiračních funkcí i funkční kapacity a tím ovlivňuje také kvalitu života pacienta.

Skoliózou je ovlivněn také dechový stereotyp, který však může zpětně přispívat k progresi deformity. Korekci dechového stereotypu u pacientů se skoliózou se tak věnuje několik fyzioterapických metod.

Dechová problematika u pacientů se skoliózou je předmětem mnoha současných studií, které se snaží posoudit do jaké míry a jakým způsobem jsou respirační funkce skoliózou ovlivněny. V bakalářské práci jsou tyto poznatky shrnuty. Práce dále podává přehled metod, kterými lze v rámci fyzioterapie respirační funkce u pacientů se skoliózou ovlivnit.

Bakalářská práce se zabývá dechovou problematikou u pacientů s idiopatickou a kongenitální skoliózou. Neuromuskulární skolióza v této práci zahrnuta není, protože v rámci rozsahu práce by nebylo možné toto téma postihnout v dostatečné komplexnosti.

### 3 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je shrnout poznatky z dostupných studií zabývajících se dechovou problematikou u pacientů se skoliózou. Dále poskytnout poznatky o mechanismu působení skoliózy na respirační funkce, vlivu skoliózy na kinesiologii hrudníku a také o změnách respiračních funkcí u idiopatické a kongenitální skoliózy. V práci je také shrnuto, jak skolióza ovlivňuje aerobní kapacitu a jak jsou respirační funkce ovlivněny korzetoterapií a operační léčbou. V neposlední řadě je cílem bakalářské práce shrnutí metod, jimiž lze respirační funkce u pacientů pozitivně ovlivnit.

Praktická část je tvořena kazuistikou pacientky s idiopatickou skoliózou. Cílem je aplikovat poznatky z teoretické části práce a posoudit vliv provedené terapie na sílu dechových svalů a rozvíjení hrudníku v časovém odstupu.

## 4 PŘEHLED POZNATKŮ

### 4.1 Skolióza

Skolióza je jednou z nejčastějších deformit páteře, která však souvisí také s deformitou hrudního koše (Koumbourlis, 2006). Dle Scoliosis Research Society je diagnóza skoliózy potvrzena, pokud je na předozadním rentgenovém snímku naměřeno zakřivení alespoň  $10^\circ$  dle Cobba a je navíc patrná axiální rotace obratlových těl (Negrini et al., 2018, s. 4). Zakřivení páteře ve frontální rovině spolu s rotací obratlů je doprovázeno porušením fyziologických zakřivení v sagitální rovině (Repko, 2012).

Většina skoliotických deformit vzniká v dětském věku, ve kterém také nejčastěji progreduje. V dospělosti se pak setkáváme s jejich následky. Progresivní skolióza komplexně ovlivňuje nejen pohybový aparát, ale má také sekundární vliv na orgánové soustavy, nejvýznamněji soustavu na kardiopulmonální (Repko, 2012).

#### 4.1.1 Klasifikace skolióz

Skoliózy lze dělit dle strukturality a velikosti křivek, jejich orientace, lokalizace a podle věku nástupu deformity. Podle etiologie rozlišujeme 3 nejčastější typy, a to idiopatickou, kongenitální a neuromuskulární skoliózu (Repko, 2012).

U strukturálních křivek nacházíme deformitu ve všech třech rovinách (Repko, 2012). Obratle jsou deformovány, a to nejvíce přechodové a obratle nacházející se ve vrcholu křivky. Změny vznikají také na žebrech. Na konkávní straně jsou žebra blíže k sobě, kdežto na konvexní jsou od sebe více vzdálena a vytvářejí gibbus (Kolář, 2009, s. 441).

Funkční, nebo také nestrukturalní, skolióza vzniká sekundárně vlivem známých příčin, které se nacházejí mimo páteř. Jejich příkladem může být nestejná délka končetin nebo asymetrický tonus paravertebrálních svalů. Po odstranění příčiny dochází většinou k její alespoň částečné redukci (Negrini et al., 2018, s. 3).

### **4.1.2 Idiopatická skolióza**

Idiopatická skolióza tvoří 80% skoliotických deformit (Negrini et al., 2018, s. 4; Repko 2012). Nejčastěji udávaná prevalence v obecné populaci je 2–3 % (Negrini et al., 2018, s. 3).

Termín idiopatická skolióza je používán pro deformity, u nichž nelze jednoznačně určit příčinu jejich vzniku. Etiopatogenze nebyla zatím zcela objasněna. Předpokládá se však, že vznik idiopatické skoliózy je způsoben multifaktoriálně (Negrini et al., 2018, s. 4). Podle článku Wang (2011) se na vzniku idiopatické skoliózy podílí 6 faktorů (genetické faktory, abnormality nervové soustavy, skeletálního růstu, hormonální a metabolické dysfunkce, biomechanické faktory, environmentální faktory a životní styl). Idiopatická skolióza se objevuje u jinak zdravých dětí a může progredovat v závislosti na více faktorech v obdobích rychlého růstu. Progrese křivky je mnohem častější u dívek. U křivek do velikosti 20° dle Cobba je poměr výskytu u dívek a chlapců téměř vyrovnaný (1,3:1), s rostoucí velikostí křivky se ale poměr zvětšuje a u křivek větších než 30° dle Cobba je to již 7:1 (Negrini et al., 2018, s. 4).

Podle věku nástupu deformity rozlišujeme skoliózy infantilní (do 3 let věku dítěte), juvenilní (mezi 3. a 10. rokem), adolescentní (po 10. roku) (Repko, 2012).

### **4.1.3 Kongenitální skolióza**

Kongenitální skolióza vzniká na podkladě anomálií obratlů, které jsou přítomny při narození. Vychází buď z poruchy formace, nebo segmentace obratlů. S vrozenými malformacemi obratlů mohou být spojeny i abnormality míšních struktur jako je například meningomyelokéla (Mackel, 2018; Repko, 2012).

Kongenitální skolióza tvoří 10 % skoliotických deformit. Její prognóza je velice variabilní a je závislá na mnoha faktorech, mezi něž patří lokalizace křivky a charakter malformace obratlů (Mackel, 2018).

#### ***4.1.4 Neuromuskulární skolióza***

Deformity páteře jsou velmi častou součástí klinického obrazu neuromuskulárních onemocnění. Deformity mohou vznikat na podkladě poškození horního nebo dolního motoneuronu, ale také na základě primárně myogenního postižení. Neuromuskulární deformity vyžadují odlišný přístup a léčbu než idiopatické. Progrese neuromuskulární skoliózy začíná s počátkem primárního onemocnění a pokračuje i po skončení růstu (Repko, 2012).

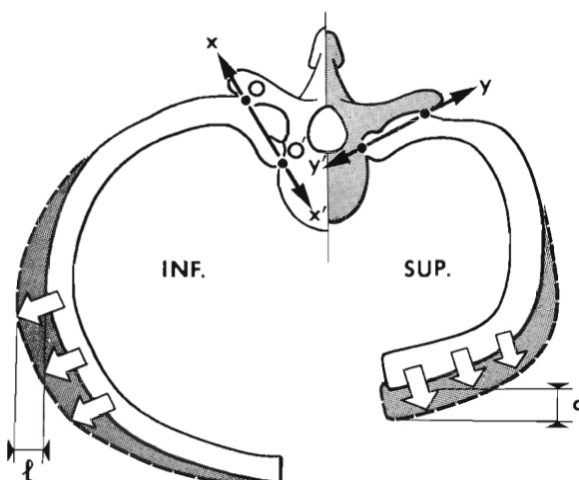
## 4.2 Kineziologie hrudníku a její ovlivnění skoliózou

Pro porozumění vlivu skoliózy na respirační funkce, je důležité pochopení kineziologie hrudníku ve vztahu k hrudní páteři (Koumbourlis, 2006). Hrudník dle Dylevského (2009, s. 151–2) plní funkci schránky pro orgány uložené v hrudní dutině a současně tvoří oporu pro dýchací svaly. Hrudník je tvořen dvanácti hrudními obratli, dvanácti páry žebíř a hrudní kostí, navzájem spojenými vazy, chrupavkami a klouby. Tvar hrudníku je dán především průběhem a zakřivením žebíř. U novorozence má hrudník kuželovitý tvar s průřezem, který se svým tvarem podobá kruhu, u dospělého je hrudník předozadně oploštělý.

Kloubní spojení umožňují pohyb žebíř v průběhu dechového cyklu. Během nádechu se žebíř zdvihají, dostávají se do více horizontální polohy a objem hrudníku se zvětšuje (Koumbourlis, 2006).

### 4.2.1 Pohyby žebíř a sternu

Žebíř jsou k páteři připojena pomocí dvou kloubů (articulatio capitis costae a costotransversaria). Propojením středů těchto kloubů vzniká osa, okolo které žebíř rotují během dechových pohybů. Tato osa svou orientací určuje směr pohybu žebíř, a tedy i směr, ve kterém se bude hrudník rozšiřovat (obrázek 1). U dolních žebíř je tato osa blíže k sagitální rovině, a proto se při jejich zdvihání zvětšuje příčný průměr hrudníku. U horních žebíř je osa blíže frontální rovině, a proto se jejich zdvižením zvětšuje předozadní průměr hrudníku (Kapandji, 2004, s. 139).



Obrázek 1 - Znázornění pohybu dolního a horního žebíř (Kapandji, 2004, s. 139).



Ventrálně je prvních 7 párů žeber kloubně připojeno k hrudní kosti, 8. až 10. pár žeber je připojen k chrupavkám žeber uložených nad nimi. Poslední 2 páry žeber k hrudní kosti připojeny nejsou (Koumbourlis, 2006). Během nádechu je tak spolu s žebry zdvihána i hrudní kost (Kapandji, 2004, s. 142).

Dechové pohyby jsou zajišťovány dechovými svaly, které můžeme rozdělit do 4 skupin (Tabulka 1). Zdvížení žeber je zajišťováno nádechovými svaly a jejich pokles naopak svaly výdechovými. Avšak výdech je při klidovém dýchání převážně pasivní děj zajišťovaný elasticitou respiračního systému a působením gravitační síly v případě, že je trup ve vzpřímeném postavení (Dylevský, 2009, s. 155; Kapandji, 2004, s. 144).

	Primární	Pomocné
Nádechové svaly	mm. intercostales externi, bránice	m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni, mm. pectorales, m. latissimus dorsi, serratus anterior, m. serratus posterior superior, horní vlákna m. iliocostalis
Výdechové svaly	mm. intercostales interni	břišní svaly, dolní vlákna m. iliocostalis, m. longissimus, m. serratus posterior inferior, m. quadratus lumborum

Zkratky: m. - musculus; mm. - musculi

**Tabulka 1** -Rozdělení dechových svalů (Dylevský, 2009, s. 155; Kapandji, 2004, s. 144).

#### 4.2.2 *Vztah pohybů hrudní páteře a hrudníku*

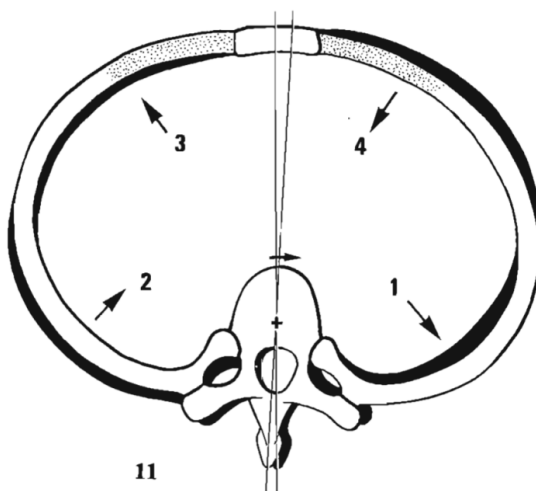
Pohyby hrudní páteře jsou v důsledku spojení s hrudníkem limitovány. Každý pohyb hrudní páteře je provázen pohybem hrudníku (Kapandji, 2004).

Při flexi hrudní páteře se dostává hrudník do výdechového postavení, žebra klesají a přibližují se k sobě. Při extenzi hrudní páteře se naopak hrudník dostává do nádechového postavení (Dylevský, 2009, s. 155).

Během lateroflexe hrudní páteře jsou žebra na konvexní straně elevována, mezižeberní prostory jsou rozšířeny. Na konkávní straně jsou naopak mezižeberní prostory zúženy, žebra klesají a hrudník se na této straně smršťuje (Kapandji, 2004, s. 132).

Na postavení hrudní páteře závisí také symetrie dýchacích pohybů. Obvykle se předpokládá, že se oba hemithoraxy podílejí na dechových pohybech symetricky. Při lateroflexi hrudní páteře se dechové pohyby zvyrazňují na konvexní straně a naopak na konkávní straně jsou omezeny (Dylevský, 2009, s. 153).

Rotace hrudních obratlů je následována zakřivením odpovídajících žebor (obrázek 2) (Kapandji, 2004, s. 134)



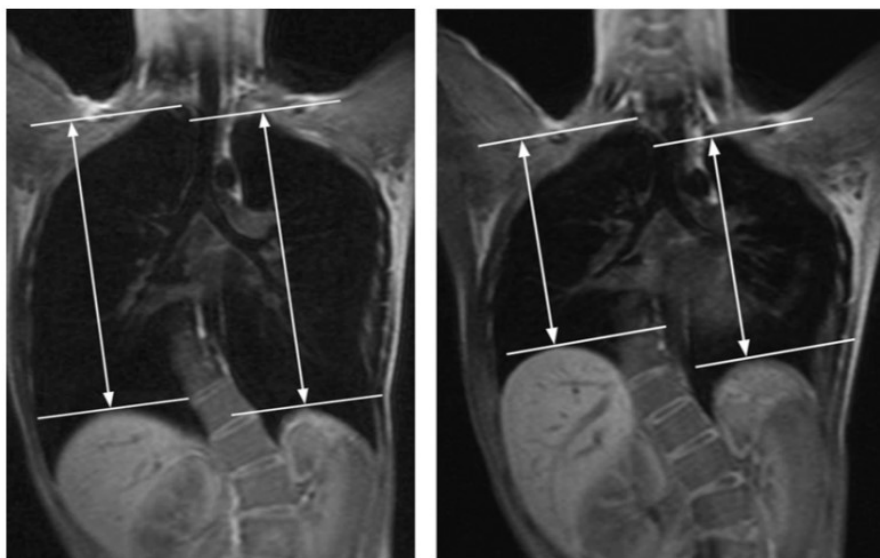
**Obrázek 2** - Rotace hrudního obratle doprovázena zakřivením odpovídajících žebor (Kapandji, 2004, s. 135).

### 4.2.3 Kineziologie hrudníku u skoliózy

Posun a rotace obratlů u skoliózy mají významný vliv na postavení žebek a tvar hrudníku. Vytváří se konvexní a konkávní strana. Předozadní a příčné průměry hemithoraxů konvexní a konkávní strany jsou odlišné. Pohyb žebek je omezen, čímž je snižována poddajnost hrudní stěny (Koumbourlis, 2006). Podle Leong et al. (1999) jsou omezené pohyby hrudníku spolu s větší tuhostí páteře možným důvodem snížené mechanické efektivity dýchání pacientů se skoliózou.

Výsledky studií posuzujících dechové pohyby hrudníku u pacientů se skoliózou však nejsou jednoznačné. Leong et al. (1999) a Kotani et al. (2004) nachází u pacientů se skoliózou menší dechové pohyby hrudníku oproti zdravým jedincům. Avšak Chu et al. (2006) omezení exkurzí hrudníku nenachází. Velikost dechových pohybů se podle Kotani et al. (2004) významně neliší mezi konvexní a konkávní stranou.

Při snížené poddajnosti hrudní stěny se stává nádech více závislý na pohybu bránice (obrázek 3). Bránice má ale kvůli deformitě hrudníku abnormální konfiguraci a její exkurze jsou zmenšené (Redding et al., 2011). Podle některých autorů jsou exkurze bránice omezené výrazněji na konkávní straně křivky (Tsiliogiannis & Grivas, 2012; Giordano et al., 1997). Naproti tomu Kotani et al. (2004) rozdíl mezi velikostí exkurzí bránice na konvexní a konkávní straně křivky nenachází.



**Obrázek 3** - Pozice bránice při maximálním nádechu (vlevo) a maximálním výdechu (vpravo) u pacienta se skoliózou (Chu et al., 2006).

Deformita hrudníku způsobená skoliózou ovlivňuje také funkci a efektivitu dechových svalů, přestože dechové svaly jako takové skoliózou ovlivněny nejsou. Funkce dechových svalů je ovlivněna jejich změněnou konfigurací (např. přílišným protažením mezižeberních svalů). Efektivita dechových svalů je snižena vlivem snížené poddajnosti hrudní stěny (Koumbourlis, 2006).

U pacientů se skoliózou byla také pozorována rozdílná intenzita aktivity dechových svalů (mezižeberních svalů a bránice) na konvexní a konkávní straně hrudní křivky. Jejich aktivita byla nižší na konkávní straně oproti konvexní. Na konvexní straně křivky byla intenzita aktivity dechových svalů srovnatelná se zdravými jedinci (Mohammadi et al., 2014).

U pacientů se skoliózou byla také zjištěna větší unavitelnost dechových svalů, která však byla patrná na obou stranách hrudníku. Unavitelnost i intenzita aktivity dechových svalů koreluje s velikostí křivky (Mohammadi et al., 2014).

### 4.3 Vyšetření plicních funkcí

Měření plicních funkcí ukazuje u pacientů se skoliózou různou závažnost respiračního omezení. Na omezení respiračních funkcí nelze pomýšlet pouze na základě výsledků zobrazovacích metod, protože závažnost omezení s jednoduchými strukturálními parametry jako je Cobbův úhel často přímo nekoreluje (Redding et al., 2011). Pravidelné testování respiračních funkcí může sloužit pro průběžné sledování stavu pacienta a včasné rozpoznání dechového omezení, díky čemuž může být poskytnuta včas vhodná intervence a tím významně zlepšena prognóza. Vyšetření plicních funkcí je důležité pro optimální načasování operačního řešení skoliózy (Koumbourlis, 2006). Plicní komplikace jsou hlavní příčinou morbidit a mortality v časně fázi po operaci. Neexistuje sice přímá korelace mezi plicními funkcemi před operací a incidencí či závažností pooperačních komplikací. Přesto hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC) menší než 40% a hodnoty maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) menší než 30 cmH<sub>2</sub>O výrazně zvyšují riziko, že pacienta po operaci nebude možné extubovat (Tsiligiannis & Grivas, 2012).

Nejčastěji je k měření plicních funkcí využívána spirometrie (Ranu et al., 2011). Pomocí spirometrie jsou měřeny jednotlivé plicní objemy a kapacity (Obrázek 4) (Rokyta, 2015, s. 198). Pro měření statických plicních objemů jako je reziduální objem (RV) nebo celková plicní kapacita (TLC), které nejsou měřitelné spirometricky, se využívá např. celotělová pletysmografie (Ranu et al., 2011).

Rozmezí predikovaných hodnot plicních funkcí pro daného pacienta jsou získávána na základě dat ze studií velkého množství zdravých jedinců. Hodnoty jsou vztaženy k věku, výšce, pohlaví a etnicitě (Ranu et al., 2011). U pacientů se skoliózou, jejichž výška je v důsledku deformity páteře snížena, se k určení predikované hodnoty využívá místo výšky např. rozpětí paží, nebo ulnární délka. Díky tomu je možné se vyvarovat podcenění jejich dechového omezení (Redding, 2014).

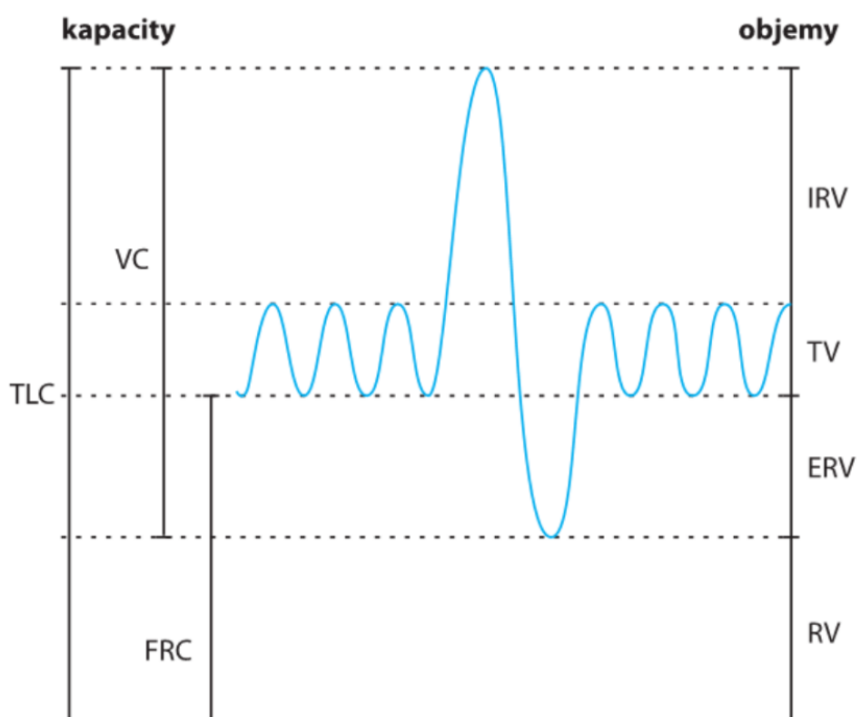
#### 4.3.1 Nejčastěji měřené dechové parametry

Mezi nejčastěji spirometricky měřené dechové parametry patří:

- FEV<sub>1</sub> (usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu)
- FVC (usilovná vitální kapacita)
- FEV<sub>1</sub>/FVC (Tiffeneauův index) (Ranu et al., 2011; Rokyta, 2015, s. 202)

Pomocí těchto parametrů je možno identifikovat obstrukční či restriktivní dechové poruchy. Restriktivní poruchy se projevují redukcí FEV1 i FVC a normálním poměrem FEV1/FVC (nad 70%). Naopak u obstrukcí je FEV1 redukováný více než FVC a projevují se tak poměrem FEV1/FVC menším než 70% (Ranu, 2011).

Pro stanovení restriktivní dechové poruchy je zlatým standardem měření TLC. Pouze snížená FVC má nízkou senzitivitu a specifitu, v porovnání s měřením TLC. Doplněním FEV1/FVC se sice senzitivita zvyšuje, přesto je ale spirometrické hodnocení vhodné spíše pro sledování změn plicních funkcí, než pro samotnou diagnostiku restrikce (Redding et al., 2011).



**Obr. 10.4** Schéma dechových objemů a kapacit

VC – vitální kapacita plic (vital capacity), TLC – celková kapacita plic (total lung capacity), FRC – funkční reziduální kapacita (functional residual capacity)  
 IRV – inspirační rezervní objem (inspiratory reserve volume), TV – dechový objem (tidal volume),  
 ERV – expirační rezervní objem (expiratory reserve volume), RV – reziduální objem (residual volume)

**Obrázek 4** -Dechové objemy a kapacity (Rokyta, 2015, s. 199).

### 4.3.2 *Funkce dechových svalů*

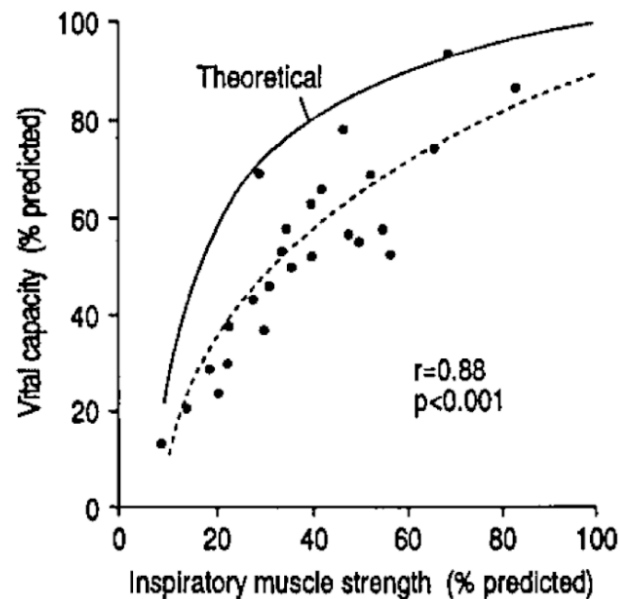
Správná funkce respiračních svalů je nezbytná pro zachování patřičné alveolární ventilace. Síly, které jsou vytvářeny dechovými svaly, nemohou být změřeny přímo, proto se k testování jejich funkce využívá nepřímého testování. Síla dechových svalů může být testována pomocí MIP a MEP (Jasiewicz et al., 2022). Maximální dechové tlaky odrážejí kromě funkce dechových svalů i elastický recoil (smršťivost) plic a hrudní stěny. Měření MIP je běžně prováděno na úrovni nebo blízko RV a měření MEP na úrovni nebo blízko TLC (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 531). Referenční hodnoty MIP a MEP dle metaanalýzy Verma et al. (2019) jsou uvedeny v Tabulce 2.

Běžně testované parametry respiračních funkcí, mezi něž mimo jiné patří dechové objemy, také nepřímo odráží výkonnost dechových svalů. U pacientů se sníženou silou dechových svalů bývá snížená vitální kapacita (VC). Naopak RV bývá buď normální, nebo zvýšený v souvislosti se sníženou silou výdechových svalů. V důsledku zvýšení RV bývá snížení TLC méně výrazné než snížení VC (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 521).

Věk	MIP (cm H <sub>2</sub> O)		MEP (cm H <sub>2</sub> O)	
	dívky	chlapci	Dívky	chlapci
4-5 let	52,29 (39,89-64,69)	60,45 (48,70-72,19)	57,17 (38,63-75,72)	72,87 (61,30-84,45)
6-11 let	65,67 (55,69-75,65)	75,84 (62,62-89,06)	75,13 (64,06-86,21)	86,92 (72,40-101,44)
12 let a více	87,55 (70,93-104,16)	102,29 (80,05-124,54)	103,20 (76,98-129,43)	124,03 (82,87-165,19)

**Tabulka 2** - Referenční hodnoty maximálních statických výdechových a nádechových tlaků (MIP a MEP) uvedené v cm H<sub>2</sub>O, v závorce 95% konfidenční interval (CI) (Verma et al., 2019).

Měření VC je ale méně senzitivní v případě, že oslabení dechových svalů je pouze malé, v tomto případě je senzitivnější měření maximálních dechových tlaků (Obrázek 5). Naopak pokud je oslabení dechových svalů výrazné, může být značné snížení VC doprovázeno pouze relativně malými změnami v MIP a MEP (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 521).



**Obrázek 5** - Vztah predikovaných hodnot síly nádechových svalů k hodnotám vitální kapacity (VC) u pacientů s různě závažným oslabením dechových svalů (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 522)



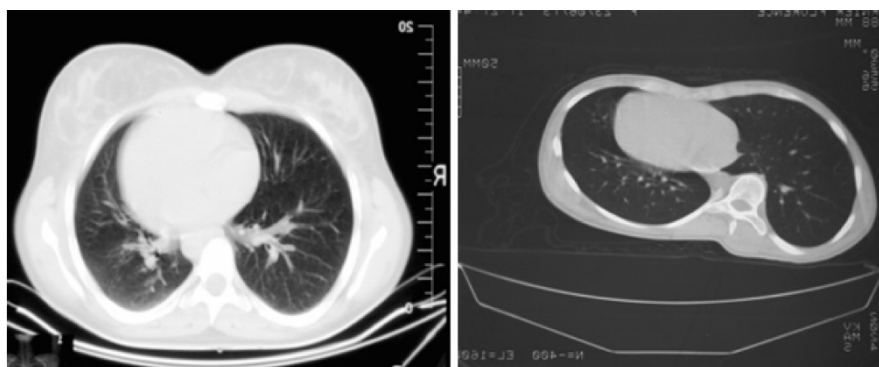
## 4.4 Patofyziologie a vliv skoliózy na respirační funkce

Jak již bylo zmíněno, skolióza významně ovlivňuje tvar a mechaniku hrudníku a může tak způsobit různá dechová omezení (Durmala et al., 2008). Skolióza bývá obecně spojována s restrikcí plicního objemu, která se projevuje sníženou TLC. Tento pokles je multifaktoriální a může odrážet různý patofyziologický mechanismus, který záleží jak na věku pacienta při nástupu skoliózy, tak na tom jak dlouho je deformita přítomna, tedy na její chronicitě (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Mechanismus působení skoliózy na respirační systém je komplexní a kromě snížení plicního objemu zahrnuje také ovlivnění dechových exkurzí, funkce dechových svalů či distribuce ventilace a perfuze. Možný je také vznik obstrukce dýchacích cest (Durmala et al., 2008; Redding et al., 2008; Farrell & Garrido, 2018).

### 4.4.1 Restrikce plicního objemu

Omezení dechových funkcí vzniká hlavně na základě restrikce, která souvisí s velikostí Cobbova úhlu, lokalizací křivky, oploštěním normální hrudní kyfózy a také s velikostí rotace obratle (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Zmenšená TLC bývá spojena s velikostí křivky nad 70° dle Cobba a s křivkami, které zahrnují více než 7 obratlů anebo je jejich vrcholový obratel lokalizován v horní hrudní páteři (Obrázek 6) (Koumbourlis, 2006; Tsiligiannis & Grivas, 2012).

Pacienti se skoliózou mají významně redukováný objem plic oproti zdravým jedincům, a to jak na konvexní tak konkávní straně křivky (Chu et al., 2006). Čím je křivka uložena výše (kraniálněji), tím výrazněji je komprimována plíce na konvexní straně křivky (Tsiligiannis & Grivas, 2012).



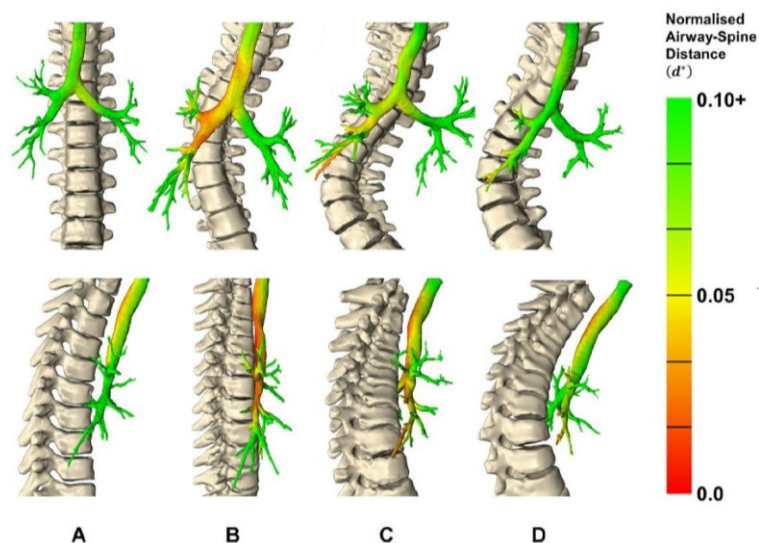
**Obrázek 6** - Zobrazení v úrovni osmého hrudního obratle (pohled shora) pomocí počítačové tomografie (CT) u zdravého jedince a u pacienta s hrudní křivkou (45° dle Cobba) (Durmala et al., 2008).

Plíce jsou však stlačovány i v sagitální rovině. Předozadní průměr hrudníku je redukován vlivem rotace páteře, která působí změnu postavení žeber a sternu (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Respirační funkce jsou nejvíce ovlivněny rotací hrudních (Th) obratlů, a to konkrétně Th8 a Th9 (Takahashi et al., 2007). Redukovaný plicní objem je podle Chu et al. (2006) dominantním faktorem, který u těchto pacientů způsobuje omezení plicních funkcí.

#### 4.4.2 Obstrukce dechových cest

Deformita páteře a hrudníku může být však také spojena s výskytem obstrukce dýchacích cest. Obstrukce vzniká v důsledku posunu, torze či utlačení bronchů proti obratli nebo dalším mediastinálním strukturám. Podle Tsiligiannis & Grivas (2012) není obstrukce u pacientů se skoliózou běžná, avšak Boyer et al. (1996, in Farrell & Garrido, 2018) při provedení předoperačního vyšetření nachází obstrukční či smíšené plicní omezení, a to se středně těžkým až těžkým air trappingem u 46 % pacientů. Obstrukci u 39 % pacientů při předoperačním vyšetření nachází také McPhail et al. (2015).

Vznik obstrukce dýchacích cest je pravděpodobnější u pacientů se skoliózou, kteří mají vyhlazenou kyfózu hrudní páteře (Obrázek 7). Pacienti s dextrokonvexní hrudní křivkou a hypokyfózou mají zúžené pravostranné dýchací cesty. Je u nich redukována vzdálenost mezi páteří a dýchacími cestami oproti zdravým jedincům, a to až o 87 %. Míra zúžení dýchacích cest významně koreluje s poměrem FEV1/FVC. Utlačení dýchacích cest může vést až ke vzniku atelektázy (Farrell & Garrido, 2018).



**Obrázek 7** - Vzdálenost mezi páteří a dýchacími cestami u zdravého jedince (A) a u pacientů se skoliózou s hypokyfózou (B), normální kyfózou (C) a hyperkyfózou (D) (Farrell & Garrido, 2018).

#### **4.4.3 Omezení růstu a vývoje plic**

Pokud je hrudní deformita přítomna v období vývoje a růstu plic, může být další příčinou omezení respiračních funkcí i plicní hypoplazie (Koumbourlis, 2006). Utváření alveolů, což znamená diferenciaci z primárních sept na sekundární, začíná v 36. týdnu těhotenství a pokračuje do věku 3 let. V důsledku toho je při narození funkční pouze třetina z později celkově dosaženého počtu alveolů. Morfologicky jsou plíce vyvinuté ve věku 3 let a poté nastává období růstu plic (Ridderbusch, 2018). Podle Lin et al. (2019b) je období do 8 let věku časem největšího růstu páteře, hrudníku a plic. U dětí do 10 let věku s progresivní skoliózou je tak vysoké riziko vyvinutí restriktivní plicní poruchy v důsledku přítomnosti hrudní deformity v období vývoje a růstu plic (Ridderbusch, 2018).

U infantilní skoliózy může být omezena multiplikace alveolů, kdežto u juvenilní a adolescentní je omezené zvětšování alveolů. Emfyzematické změny alveolů u pacientů s kongenitální skoliózou navíc ukazují, že mechanická komprese není jediným faktorem redukcí počtu alveolů u těchto pacientů. Tyto změny jsou pravděpodobně zapříčiněny předčasným ukončením proliferace alveolů (Tsiligiannis & Grivas, 2012). U adolescentní formy skoliózy, u níž byl při jejím nástupu vývoj a růst plic z velké části dokončen, je příčinou redukce TLC, spíše než omezení růstu plic, narušená mechanika hrudní stěny, která brání normální inflaci plic (Koumbourlis, 2006; Tsiligiannis & Grivas, 2012).

#### **4.4.4 Ovlivnění mechaniky dýchání**

Během vývoje skoliotické křivky dochází ke změnám na trupu, vzniká konkávní a konvexní strana a také gibbus. Tyto změny způsobují dysbalanci ve všech svalech trupu a ty nevyhnutelně ovlivňují mechaniku dýchání a vedou ke změně dechového stereotypu (Moramarco, 2016).

V důsledku přítomnosti deformity dochází k neefektivní souhře mezi dechovými svaly a hrudním košem (Laghi, 2003). Mobilita hrudníku je omezená vlivem zkrácení měkkých tkání, deformit žeber a také změněné orientace kostovertebrálních skloubení. Nejvíce patrné je snížení mobility v oblastech konkavity (Durmala et al., 2008).

Dechové svaly mají kvůli své abnormální konfiguraci sníženou svalovou sílu (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Tuhá hrudní stěna navíc ani přes zvýšené úsilí pacienta neumožní úplný výdech (Redding et al., 2011). Vlivem těchto faktorů může být u pacientů se skoliózou zvýšený poměr RV/TLC, jakožto ukazatel airtrappingu i bez prokázané obstrukce dolních dýchacích cest (Koumbourlis, 2006).

Vztah mezi deformitou a dechovým stereotypem však není jednosměrný. Dechový stereotyp s asymetrickým rozvíjením hrudníku je jedním z faktorů přispívajících k progresi deformity (Weiss & Lehnert-Schroth, 1995 in Moramarco, 2016).

#### **4.4.5 Ovlivnění dechového vzorce**

U těžkých skolióz je velmi významně ovlivněn dechový vzorec, a to jak při zátěži, tak v klidu a ve spánku. Dechová frekvence bývá vyšší a dechový objem naopak nižší než je normální. Vůči VC je však dechový objem relativně zvýšen. K jeho dosažení pacienti potřebují velký inspirační tlak, který vyžaduje větší přispění hrudního koše a břišních svalů. Břišní svaly usnadňují nádech tím, že během výdechu zvyšují nitrobřišní tlak, díky tomu se bránice dostává do co nejvýhodnější pozice pro její efektivní kontrakci (Redding, 2014). Přestože jsou tyto mechanismy účinné, významně zvyšují dechovou práci. Normálně jsou využívány pouze pro situace s vysokými metabolickými nároky a také po relativně krátkou dobu. Pokud jsou ale využívány i pro klidové dýchání, způsobují únavu dechových svalů a zvyšují riziko respiračního selhání (Koumbourlis, 2006). Pehrsson et al. (1991, in Negrini et al, 2018, s. 26) však ukazuje, že kardiorespirační selhání nastává pouze u pacientů s těžkými progresivními křivkami s nástupem před začátkem puberty. Přičemž jako nejvýznamnější indikátor možného kardiorespiračního selhání udává hodnotu VC.

#### **4.4.6 Distribuce ventilace a perfuze**

U zdravých jedinců je rozložení ventilace a perfuze mezi pravou a levou plící přibližně 55 % : 45 %. Protože u pacientů se skoliózou dochází ke vzniku asymetrie objemu plic, zabývají se někteří autoři otázkou, jak je skoliózou ovlivněno rozložení funkce plic (tj. ventilace a perfuze) (Redding et al., 2008).

Redding et al. (2008) zjišťují, že polovina dětí s kongenitální a infantilní skoliózou v jejich studii má významně asymetrickou distribuci ventilace a perfuze mezi pravou a levou plící. Výsledky této studie ukazují, že nelze jednoznačně určit, zda se plíce se sníženou funkcí bude nacházet na straně konvexní nebo konkávní. Navzdory tomu, že v této studii byli zařazeni pacienti s těžkými křivkami, nebylo omezení funkce vázáno na konvexní či konkávní stranu křivky. Omezená funkce byla u některých pacientů na konkávní straně křivky, u jiných na konvexní.

Rozložení ventilace a perfuze spolu v této studii velmi blízce korelují (není nalezena porucha poměru ventilace perfuze), což vylučuje přítomnost primárního plicního onemocnění. Asymetrická distribuce funkce plic je tedy důsledkem deformity. Velikost asymetrie, podle autorů studie, odráží sníženou kardiopulmonální rezervu (Redding et al., 2008).

Distribuce ventilace byla studována také pomocí elektrické impedanční tomografie (EIT). U pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou (AIS) bylo zjištěno, že nejvíce ventilovaná je oblast gibbu. Naopak nejméně ventilovaná je oblast na konkávní straně křivky ventrálně, kde jsou žebra vyklenuta vpřed. V této studii byli zařazeni pacienti s pravostrannými hrudními křivkami, proto autoři předpokládají, že snížená ventilace levého předního kvadrantu hrudníku je dána zvýrazněním asymetrického postavení orgánů v hrudní dutině. U zdravých jedinců totiž ventilace tohoto prostoru snížená nebyla (Mercedes et al., 2023).

#### ***4.4.7 Respirační funkce u pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou***

Omezení respiračních funkcí není u pacientů s AIS výjimečné. Až dvě třetiny pacientů s těžkou AIS vykazují restriktivní respirační abnormality (Kan et al., 2023). Obecně se autoři studií shodují, že velikost křivky nad 90° dle Cobba pacienta významně predisponuje ke kardiorespiračnímu selhání, a že abnormality respiračních funkcí jsou patrné u pacientů s více než 50–60° dle Cobba (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Nicméně, současné studie ukazují, že respirační funkce mohou být neoptimální i u pacientů s menšími křivkami (Kan et al., 2023).

Většina pacientů s lehkou skoliózou (do 30° dle Cobba) má respirační funkce v rozsahu predikovaných hodnot. Přesto jsou jejich hodnoty v porovnání se zdravými jedinci statisticky významně menší (Abdelaal et al., 2018). U pacientů s lehkou skoliózou nebyla nalezena korelace mezi hodnotami respiračních funkcí a velikostí Cobbova úhlu ani velikostí rotace páteře (Kan et al., 2023).

U pacientů se středně těžkou a těžkou skoliózou (křivky nad  $35^\circ$  dle Cobba) byla ustanovena negativní lineární korelace mezi velikostí křivky a hodnotou FVC (Tsiliogiannis & Grivas, 2012). Velikost křivky negativně koreluje také s dalšími parametry respiračních funkcí, a to FEV1, VC, TLC a funkční reziduální kapacitou (FRC) (Kempen et al., 2022). Omezení respiračních funkcí se zdá být progresivní v celém rozsahu velikostí křivek od  $20^\circ$  do  $120^\circ$  dle Cobba. Podle Kempen et al. (2022) připadá na každých  $2,6\text{--}4,5^\circ$  dle Cobba pokles o 1 % predikované hodnoty parametru respiračních funkcí.

Hodnoty plicních funkcí souvisí také s dalšími strukturálními parametry. Hodnota FVC negativně koreluje nejen s velikostí hrudní skoliózy, ale také s počtem obratlů v hrudní křivce a posunem sedmého krčního obratle od sakrální vertikální linie. Naopak pozitivně koreluje s velikostí hrudní kyfózy (Newton et al., 2005).

Velikost FVC je ovlivněna také lokalizací vrcholového obratle křivky. Pacienti s vrcholovým obratlem na úrovni Th6–Th8 mají významně nižší hodnotu FVC oproti těm, kteří mají vrcholový obratel na úrovni Th9–Th12 a těm, kteří mají bederní (L) křivku s vrcholovým obratlem v L1–L3 (69 % predikované hodnoty oproti 74 % a 92 % predikované hodnoty) (Johari et al., 2016).

Pro FEV1 je nejvýznamněji ovlivňujícím faktorem počet obratlů v hrudní křivce (Newton et al., 2005). Naopak lokalizace vrcholového obratle nemá na hodnoty FEV1 signifikantní vliv (Johari et al., 2016).

Hodnota poměru FEV1/FVC pozitivně koreluje s velikostí hrudní kyfózy (McPhail et al., 2015; Farrell & Garrido, 2018). Souvztažnost poměru FEV1/FVC a velikosti Cobbova úhlu je však sporná. Kempen et al. (2022) korelaci nenachází. Naproti tomu McPhail et al. (2015) a Farrell & Garrido (2018) mezi poměrem FEV1/FVC a velikostí Cobbova úhlu spatřují negativní korelaci. A podle Barrios et al. (2005) poměr FEV1/FVC negativně koreluje také s velikostí rotace hrudní křivky.

Strukturálními parametry křivky lze však vysvětlit pouze malé procento variability hodnot respiračních funkcí. Např. variabilitu hodnot FVC vysvětlují strukturální parametry křivky pouze z necelých 20 % (Newton et al., 2005).

Další roli v omezení respiračních funkcí hraje také dysfunkce dechových svalů, která byla prokázána sníženými hodnotami MIP a MEP u 83 % pacientů s křivkou větší než 40° dle Cobba (Martinez-Llorens et al., 2010). Mezi funkcí dechových svalů a hodnotami respiračních funkcí byl nalezen přímý vztah, avšak s velikostí Cobbova úhlu funkce dechových svalů nekoreluje (Martinez-Llorens et al., 2010; Jasiewicz et al., 2022). Většina těchto pacientů měla hodnoty respiračních funkcí v rozmezí normy, které však byly významně nižší oproti hodnotám zdravých jedinců (Martinez-Llorens et al., 2010).

#### ***4.4.8 Respirační funkce u pacientů s kongenitální skoliózou a skoliózou s časným nástupem***

U skoliózy s časným nástupem (EOS) vzniká restriktivní plicní onemocnění v důsledku deformace a zmenšení prostoru uvnitř hrudníku, zvýšené rigidity hrudní stěny a narušené funkce dechových svalů. Ne u všech pacientů však nacházíme omezení plicních funkcí. I když neexistuje přesná velikost křivky, která by zajistila správnou funkci plic, u křivek menších než 30° dle Cobba je velmi malá pravděpodobnost vzniku dechového omezení. Obstrukční omezení vzniká až u 33 % dětí s EOS, které je způsobeno utlačením některého z bronchů a to buď obratlem, nebo jinou mediastinální strukturou. Menší plicní objemy určují pacienty s EOS náchylnějšími k hypoxii během spánku. K hypoxii dochází nejčastěji ve fázi rapid eye movement (REM), ve které klesá tonus dechových svalů, nebo při respiračních infekcích (Redding, 2014). Až u 23 % dětí s EOS byla nalezena zvýšená hladina hemoglobinu, která odráží intermitentní hypoxemii (Caubet et al., 2009; in Redding, 2014). Hypopnoe během spánku může postupem času vést až ke vzniku plicní hypertenze (Redding, 2014).

Progresivní kongenitální skolióza má potenciál vytvořit mnohem výraznější dechové postižení než idiopatická skolióza, a to z důvodu jejího brzkého nástupu. Kongenitální skolióza může ovlivnit růst hrudního koše a plicního parenchymu (Lin et al., 2019a). V případě, že nejsou pacienti s EOS léčeni, zvyšuje se u nich riziko respiračního selhání (Pehrsson et al., 1992 in Romberg et al., 2020).

Lin et al. (2019a) provedli studii, do které bylo zařazeno 60 pacientů s kongenitální skoliózou s velikostí hrudní křivky v rozmezí  $40 - 157^\circ$  dle Cobba. Třetina pacientů trpěla těžkým dechovým omezením (tj. FEV1 pod 50% predikované hodnoty). Autoři studie zjistili souvztažnost mezi velikostí hrudní křivky a výskytem restriktivního plicního omezení, ne však s výskytem obstrukce (Lin et al., 2019a). Hodnoty respiračních funkcí jsou významně nižší u smíšených deformit oproti samostatným poruchám segmentace nebo formace (Xue et al., 2015).

U pacientů s kongenitální skoliózou hraje roli také možná přítomnost anomálie žeber. Pacienti s komplexními anomáliemi žeber mají významně horší respirační funkce oproti pacientům, kteří je nemají, přestože velikost křivek byla u obou skupin pacientů srovnatelná (Lin et al., 2019a; Xue et al., 2015). Velikost funkčního omezení však nijak nekoreluje s lokalizací žeberní anomálie (Xue et al., 2015).

Respirační funkce jsou také závislé na tvaru a rozměrech hrudníku. U pacientů s menšími kraniokaudálními a transverzálními rozměry hrudníku, s hrudní hyperkyfózou a s větším rozdílem ve výšce hemithoraxů jsou nalézány významně nižší hodnoty FEV1, FVC a TLC. Žádný z měřených parametrů hrudníku však nemá vliv na poměr FEV1/FVC (Lin et al., 2019b).

Stejně jako u idiopatické skoliózy byla i u EOS nalezena korelace mezi hodnotami respiračních funkcí a funkcí dechových svalů. Funkce dechových svalů ani zde nekoreluje s velikostí křivky (Redding et al., 2017).



## 4.5 Aerobní kapacita

U pacientů se skoliózou je, kromě omezení respiračních funkcí, spatřováno také omezení aerobní kapacity (Negrini et al., 2018, s. 26). Snížená aerobní kapacita je jednou z neopomenutelných komplikací skoliotické deformity. Zátěžová dušnost může být dokonce jednou z prvních klinických manifestací dechového omezení. Aerobní kapacita bývá snížena i u pacientů s lehkou skoliózou. Zátěži mohou být zvýrazněna malá dechová omezení naměřená v klidu, protože s intenzivní fyzickou prací se požadavky na respirační funkce zvyšují (Tsiligiannis & Grivas, 2012; Mohammadi et al., 2014; Barrios et al., 2005).

### 4.5.1 Aerobní kapacita u pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou

Příčiny zátěžového omezení u pacientů s AIS nebyly zatím zcela objasněny. Nejběžněji se však omezení připisuje limitacím kardiopulmonálního systému a kardiovaskulární de kondici. Roli však hraje také svalová dysfunkce (Tsiligiannis & Grivas, 2012; Martinez-Llorens et al., 2010). Velikost skoliózy ani hodnoty respiračních funkcí se zátěžovou tolerancí významně nekorelují (Lin et al., 2022; Martinez-Llorens et al., 2010).

Na snížení dechové výkonnosti má podíl snížená poddajnost hrudní stěny, způsobená deformitou hrudníku, a snížená síla dechových svalů. Během zátěže je u pacientů se skoliózou tendence dýchat spíše menším dechovým objemem a vyšší dechovou frekvencí s cílem minimalizovat zvýšení dechové práce. Deformitou hrudníku je ovlivněn také kardiovaskulární systém. Je možné, že v důsledku změny postavení nebo utlačení srdce není možné navýšit srdeční výdej, tak jak by bylo během zátěže potřebné. U křivek větších než 100° dle Cobba může zátěžovému omezení přispívat i plicní hypertenze (Tsiligiannis & Grivas, 2012).

Zátěžové testy ukazují sníženou toleranci k maximální zátěži i u pacientů, kteří mají klidové spirometrické hodnoty srovnatelné s hodnotami zdravých jedinců. U dívek s velikostí Cobbova úhlu 20–45° a respiračními funkcemi srovnatelnými s kontrolní skupinou, byla zjištěna menší ventilační kapacita (VE), vyšší maximální dechová frekvence, nižší maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub>max) a také dříve dosažený anaerobní práh oproti kontrolní skupině (Barrios et al., 2005).

Ve studii Martinez-Llorens et al. (2010) mělo redukovanou zátěžovou kapacitu 91% pacientů s velikostí Cobbova úhlu nad 40° (průměrně 56°), ve všech případech byl udávaným limitujícím faktorem dyskomfort v dolních končetinách. Tito pacienti měli plicní funkce v rozsahu normálních hodnot, i když významně redukované oproti kontrolní skupině. Pacienti se skoliózou měli také sníženou sílu a vytrvalost dechových svalů. Dysfunkce dechových svalů může být vysvětlena lokálními faktory (vyšší mechanické nároky z důvodu přítomnosti hrudní deformity a ventilačních nedostatků). Svalová dysfunkce byla však nalezena i u periferních svalů, a to jak na dominantních tak nedominantních horních a dolních končetinách. Zjištění, že redukce funkce byla u všech zkoumaných svalových skupin proporcionální, podporuje hypotézu, že na funkci svalů u AIS mají významný vliv také systematické faktory (dekondice svalů, hormonální vlivy). Příčiny svalové dysfunkce u pacientů s AIS ale zatím nebyly objasněny. Nicméně se v této studii svalová dysfunkce ukazuje jako hlavní faktor ovlivňující úroveň limitace v zátěži, a to i bez přítomnosti závažného dechového omezení.

#### **4.5.2 Aerobní kapacita u pacientů s kongenitální skoliózou**

Aerobní kapacita u pacientů s kongenitální skoliózou je prostudována mnohem méně než u pacientů s AIS. Tomuto tématu se věnují pouze 2 studie (Lin et al., 2019a; Lin et al., 2019b).

Deformita hrudníku a snížená poddajnost hrudního stěny způsobuje, že pacienti s kongenitální skoliózou dýchají během zátěže abnormálním dechovým vzorcem. S rostoucí velikostí křivky je pozorována vzrůstající tendence k dýchání menším dechovým objemem a vyšší dechovou frekvencí. Pacienti s velikostí křivky nad 100° dle Cobba mají v průběhu testování signifikantně vyšší dechovou frekvenci a menší dechový objem než pacienti, jejichž křivka se nachází v rozmezí 40 – 100° dle Cobba (Lin et al, 2019a). Menším dechovým objemem a vyšší frekvencí dýchají také pacienti s menšími kraniokaudálními a transverzálními rozměry hrudníku a hrudní hyperkyfózou (Lin et al, 2019a; Lin et al., 2019b).

U pacientů s těžkými hrudními křivkami (nad 100° dle Cobba) byla také zjištěna významně nižší maximální tepová frekvence, nižší výkon saturace krve kyslíkem (SpO<sub>2</sub>) než u pacientů s velikostí křivky 40–100° dle Cobba (Lin et al., 2019a).

Data studie Lin et al. (2019b) ukazují, že výkonnost pacientů v zátěžovém testu silně koreluje s rozměry hrudníku, a to zejména se sagitálním. Pacienti s těžkou kyfoskoliózou (větším sagitálním průměrem hrudníku a menším kraniokaudálním rozměrem hrudníku) dosahují menšího výkonu a nižší  $VO_2\max$  (Lin et al, 2019a; Lin et al., 2019b).

S rozměry hrudníku významně koreluje také  $SpO_2$ . Její hodnoty v klidu i v zátěži korelují zejména s kraniokaudálním rozměrem hrudníku (Lin et al., 2019b). To ukazuje na možnou dekompenzaci v metabolické výměně dýchacích plynů. Dalším možným vysvětlením snížené  $SpO_2$  je, že těžká deformita páteře a hrudníku brání normální funkci pravého srdce, což se projeví zvýšeným tlakem v pravé síni a poruchou diastolické funkce pravé síně a komory. Tento mechanismus by vedl ke sníženému tepovému objemu a srdečnímu výdeji během zátěže (Lin et al., 2019b). Studie Lin et al. (2019a) nachází významně nižší  $SpO_2$  ve skupině s křivkami nad  $100^\circ$  dle Cobba oproti skupině s menšími křivkami.

U pacientů s kongenitální skoliózou hrají také roli možné deformity žeber. Pacienti s komplexními anomáliemi žeber dýchají při zátěžovém testu vyšší dechovou frekvenci a menším dechovým objemem, než pacienti bez anomálie. Ve výkonnosti se však pacienti významně neliší (Lin et al., 2019a).

Ukazuje se také, že pacienti se středně těžkým ( $FEV_1 < 70\%$ ) a těžkým ( $FEV_1 < 50\%$ ) dechovým omezením mají při zátěži významně menší dechový objem spolu s vyšší dechovou frekvencí a menší tolerancí zátěže (tj. výkon a  $VO_2\max$ ) oproti pacientům s lehkým dechovým omezením (Lin et al., 2019a).

## 4.6 Vliv léčby skoliózy na respirační funkce

Při rozhodování o typu léčebného postupu skoliotické deformity se přihlíží k velikosti křivky, věku pacienta a riziku progresu křivky. K největší progresi křivky dochází v období růstu. Po ukončení kostního růstu bývá progresu již maximálně okolo 1–2° za rok. Na podkladě měření Cobbova úhlu je obecně dodržován postup, kdy u křivek do 20° dle Cobba je indikována pouze rehabilitační péče a sledování. U křivek 20°–40° je pak navíc indikována korzetoterapie a u křivek nad 40° je zvažována operační léčba (Repko, 2012). Podle Kempen et al. (2022) je prevence progresu křivky velmi důležitá pro zabránění vzniku velkého dechového omezení, protože s rostoucí deformitou dochází k redukci plicních funkcí. A podle výsledků současné metaanalýzy (Kato et al., 2019) ani operační korekce křivky nevede k výraznému zlepšení plicních funkcí.

### 4.6.1 Korzetoterapie

Korzetoterapie je zlatým standardem v konzervativní léčbě skoliózy. Je používána k zastavení progresu křivky v období růstu. Běžně se používají rigidní thorakolumbosakrální ortézy (TLSO), které působí trojrozměrně (3D) korekčními silami proti křivce. Kvůli jejich rigidní konstrukci mají ale tendenci snižovat mobilitu trupu. Mnoho studií ukazuje, že korzetoterapie je účinná co se prevence progresu křivky týče. Nicméně její vliv na plicní funkce je stále kontroverzní (Yagci et al., 2019).

Yagci et al. (2019) sledovali okamžitý vliv korzetu na respirační funkce. Pacienti při nasazeném korzetu udávají zvýšenou dušnost při aktivitách denního života (ADL). Při nasazení ortézy dochází ke snížení hodnot plicních funkcí (FEV1, VC, FVC) oproti situaci bez ortézy o 10–20 %. Tento pokles plicních funkcí byl podle kritérií American Thoracic Society (ATS) ohodnocen jako mírný. Změna však nenastává u poměru FEV1/FVC. Při nasazení ortézy tedy u pacientů vzniká dechové omezení, které má charakteristiky restriktivního plicního onemocnění. Pokles plicních funkcí je pravděpodobně způsoben omezením expanze hrudníku, kvůli působení korekčních sil ortézy. Síla dechových svalů se s nasazením korzetu nemění.

Pokud jsou však plicní funkce měřeny v situaci bez nasazené ortézy, není nacházen významný rozdíl mezi pacienty, kteří jsou léčeni korzetoterapií a těmi, kteří ortézu nikdy nenosili (Barrios et al., 2005; Lin et al., 2022). Výsledky studie Barrios et al. (2005) ukazují pouze tendenci k nižším hodnotám FVC a FEV1 u korzetovaných pacientů, nicméně bez statistického významu. Existují ale také studie, podle kterých mají pacienti s historií korzetoterapie horší plicní funkce, než pacienti, kteří korzet nikdy nenosili (Kan et al., 2023).

#### **4.6.2 Operace**

Operační technika se liší podle věku dítěte a typu křivky. U idiopatických skolióz v infantilním a juvenilním období je využívána technika rostoucích tyčí a kostěná fúze je odložena na dobu pokročilé kostní zralosti. U AIS je indikována korekce deformity pomocí vnitřního instrumentária s definitivním ošetřením kostěnou fúzí. U kongenitálních deformit je operační řešení při výrazné progresi indikováno časněji (Repko, 2012). V závislosti na druhu operační techniky, studie ukazují pozitivní, negativní nebo žádný efekt na plicní funkce (Tsiligiannis & Grivas, 2012). Ve většině studií bylo zjištěno pouze mírné zlepšení plicních funkcí (Negrini et al., 2018, s. 27).

Metaanalýza Lee et al. (2016) posuzovala vliv operační léčby AIS na absolutní hodnoty plicních funkcí. Ukazuje se, že pokud je operace prováděna zadním přístupem, po 3 měsících od operace nejsou plicní funkce negativně ovlivněny. Po dvou letech od operace pak dochází k mírnému zvýšení hodnot plicních funkcí. Zvýšení může být vysvětleno jak zmenšením křivky a zlepšením mechaniky hrudní stěny, tak přirozeným zvyšováním hodnot plicních funkcí během adolescence.

Pokud je operace prováděna předním přístupem, při kterém je instrumentace zaváděna torakotomií, dochází v období 3 měsíců od operace k mírnému až velkému poklesu plicních funkcí. Po dvou letech od operace předním přístupem se hodnoty plicních funkcí vrací na svou úroveň před operací. Při srovnání předního a zadního přístupu, má na plicní funkce lepší efekt zadní přístup. Tento rozdílný vliv je vysvětlován tím, že zadní přístup umožňuje korekci hrudní deformity bez poranění hrudní stěny. Při otevřeném předním přístupu jsou v závislosti na rozsahu a úrovni fúze protnuty svaly hrudní stěny a žebra, přičemž dochází také k podráždění pleury. Tím je zapříčiněn zmíněný pokles plicních funkcí ve 3 měsících po operaci (Lee et al., 2016).

Jasiewicz et al. (2022) hodnotili vliv operace skoliózy na sílu dechových svalů. Měření MIP a MEP bylo provedeno před operací, poté po 7 dnech a po 3 měsících od operace. Významný pokles MIP a MEP při měření 7 dní od operace (pro MIP průměrně z 65,89 cmH<sub>2</sub>O na 45,28 cmH<sub>2</sub>O) byl sledován jak u pacientů operovaných zadním, tak předním přístupem. U pacientů operovaných předním přístupem byl ale pokles výraznější. Významný pokles síly dechových svalů po operaci autoři vysvětlují zvýšenou bolestivostí a tuhostí páteře a hrudníku. Po 3 měsících od operace se síla dechových svalů vrací k předoperačním hodnotám, v některých případech je i převyšuje.

Dříve byla spinální fúze prováděna i u dětí s progresivní EOS. Tak byla sice korigována deformita, ale současně byl také omezen růst a vývoj páteře, hrudníku a plic (Mbamalu et al., 2023; Tsiligiannis & Grivas, 2012). Nyní však již existují metody, které další růst umožňují. Např. rostoucí tyče podle studie Wang et al. (2023) umožní nejen korigovat deformitu, ale v dlouhodobém sledování (minimálně 5 let od operace) dochází také ke zlepšení plicních funkcí.

## 4.7 Respirační fyzioterapie

Prevence a léčba dechových obtíží patří mezi 4 hlavní cíle konzervativní léčby idiopatické skoliózy, jak je definují Negrini et al. (2018, s. 7). Konzervativní léčba se obvykle skládá ze cvičení zaměřeného na korekci křivky pomocí fyzioterapeutických specifických cviků pro skoliózu (PSSE) a korzetoterapie (Rafferty et al., 2023). Další hlavní cíle konzervativní léčby jsou zastavení progresy křivky během růstu, popřípadě zmenšení křivky, prevence a léčba bolestivých syndromů a úprava estetiky prostřednictvím posturální korekce (Negrini et al., 2018, s. 7).

Vlivem skoliotické deformity je různými mechanismy ovlivněn respirační systém a jeho funkce. Dechová rehabilitace tak v léčbě skoliózy hraje významnou roli. A to jak z důvodu zlepšení dechových funkcí a všeobecné výkonnosti pacientů, tak z důvodu úpravy dechového stereotypu (Moramarco, 2016). Skoliotická deformita a dechový stereotyp se ovlivňují navzájem. Přítomnost deformity způsobuje změnu dechového stereotypu a změněný dechový stereotyp je jedním z faktorů přispívajících k progresi deformity (Weiss, 1995 in Moramarco, 2016). Proto je nutné v terapii skoliózy dechovému stereotypu věnovat pozornost (Moramarco, 2016).

Doporučení pro respirační fyzioterapii u pacientů s AIS dle guidelines *International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment* (SOSORT) (Negrini et al., 2018, s. 27) jsou uvedena v Tabulce 3.

**Table 14** Recommendation on respiratory function and exercises

Recommendation	Strength	Evidence
1. It is recommended that, when needed, exercises to improve respiratory function are used	B	V
2. It is recommended during brace treatment to use exercises to improve respiratory function	C	V
3. It is recommended to use physiotherapeutic scoliosis-specific exercises to train regional respiratory strategies in order to promote the expansion and ventilation of specific lung compartments	C	V

**Tabulka 3** - Doporučení pro terapii respiračních funkcí u pacientů s AIS (Negrini et al., 2018, s. 27)

Tato kapitola dále podává přehled studií, které sledují vliv různých typů cvičebních programů na plicní funkce u pacientů s AIS. Pacienti v těchto studiích jsou léčeni pouze konzervativně. V některých studiích jsou programy aplikovány u pacientů s indikací k operaci a tedy v předoperační fázi. V žádné ze zařazených studií nejsou pacienti po operační léčbě skoliózy. Přehled studií sledujících vliv cvičebních programů na plicní funkce je uveden v Příloze č. 1.

#### ***4.7.1 PSSE a metody využívající specifická dechová cvičení***

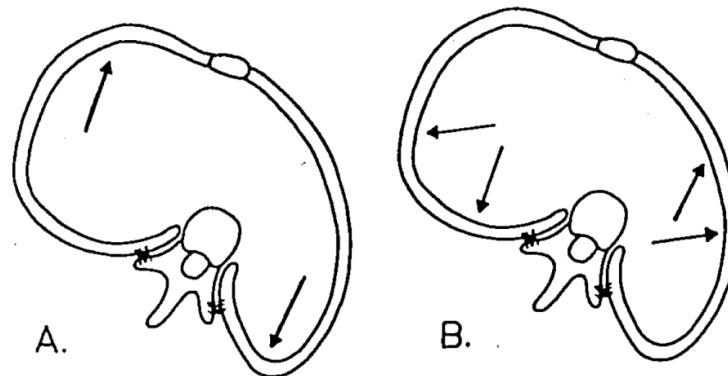
Jednou z prosazovaných možností konzervativní léčby skoliózy jsou PSSE. Terapie je individualizovaná a přizpůsobená individuální charakteristice křivky (Park et al., 2018). Součástí většiny metod PSSE jsou specifické dechové techniky, které mají za cíl podpořit derotaci páteře a korekci konkávních oblastí na trupu (Negrini et al., 2018, s. 27). Proto se nabízí otázka, zda a jakým způsobem působí PSSE na plicní funkce (Rafferty et al., 2023).

##### ***4.7.1.1 Derotační dýchání***

Jak bylo zmíněno výše, většina metod PSSE používá speciální dechové techniky. Mnoho z nich vychází z té, kterou využívá metoda Schrothové (Berdishevsky et al., 2016). Katharina Schroth předpokládala, že pacienti se skoliózou mají asymetrickou distribuci ventilace. Domnívala se, že vznik gibbu a související změna konfigurace svalů vede k lepší ventilaci plíce na straně gibbu a na konkávní straně je plíce naopak ventilována méně. Své pacienty učila směřovat dech do konkávních oblastí - tedy tam, kde jsou k sobě žebra přiblížena. Žebra tak využila jako dlouhá ramena síly pro působení na rotovaný hrudník a páteř (obrázek 8), čímž vznikla technika zvaná *derotační dýchání* (Lehnert-Schroth, 1992).



Na konkávní straně hrudníku je snaha o jeho rozšíření s představou rozvíjení do laterálního, kraniálního a dorzálního směru. Další korekce dechu probíhá na konvexní straně křivky. Na této straně se dorzálně nachází gibbus a je zde tedy snaha o rozvíjení hrudníku směrem ventrálním, kraniálním a mediálním. Metoda předpokládá, že specifickými posturálními a dechovými cvičeními lze dosáhnout zmenšení rotace páteře (Lehnert-Schroth, 1992).



**Obrázek 8** - Schéma dýchání pacienta se skoliózou (A) a derotačního dýchání (B)  
(Weiss, 1991)

#### 4.7.1.2 Vliv derotačního dýchání na distribuci ventilace

O ověření předpokladu asymetrické ventilace a působení derotačního dýchání u pacientů s AIS se pokusil Mercedes et al. (2023). U 12 dívek s AIS (pravostranné hrudní křivky 10-45° dle Cobba) a 12 zdravých dívek pozoroval distribuci ventilace pomocí EIT. Vyšetření bylo provedeno ve třech situacích - při klidovém (viz kapitola *Distribuce ventilace a perfuze*), maximálním a derotačním dýchání.

Při derotačním i maximálním dýchání se distribuce ventilace u pacientů s AIS přibližuje té, kterou vidíme u zdravých jedinců. Ventilace gibbu se snižuje a naopak v levém předním kvadrantu dochází k jejímu zvýšení. U kontrolní skupiny se distribuce ventilace během jednotlivých situací nemění. Účinkem derotačního a maximálního dýchání u pacientů s AIS také došlo ke zmenšení ventilace pravého hemithoraxu, což podporuje předpokládaný efekt derotačního dýchání. Autoři výsledky uzavírají s tím, že pro stanovení efektu derotačního dýchání na distribuci ventilace plic je potřeba dalšího výzkumu z důvodu malého počtu probandů (Mercedes et al., 2023).

#### 4.7.1.3 Studie využívající PSSE a specifická dechová cvičení

Současné metaanalýzy (Park et al., 2018; Rafferty et al., 2023) ukazují, že PSSE mají na plicní funkce pozitivní vliv. Přes metodologickou variabilitu jednotlivých studií dochází vlivem těchto cvičení k významným zvýšením FVC a VC. Tento účinek je vysvětlován působením těchto metod na odchylky v dechovém stereotypu (Rafferty et al., 2023).

Borysov & Borysov (2012) a Moramarco (2016) pozorovali efekt intenzivního týdenního programu metody Schrothové. Program byl v obou studiích složen ze cviků zaměřených na korekci postury v sagitální rovině, korekci ADL, 3D korekci a cvičení *New Power Schroth*, které je doplňováno derotačním dýcháním.

Ve studii Borysov & Borysov (2012) bylo zařazeno 34 pacientů, kteří měli průměrnou velikost křivky 28,7° dle Cobba. Po týdenním intenzivním programu došlo u pacientů k významné redukci úhlu rotace trupu (ATR) z původních 11,5° na 8,4°. Aktivní korekci bylo po programu dosaženo ATR 6,5° oproti původním 8,9°. Signifikantní zlepšení bylo dosaženo také u VC, která se z původních 2073 ml po týdnu zvýšila na 2326 ml.

Moramarco (2016) měřil u podobného počtu pacientů (36) navíc také dechové amplitudy na úrovni processus xiphoideus, FVC a FEV1. U pacientů v této studii byla průměrná velikost křivky o několik stupňů větší než v předcházející (hrudní křivka 36,9° a bederní 33,9° dle Cobba). Po skončení programu u pacientů došlo k signifikantnímu zlepšení FVC (průměrně o 8 %) a FEV1. Dechové amplitudy byly z průměrných 7,50 cm zvýšeny na 8,81 cm a ATR byl významně redukován v hrudní i v bederní páteři.

Další autoři sledují efekt dlouhodobějších cvičebních programů. Amaricai et al. (2020) hodnotili vliv 12týdenního rehabilitačního programu u 40 pacientů s lehkou (<20°) a středně těžkou (<35° dle Cobba) skoliózou. Rehabilitační program se skládal ze cviků, které byly zaměřeny na protažení konkávní strany a posílení svalů na konvexní straně křivky, derotačního dýchání, cvičení hlubokého stabilizačního systému páteře (HSSP) a posilování musculus (m.) quadriceps femoris. Pacienti se středně těžkou skoliózou nosili navíc korzet po dobu 20 hodin denně. Po 12 týdnech došlo k významnému zlepšení plicních funkcí (FVC, vrcholového výdechového průtoku (PEF), FEV1, FEV1/FVC) a funkční kapacity měřené 6minutovým chůzovým testem (6MWT).

Dvojnásobně tak dlouhý program (24 týdnů) vytvořil Rrecaj-Malaj et al. (2020) a aplikoval ho u 69 pacientů s AIS  $\leq 45^\circ$  dle Cobba. Pacienti cvičili 60 minut denně, z nichž byla polovina času věnována metodě Schrothové a polovina cvičení pilates. Po absolvování programu u pacientů nachází významné zvýšení dechových amplitud, flexibility páteře a významné snížení ATR a Cobbova úhlu.

Gao et al. (2019) také sledoval vliv 24týdenního cvičebního programu, a to u pacientů se srovnatelnou velikostí křivky (25–40° dle Cobba). Ve studii bylo celkem 50 pacientů, kteří však byli rozděleni do dvou skupin. V obou skupinách pacienti nosili ortézu 23 hodin denně. U poloviny z nich byla korzetoterapie doplněna cvičením podle metody vědeckého přístupu ke skolióze (SEAS). Cvičení zahrnovalo kromě aktivní korekce křivky a stabilizačních cviků také specifická dechová cvičení individualizovaná pro každého pacienta. Pacienti cvičili jednou týdně 40 minut pod vedením fyzioterapeuta a 6krát týdně 15 minut doma. Tato skupina pacientů po ukončení programu dosáhla významného zlepšení plicních funkcí (FVC a FEV1) spolu s významnou redukcí Cobbova úhlu. Naopak zlepšení poměru FEV1/FVC statistické významnosti nedosáhlo. U kontrolní skupiny, která kromě korzetoterapie nedostala jinou léčbu, došlo po půl roce ke zhoršení plicních funkcí (FVC a FEV1). Redukce Cobbova úhlu dosažena byla, ne však statisticky významná. Výsledky této studie tedy ukazují lepší efekt kombinované léčby na plicní funkce a velikost křivky oproti samostatné ortotické léčbě.

#### **4.7.2 *Trénink dechových svalů s dechovými trenažéry***

Autoři dvou současných studií (Basbug et al., 2023; Kim & Park, 2017) se pokusili podpořit efekt dechových cvičení zařazením tréninku s dechovými trenažéry. Autoři vycházejí z dat studií, které u pacientů se skoliózou nacházejí sníženou sílu dechových svalů (Martinez-Llorens et al., 2010; Alves & Avanzi, 2016; Sperandio et al., 2014) a z doporučení *European Respiratory Society* (ERS). Podle ERS je pro pacienty se sníženou silou dechových svalů doporučen trénink dechových svalů jako součást plicní rehabilitace (Basbug et al., 2023).

Basbug et al. (2023) sledoval efekt tréninku nádechových svalů (IMT) celkem u 34 pacientů s lehkou až středně těžkou skoliózou (20–50° dle Cobba). Cvičební program trval 8 týdnů. Pacienti cvičili 6krát týdně po dobu 45 minut cviky zahrnující brániční dýchání, lokalizované dýchání do konkávní strany s odporem therabandu, spinální stabilizační cviky a protahovací cviky. U poloviny pacientů (IMT skupina) byl k tomuto programu zařazen navíc trénink s *Threshold IMT*. Trénink nádechových svalů pacienti prováděli po dobu 15 minut 2krát denně. Velikost odporu byla nastavena na 30 % MIP, který byl přeměřován každý týden pro nastavení nových tréninkových hodnot. Před začátkem intervence byly hodnoty plicních funkcí u obou skupin ve fyziologickém rozmezí, kromě pěti pacientů, u kterých byl nalezen lehký restriktivní vzorec. Po skončení programu bylo u obou skupin zaznamenáno významné zlepšení FEV1, PEF, MIP, MEP a 6MWT. Skupina IMT navíc dosáhla významného zvýšení FVC. U skupiny IMT bylo zvýšení FVC, síly dechových svalů a 6MWT signifikantně vyšší v porovnání s kontrolní skupinou.

Studie Kim & Park (2017) měla stejně dlouhý program (8 týdnů) a zahrnovala pacienty se srovnatelně velkými křivkami jako předcházející studie. Celkový počet pacientů byl však poloviční. Cvičení probíhalo 3krát týdně 60 minut. Experimentální skupina začínala 5 minutami přípravných cvičení, po kterých následovalo 10 minutami cvičení dechových svalů pomocí *Spirotiger*. Hlavní část, která trvala 40 minut, byla tvořena cvičením dle metody Schrothové. Jednotka byla zakončena 5 minutami závěrečné relaxace. Kontrolní skupina měla program stejný kromě cvičení dechových svalů, které bylo nahrazeno 10 minutami jízdy na rotopedu. Po 8 týdnech bylo v experimentální skupině dosaženo významného zlepšení plicních funkcí (FVC, FEV1, PEF). V kontrolní skupině k významnému zlepšení plicních funkcí nedošlo. V obou skupinách bylo zjištěno významné zmenšení Cobbova úhlu. Obě metody byly tedy označeny za efektivní ze strany redukce velikosti křivky, pro zlepšení plicních funkcí se však ukazuje jako efektivnější kombinace s tréninkem dechových svalů. Pro ověření těchto výsledků je ale třeba dalších studií z důvodu nízkého počtu probandů v této studii.

#### **4.7.3 Aerobní trénink**

Aerobní trénink dle metaanalýzy Rafferty et al. (2023) přináší u pacientů s AIS významné zlepšení FVC a VC. Zvýšení hodnoty FEV1 je patrné u studií využívajících vysokou intenzitu zátěže (Rafferty et al., 2023).

Ve dvou studiích byl sledován vliv stejného rehabilitačního programu na plicní funkce (Alves et al., 2006) a na sílu dechových svalů (Alves et Avanzi, 2016) u pacientů s velikostí křivky  $\geq 45^\circ$  dle Cobba. Program v obou studiích trval 4 měsíce a byl tvořen třemi 60minutovými cvičebními jednotkami týdně. Cvičební jednotka se skládala z 10minutového rozehrátí, 40 minut aerobního cvičení na běžeckém pásu nebo rotopedu v intenzitě 60–80 % maximální tepové frekvence (HRmax) a 10 minut zklidnění a relaxace.

Alves et al. (2006) zaznamenávají signifikantní zlepšení FVC, FEV1, PEF a VC. Významná změna ale nenastala u poměru FEV1/FVC, což je vysvětlováno podobným nárůstem obou parametrů. Po cvičebním programu bylo také pozorováno významné zvýšení ujité vzdálenosti v 6MWT. Při tomto testu pacienti také dosáhli významného snížení dechové a tepové frekvence a významného SpO<sub>2</sub>. Autoři z těchto výsledků usuzují, že u pacientů mohlo dojít k zefektivnění ventilace. Během programu nedošlo k významné změně velikosti deformity, proto nejsou výsledky studie těmito parametry ovlivněny.

Ve studii Alves et Avanzi (2016) tento program cvičila pouze polovina pacientů (45). Druhá polovina pacientů byla zařazena do kontrolní skupiny, která byla pouze vyzvána k provádění svých běžných aktivit jako před zahájením studie. Výchozí průměrné hodnoty MIP a MEP byly u obou skupin srovnatelné, stejně tak velikost skoliotické křivky a kyfózy. Po ukončení programu bylo u pacientů v experimentální skupině naměřeno zlepšení MIP (z 35 na 52 cmH<sub>2</sub>O) i MEP (z 43 na 62 cmH<sub>2</sub>O). U pacientů v kontrolní skupině se průměrné hodnoty MIP a MEP nezměnily. Autoři (Alves et al., 2006) nakonec shrnují, že fyzická aktivita je pro pacienty se skoliózou prospěšná, a protože díky rehabilitačnímu programu došlo ke zlepšení dechových parametrů a výkonnosti v 6MWT usuzují, že by mohl být výhodný pro pacienty před podstoupením operace. Upozorňují totiž na to, že některé studie zaznamenávají snížení dechových parametrů v prvních dvou letech po operaci, a tak je vhodné se zaměřit na jejich zlepšení ještě před operací.

Z aerobního tréninku benefitují také pacienti, kteří podstupují korzetoterapii. Podle výsledků studie Athanasopoulos et al. (1999) lze doplněním aerobního tréninku ke korzetoterapii plicní funkce buď zachovat, nebo dokonce zlepšit. Do této studie bylo zařazeno celkem 40 pacientů s průměrnou velikostí křivky 30°. Po 8týdenním programu, který byl tvořen intervalovým tréninkem na cykloergometru (4krát týdně 30 minut) dochází ke zvýšení FVC. Zbylé parametry (FEV1, VC) zůstávají nezměněny. U kontrolní skupiny, která pouze nosila ortézu, dochází k významnému poklesu VC a FVC.

Benefity aerobního tréninku lze pravděpodobně umocnit kombinací s odporovým tréninkem. Xavier et al. (2020) provedl studii, která zahrnovala celkem 40 pacientů s velikostí skoliózy  $\geq 45^\circ$  dle Cobba. Všichni pacienti cvičili 3krát týdně hodinu po dobu 3 měsíců. Cvičební jednotka pro kontrolní skupinu se skládala z rozehrátí, aerobního tréninku na běžeckém pásu (60–80% HRmax) a závěrečného zklidnění. Experimentální skupina měla v jednotce zařazeno i 10 minut odporového tréninku. Po skončení tréninkového programu obě skupiny vykazovaly zlepšení v několika parametrech respiračních funkcí. Kombinovaný trénink se ukazuje jako výhodnější pro zlepšení FEV1, FEV1/FVC, MIP a PEF. U obou skupin bylo také zjištěno zlepšení v 6MWT, které bylo ale o 22 metrů větší u experimentální skupiny oproti kontrolní skupině. Tohoto zlepšení bylo dosaženo s menší námahou a nižší dechovou frekvencí. Podle autorů je možným vysvětlením výraznějšího účinku kombinovaného tréninku interakci mezi svaly končetin a trupu. Posilováním svalů končetin dochází k posílení také svalů trupu a ramenních pletenců, díky jejich stabilizační funkci. Tyto svaly pak mohou pomoci při rozvíjení hrudníku a pacienti tak dosáhnou většího zlepšení respiračních parametrů a také větší zdatnosti.

#### ***4.7.4 Odporový trénink, trénink stabilitya hlubokého stabilizačního systému (HSSP)***

Pozitivního ovlivnění plicních funkcí a síly dechových svalů dosahují také programy, které se zaměřují na posílení HSSP spolu s cvičením na labilních plochách a gymnastických míčích či odporovým tréninkem. Těmito metodami dochází zlepšení plicních funkcí, díky jejich zacílení na funkci bránice a břišních svalů (Qi et al., 2022)

Qi et al. (2022) pozoroval vliv 3měsíčního cvičení HSSP, které se skládalo z posilování a tréninku stability s využitím gymnastického míče a balanční podložky. Cvičení probíhalo 3krát týdně 60minut. Průměrná velikost křivky pacientů v této studii byla 24° dle Cobba. Program podstoupilo 18 pacientů, dalších 20 pacientů bylo zařazeno do kontrolní skupiny, která byla bez intervence. Po 3 měsících cvičení došlo kromě významného poklesu Cobbova úhlu také k signifikantnímu zlepšení FVC, FEV1, MIP a MEP. Jen u poměru FEV1/FVC nedošlo k významné změně. U kontrolní skupiny zůstaly měřené parametry stejné jako při vstupním vyšetření, kromě hodnoty MEP, která významně poklesla.

Kim et al. (2015) porovnával vliv cvičení s gymnastickým míčem a odporového tréninku na respirační funkce. Program trval 8 týdnů a pacienti cvičili 30 minut 5krát týdně. Polovina pacientů byla zařazena do skupiny provádějící cvičení s gymnastickým míčem, druhá polovina pacientů byla zařazena do skupiny provádějící odporový trénink. V obou skupinách bylo po 8 týdnech dosaženo významného zlepšení FVC a FEV1. Poměr FEV1/FVC se ani u jedné skupiny po intervenci významně nezměnil. Při porovnání výsledků mezi skupinami, bylo dosaženo významně většího zlepšení FEV1 u skupiny s odporovým tréninkem. Autoři studie uvádí, že možným odůvodněním výraznějšího efektu odporového cvičení na FEV1 je větší efekt odporového cvičení na sílu břišních svalů, které se usilovného výdechu účastní.

## 5 KAZUISTIKA

### 5.1 Anamnéza

**Pacientka:** S.P.

**Narozena:** 2008 (15 let)

**RHB anamnéza:**

Prvozáchyt skoliózy v 10 letech s mírnou skoliózou. Ve 12 letech (březen 2021) vyšetřena podruhé s výraznou progresí, kdy na rentgenu (RTG) bylo naměřeno Th5-49dx-Th11-48sin-L4. Od dubna 2021 pacientka nosí korzet na noc (8-9 hodin denně). V dubnu 2022 proběhla další kontrola, při které bylo změřeno na RTG Th5-54dx-Th11-50sin-L4. Při poslední kontrole v listopadu 2023 na RTG Th5-68dx-Th11-53sin-L4, Risser 3-4.

Na fyzioterapie dochází přibližně od 11 let, od roku 2021 do FN Motol. Pacientka pravidelně cvičí doma (6 krát týdně půl hodiny). Rodina aktuálně zvažuje operační řešení skoliózy ve FN Brno.

**PMV:** v normě

**RA:** matka skolióza (přibližně 20° dle Cobba)

**GA:** menzes od 13 let

**FA:** 0

**SPA:** atletika - víceboj (tréninky 4krát týdně 2 hodiny)

**Operace, úrazy:** neguje

**Subjektivní obtíže:** Pacientka neguje, avšak má pocit, že se po výkonu vydýchává o něco déle než ostatní. Nepřikládá tomu však větší význam.



## 5.2 Vyšetření 12. 3. 2024

### 5.2.1 Základní kineziologický rozbor

**Aspekce stoje:** Hlava držena v mírné protrakci. Postavení ramen je asymetrické. Pravé rameno drženo v protrakci a oproti levému se nachází níže. Při pohledu zezadu odstává angulus inferior pravé lopatky, je patrná zejména hrudní pravostranná křivka a gibbus. Ventrálně prominují dolní žebra, výrazněji vlevo. Pozorujeme také shift hrudníku doprava. Thorakobrachiální trojúhelníky jsou asymetrické, na pravé straně je taile hlubší. Pupek lehce tažen doleva. V sagitální rovině je patrná oploštělá hrudní kyfóza a posun vrcholu bederní lordózy přibližně do úrovně thorakolumbálního přechodu. Infragluteální rýhy jsou symetrické. Kolena se nachází v mírně varózním postavení. Kotníky jsou v lehkém valgozním postavení, výrazněji vlevo.

**Adams test:** Gibbus vpravo od hrudní páteře.

**Test lateroflexe páteře:** Při lateroflexi doprava byla naměřena vzdálenost daktylion – podlaha 45 cm, při lateroflexi doleva 38,5 cm.

**Ottova inklináční a reklinační zkouška:** Při předklonu dochází k prodloužení o 5 cm, při záklonu ke zkrácení o 2 cm.

**Thomayerova zkouška:** Negativní, daktylion je v kontaktu s podložkou.

**Trendelenburgova zkouška:** negativní bilaterálně

**Podřep na 1 dolní končetině (DK):** Při podřepu jak na pravé tak levé DK se dostává koleno do valgozního postavení, váha je převážně na mediálních stranách plosek. Na levé dolní končetině (LDK) je pacientka méně stabilní.

**Stereotyp flexe horních končetin (HKK):** Rozsah pohybu neomezen, při zdvižení HKK nad horizontálu dochází ke zvýraznění gibbu napravo od hrudní páteře.

**Stereotyp abdukce HKK:** Rozsah pohybu je taktéž bez omezení a v konečné fázi pohybu dochází ke zvýraznění gibbu. Pohyb obou HKK byl proveden v zevní rotaci. Pohyb na levé horní končetině (LHK) byl proveden s mírnou flexí lokte. Abdukce pravé horní končetiny (PHK) byla provedena s podílem ventrální flexe vlivem postavení pravého ramene v protrakci. Pohyb PHK navíc nepatrně předbíhá pohyb LHK.

**Test flexe hlavy a trupu:** Při flexi zůstává hrudník v kaudálním postavení, nedochází k odstávání žeber. Dochází k výraznější aktivaci m. rectus abdominis spolu s horní částí šikmých břišních svalů a jsou patrné konkavity v oblasti třísel. Flexe krční páteře je plynulá, bez předsunu hlavy.

**Aspekce chůze:** Chůze má pravidelný rytmus, délka kroku je na obou dolních končetinách symetrická.

Souhyb horních končetin je souměrný, pravidelný. Rotace trupu při chůzi je omezená.

Při stejné fázi pravé dolní končetiny (PDK) dochází k zešikmení pánve na pravé straně kraniálně a mírnému shiftu hrudníku doprava. Během stejné fáze LDK dochází k mírnému shiftu pánve doleva. Na obou DK ve stejné fázi dochází k mírné valgizaci kotníků.

### 5.2.2 *Vyšetření hypermobility*

Vyšetření hypermobility bylo provedeno pomocí Beighton score. U pacientky byla nalezena pozitivní pouze hyperextenze loketního kloubu bilaterálně. Výsledné skóre je tedy 2/9.

Skóre, od kterého je jedinec považován jako hypermobilní, je pro dívky stanoveno na  $\geq 5$  (Negrini et al., 2018, s. 34). Pacientka není hypermobilní.

### 5.2.3 *Vyšetření dechového stereotypu*

Při aspekčním vyšetření je hrudník stranově asymetrický, je patrný shift hrudníku směrem doprava. Dechová vlna začíná v abdominální oblasti a pokračuje kraniálně. Při klidném dýchání nedochází k viditelnému zapojování pomocných nádechových svalů.

Palpačně jsou dechové exkurze nejvýraznější v oblasti dolních žeber, především vlevo. V apikálních oblastech jsou exkurze minimální bez zjevné stranové asymetrie. Dorzálně jsou exkurze v oblasti konkavity menší než v oblasti gibbu.

Rozvíjení hrudníku bylo dále změřeno pomocí pásové míry v úrovni axilární, mezosternální a xiphosternální, a to při klidovém dýchání, při maximálním nádechu a maximálním výdechu. Změřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 4.

	Axilární	Mezosternální	Xiphosternální
V klidu	86,5-87	86-87	75-75,5
Maximální nádech	91	89	76
Maximální výdech	85,5	85,5	74

Tabulka 4 - Měření rozvíjení hrudníku 12. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.

#### 5.2.4 Vyšetření MIP a MEP

Síla dechových svalů byla vyšetřena pomocí přístroje MicroRPM. Měření MIP i MEP bylo provedeno vždy 3krát a jako výsledná hodnota byla využita nejvyšší naměřená hodnota (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 532-533).

	1. měření	2. měření	3. měření
MIP	70	82	73
MEP	65	74	63

Tabulka 5 – Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 12. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH<sub>2</sub>O

### **5.2.5 Terapie**

Cílem terapie bylo zvýšení síly dechových svalů, pružnosti hrudníku a korekce dechového stereotypu.

#### **5.2.5.1 Trénink s nádechovým trenažérem**

Pro trénink dechových svalů byl použit nádechový trenažér (PowerBreathe). Intenzita a frekvence tréninku byla nastavena dle příručky k tomuto trenažéru (čerpáno z: <https://respiration.cz/zdravotnicke-trenazery/27-powerbreathe-medic-plus-5060127403868.html>). Počáteční zátěž je zde doporučována jako 30 – 40 % MIP. Tato hodnota se pomocí převáděcí tabulky převede na hodnotu odporu, která je poté nastavena na trenažeru. U naší pacientky bylo 30% MIP rovno 20,6 cmH<sub>2</sub>O. Počáteční odpor byl tedy stanoven na úroveň 3.

V prvním týdnu byl tento odpor na trenažéru postupně zvyšován o půl otočky denně až na úroveň odpovídající 60% MIP. U naší pacientky se 60% MIP rovná 49,2 cmH<sub>2</sub>O a odpovídá úrovni odporu 6.

V druhém týdnu pak pacientka pokračovala cvičením s odporem odpovídajícím 60% MIP (úroveň 6).

Pacientka byla instruována k provádění 30 nádechů 2krát denně.

#### **5.2.5.2 Derotační dýchání dle Schrothové**

Do terapie bylo dále zařazeno derotační dýchání dle Schrothové. Zvolena byla pozice v tureckém sedu s použitím dvou tyčí. V této poloze pacientka prováděla 2 série 10 nádechů.

Pacientka současně dále pokračovala v terapii, kterou má dlouhodobě nastavenou fyzioterapeutem.

Pacientka byla instruována k zaznamenávání provedení cvičení do tabulky (Příloha 3).

## 5.3 Vyšetření 26. 3. 2024

### 5.3.1 Základní kineziologický rozbor

V rámci kineziologického rozboru byly vyšetřeny testy na flexibilitu páteře:

**Test lateroflexe páteře:** Při lateroflexi doprava byla naměřena vzdálenost daktylion-podlaha 42 cm, při lateroflexi doleva 37,2 cm.

**Ottova inklináční a reklinační zkouška:** Při předklonu dochází k prodloužení o 5 cm, při záklonu ke zkrácení o 2 cm.

### 5.3.2 Rozvíjení hrudníku

	Axilární	Mezosternální	Xiphosternální
V klidu	87,5-88	86-87	74-74,5
Maximální nádech	91	90	75
Maximální výdech	86	85	71

Tabulka 6 -Měření rozvíjení hrudníku 26. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.

### 5.3.3 Vyšetření MIP a MEP

	1. měření	2. měření	3. měření
MIP	86	95	91
MEP	70	75	76

Tabulka 7 - Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 26. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH<sub>2</sub>O.

### 5.3.4 *Terapie*

Z nově naměřených hodnot MIP byla stanovena úroveň odporu pro následující týdny. Nejvyšší naměřená hodnota MIP byla 95 cmH<sub>2</sub>O. Z této hodnoty bylo opět vypočítáno 60% a po přepočtu dle převáděcí tabulky byla úroveň odporu na trenažeru nastavena na 7. S touto úrovní odporu pacientka pokračovala s prováděním 30 nádechů 2krát denně. V rámci terapie proběhla také kontrola a zopakování cvičení derotačního dýchání.

## 5.4 **Vyšetření 22. 4. 2024**

### 5.4.1 *Základní kineziologický rozbor*

**Aspekce stoje:** Od minulého vyšetření se nejsou pozorovány významnější změny. Pouze shift hrudníku doprava je méně výrazný.

**Adams test:** Odpovídá minulému měření.

**Test lateroflexe páteře:** Při lateroflexi doprava byla naměřena vzdálenost daktylion-podlaha 46 cm, při lateroflexi doleva 39 cm.

**Ottova inklináční a reklináční zkouška:** Při předklonu dochází k prodloužení o 5 cm, při záklonu ke zkrácení o 4 cm.

**Thomayerova zkouška:** Negativní, pacientka položí na podlahu prsty, dlaně však v kontaktu s podložkou nejsou.

**Trendelenburgova zkouška:** Negativní bilaterálně.

**Podřep na 1 dolní končetině (DK):** Při podřepu jak na pravé tak levé DK se dostává koleno do valgozního postavení, váha více na mediálních stranách plosek. Nyní stabilní bilaterálně.

**Stereotyp flexe horních končetin (HKK):** Beze změny, odpovídá prvnímu vyšetření.

**Stereotyp abdukce HKK:** Stereotyp také bez výraznějších změn, nyní však PHK nepředbíhá, obě HKK vykonávají pohyb současně.

**Test flexe hlavy a trupu:** Beze změny od prvního vyšetření.

**Aspekce chůze:** Bez výrazných změn od prvního vyšetření.

### 5.4.2 Vyšetření dechového stereotypu

Stejně jako při prvním vyšetření je patrná stranová asymetrie hrudníku odpovídající přítomnosti hrudní křivky, shift hrudníku doprava je však o něco mírnější. Dechová vlna je také shodná s předchozím vyšetřením, a tedy postupuje od abdominální oblasti kraniálním směrem.

V palpačním nálezu přetrvávají minimální exkurze v apikálních oblastech. Ventrálně jsou exkurze stále nejvýraznější v oblasti levých dolních žebor, dorzálně přetrvávají výraznější exkurze v oblasti gibbu oproti konkávní straně.

Rozvíjení hrudníku bylo dále změřeno pomocí pásové míry v úrovni axilární, mezosternální a xiphosternální, a to při klidovém dýchání, při maximálním nádechu a maximálním výdechu. Jejich hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 8.

	Axilární	Mezosternální	Xiphosternální
V klidu	87	86,5-87	74,5-75
Maximální nádech	92	90	77
Maximální výdech	86	85	73,5

Tabulka 8. Měření rozvíjení hrudníku 22. 4. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.

### 5.4.3 Vyšetření MIP a MEP

	1. měření	2. měření	3. měření
MIP	111	107	110
MEP	82	96	105

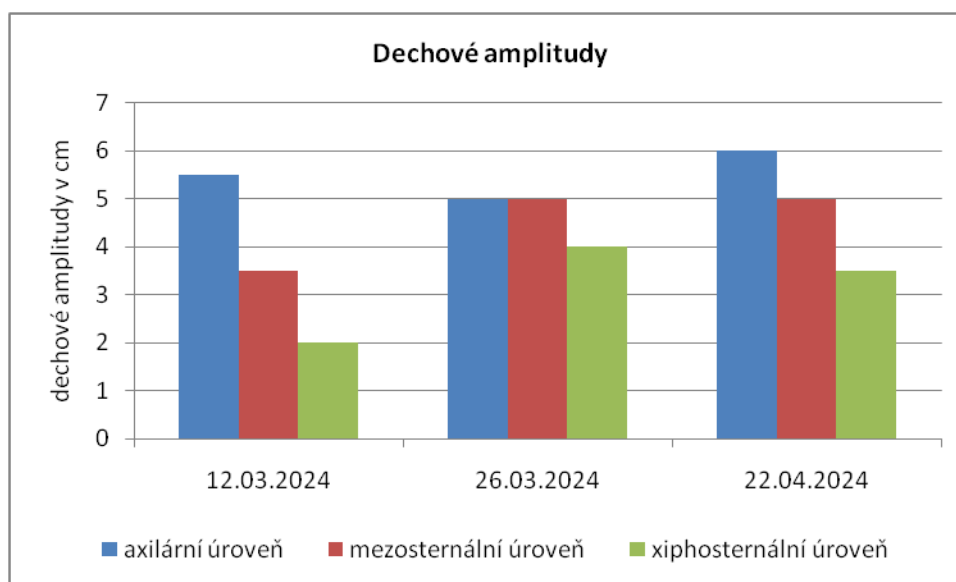
Tabulka 9. Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 22. 4. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH<sub>2</sub>O.

## 5.5 Porovnání výsledků měření

V základním kineziologickém rozboru nespatřujeme významné změny. V testech zaměřených na flexibilitu páteře vidíme pouze malé kolísání naměřených hodnot, což ale může být dáno také chybou měření.

### 5.5.1 Dechové amplitudy

Ačkoli při palpačním vyšetření nenacházíme výrazné změny, u dechových amplitud dochází k viditelnému zlepšení. Hodnoty rozdílů obvodu hrudníku při maximálním nádechu a výdechu jsou znázorněny v Grafu 1. Patrné je zvětšení dechových amplitud v jednotlivých úrovních. Spatřujeme také určitou tendenci k symetrizaci rozvíjení hrudníku v jednotlivých úrovních.



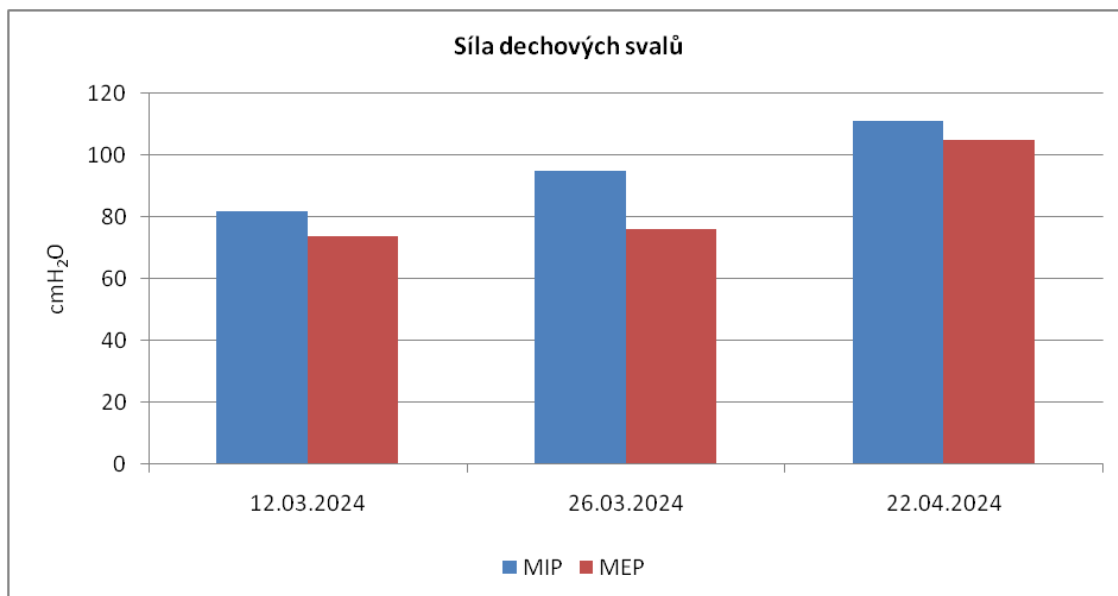
Graf 1 – Porovnání dechových amplitud.

### 5.5.2 Síla dechových svalů

Síla dechových svalů, která byla vyšetřována pomocí MIP a MEP, také dosahuje patrného zlepšení. S přihlédnutím k referenčním hodnotám MIP a MEP (uvedeny v Tabulce 2 v kapitole *Funkce dechových svalů*) dosahuje pacientka zlepšení MIP na horní hranici normy. Původní hodnota MIP se nacházela lehce pod průměrnou hodnotou.

Hodnota MEP se na počátku nacházela pod hranicí normy. V závěrečném měření hodnota MEP dosahuje průměru, který je určen pro dívky starší 12 let.





**Graf 2** – Porovnání hodnot maximálních inspiračních a expiračních tlaků (MIP a MEP).

## 6 DISKUZE

### 6.1 Diskuze k teoretické části

#### 6.1.1 Souvislost respiračních funkcí a strukturálních parametrů

Skolióza je deformitou páteře s vlivem na tvar a mechaniku hrudního koše. Vzhledem k blízkému vztahu mezi deformitou páteře a hrudníku skolióza sekundárně ovlivňuje mimo jiné kardiopulmonální soustavu.

Mechanismus působení skoliózy na respirační funkce je komplexní a liší se v závislosti na věku pacientu při nástupu skoliózy a také na tom, jak dlouho je deformita u pacienta přítomna (Tsiligianis & Grivas, 2012).

Jak je uvedeno v kapitole *Patofyziologie a vliv skoliózy na respirační funkce* přítomnost deformity páteře a hrudníku může způsobit nejen restrikcii plicního objemu, jak se běžně udává, ale také obstrukci dýchacích cest nebo asymetrickou distribuci ventilace a perfuze (Tsiligianis & Grivas, 2012; McPhail et al., 2015, Farrell & Garrido, 2018; Redding et al., 2008). Skolióza dále ovlivňuje mobilitu hrudního koše, konfiguraci dechových svalů a dechový vzorec. U skolióz s časným nástupem dochází také k ovlivnění růstu a vývoje plic. Z tohoto důvodu jsou pacienti s kongenitální skoliózou ohroženi vznikem mnohem závažnějšího dechového omezení, než pacienti s AIS, u nichž byl vývoj plic dokončen před nástupem deformity (Lin et al., 2019a).

Autoři několika studií studovali souvislost mezi omezením plicních funkcí a strukturálními parametry křivky. Nejčastěji je studována korelace s velikostí Cobbova úhlu. Podle Tsiligiannis & Grivas (2012) jsou abnormality v plicních funkcích patrné u pacientů s velikostí křivky 50–60° dle Cobba. Snížená TLC je asociována s křivkami většími než 70° dle Cobbaa zvýšené riziko kardiorepiračního selhání mají pacienti s velikostí křivky nad 90° dle Cobba. Autoři studií se na tomto tvrzení podle Tsiligiannis & Grivas (2012) obecně shodují, přesto však existují studie, jejichž výsledky s tímto rozdělením v souladu nejsou.

Newton et al. (2005) ve studii s 631 pacienty s AIS sice pozoruje negativní korelaci mezi hodnotou TLC a velikostí křivky, avšak ani u křivek větších než 80° dle Cobba nepozoruje pokles TLC pod hranici 80 % predikované hodnoty tedy pod hranici normy. Domníváme se, že tento výsledek je pravděpodobně ovlivněn tím, že v této studii nebylo pro výpočet predikovaných hodnot zohledněno snížení tělesné výšky vlivem skoliózy. Tímto způsobem může docházet k podcenění dechového omezení, proto je také doporučováno pro výpočet predikovaných hodnot používat např. rozpětí paží (Redding, 2014).

Naopak studie Abdelaal et al. (2018) spatřuje určité omezení plicních funkcí také u pacientů s velikostí křivky menší než 20° dle Cobba. Jejich plicní funkce se nacházely těsně pod hranicí 80% predikované hodnoty a v porovnání s hodnotami zdravých vrstevníků byly statisticky významně menší. Výsledky této studie tedy ukazují, že i u asymptomatických pacientů s lehkou skoliózou může být tendence ke vzniku mírného restriktivního omezení (Abdelaal et al., 2018). U pacientů s lehkou skoliózou však nebyla pozorována korelace mezi velikostí křivky a hodnotami plicních funkcí, tato korelace je pozorována až u pacientů s více než 35° dle Cobba (Kan et al., 2023; Tsiligiannis & Grivas, 2012). Jako možné zdůvodnění dechového omezení pacientů s mírnou skoliózou je tak zvažována dysfunkce dechových a periferních svalů či fyzická dekompenzace. Nicméně přesný důvod vzniku dechového omezení u těchto pacientů nebyl objasněn (Abdelaal et al., 2018).

Z metaanalýzy Kan et al. (2023), která zjišťovala, zda dechové omezení souvisí s deformitou páteře a hrudníku u pacientů s AIS, vyplývá, že mezi velikostí hrudní křivky a parametry plicních funkcí (FVC, FEV1, FEV1/FVC a TLC) existuje negativní lineární korelace. Výsledky dále ukazují významnou negativní korelaci mezi rotací vrcholových obratlů s FVC a TLC, a naopak pozitivní korelaci mezi velikostí kyfózy a hodnotami FVC a FEV1.

Studie zabývající se tímto vztahem u pacientů s kongenitální skoliózou také naráží na negativní korelaci mezi velikostí hrudní křivky a hodnotami FVC, FEV1 a TLC. Na rozdíl od výše zmíněné metaanalýzy zabývající se AIS u pacientů s kongenitální skoliózou pozorována korelace velikosti křivky s poměrem FEV1/FVC (Lin et al., 2019a). Tato rozdílná zjištění mohou být podle našeho názoru ovlivněna rozdílnou etiologií a patogenezií AIS a kongenitální skoliózy, ale také rozdílným počtem probandů ve zmíněných studiích. Lin et al. (2019a) sledoval pouze 60 pacientů, kdežto metaanalýza Kan et al. (2023) porovnávala výsledky 27 studií s celkovým počtem 3162 probandů.

Nicméně i mezi studii zabývajícími se pacienty s AIS existují rozdíly a výsledky některých autorů (Kempen et al., 2022) závislost mezi velikostí křivky a FEV1/FVC nepotvrzují. Tyto rozpory nás přivádí k tomu, že funkce respiračního systému je ovlivňována komplexně a nelze ji vztáhnout pouze k jednomu strukturálnímu parametru, který postihuje jen jednu ze 3 anatomických rovin a navíc bez znalosti dalších faktorů jako je např. funkce dechových svalů, či míra fyzické aktivity. Přesto výsledky těchto studií (Kan et al., 2023; Kempen et al., 2022; Lin et al., 2019a) a mnohých dalších ukazují důležitost prevence či minimalizace progresu deformity tím snížením rizika vzniku závažného dechového omezení.

Ač nelze ze strukturálních parametrů deformity odhadovat přítomnost či závažnost dechových omezení, na což upozorňuje Redding et al. (2011), z výsledků studií vyplývají některé charakteristiky deformity, které jsou spojeny s horšími plicními funkcemi. Například výskyt omezení restriktivního charakteru je spojen s hrudními křivkami, které jsou větší než 70° dle Cobba, zahrnují více než 7 obratlů, jsou umístěny kranálně anebo jsou výrazně rotované, a to zejména na úrovni Th8 a Th9 (Tsiligiannis & Grivas, 2012; Takahashi et al., 2007). U pacientů s kongenitální skoliózou je dalším faktorem spojeným s výskytem restriktivní dechové poruchy přítomnost žebních anomálií (Lin et al., 2019a; Xue et al., 2015). Výskyt obstrukce je pak spojen s křivkami, u nichž je vyhlazená hrudní kyfóza anebo jsou obratle výrazněji rotované (Farrell & Garrido, 2018; Barrios et al., 2005).

Domníváme se, že tyto charakteristiky by mohly sloužit pro určení pacientů s vyšším rizikem výskytu dechového omezení, u kterých by bylo vhodné provést vyšetření plicních funkcí a včas zahájit léčbu. Dechové omezení bez ohledu na závažnost nebo důvod vzniku může negativně ovlivňovat toleranci zátěže, zapojování pacienta do fyzických aktivit a kvalitu života (Rafferty et al., 2023). Kan et al. (2023) tak doporučují u pacientů se suspektním dechovým omezením provádět nejen spirometrické, ale také zátěžové vyšetření, které dokáže odhalit omezení, jež nejsou vyjádřena při klidovém vyšetření. V případě, že skolióza progreduje, doporučují zátěžová vyšetření provádět pravidelně. Otázkou ale je, do jaké míry je toto doporučení realizovatelné v praxi, zda by na tato vyšetření existovala dostatečná kapacita.

### ***6.1.2 Dechové pohyby hrudníku a funkce dechových svalů***

Protože deformita páteře ovlivňuje tvar hrudního koše, je předmětem několika studií také to, jak jsou ovlivněny pohyby žeberv průběhu dechového cyklu. Autoři těchto studií se však neshodují na jednoznačném výsledku. Leong et al. (1999) a Kotani et al. (2004) udávají, že pacienti s AIS mají dechové pohyby hrudníku signifikantně redukováné oproti kontrolní skupině. Naopak ve studii Chu et al. (2006) nebyl mezi pacienty s AIS a kontrolní skupinou pozorován žádný signifikantní rozdíl. Všechny 3 výše zmíněné studie sledovaly pacienty s pravostrannými hrudními křivkami, jejichž průměrná velikost byla obdobná, a to 50–60° dle Cobba.

Odlišnosti mezi těmito studii se nachází v použité metodice. Leong et al. (1999) snímal pohyby hrudníku pomocí 4 infračervených kamer a vyšetření probíhalo vsedě. Kotani et al. (2004) a Chu et al. (2006) vyšetřovali pomocí dynamické magnetické rezonance (MRI) v supinační poloze, v těchto studiích se však lišil způsob měření. Pohyby horní části hrudníku byly ve studii Chu et al. (2006) analyzovány v úrovni carina tracheae a v dolní části hrudníku v úrovni vrcholového obratle křivky. Kotani et al. (2004) pohyby hrudníku hodnotil v úrovni arteria pulmonalis a v úrovni vrcholu brániční klenby. Toto rozdílné hodnocení částečně vysvětluje odlišné výsledky. Zajímavé ovšem je, že na výsledcích se shodují ty studie, jejichž způsob vyšetření se lišil jak použitou metodou, tak polohou při vyšetření (Leong et al., 1999; Kotani et al., 2004).

Co se týče porovnání exkurzí hrudního koše mezi konvenxní a konkávní stranou, asymetrii nachází pouze Leong et al. (1999). Podle jeho výsledků vykonají žebra na konkávní straně větší pohyb než na konxevní. Ani jedna ze studií měřících pomocí MRI významnou stranovou asymetrii nenalézá (Kotani et al., 2004; Chu et al., 2006). Domníváme se, že tyto výsledky mohou být ovlivněny tím, že toto vyšetření probíhá v supinační poloze, čímž je rozvíjení hrudníku pozměněno. Chu et al. (2006) také dodávají, že pro dosažení závěru ohledně dechových pohybů hrudníku je třeba stanovit jednotnou metodiku vyšetření.

Různými metodami byla sledována také funkce a aktivita dechových svalů. Studie, které pro svá vyšetření používaly dynamickou MRI, udávají, že exkurze bránice u pacientů s AIS nejsou významně menší než u zdravých jedinců a že se nevyskytuje významný rozdíl ve velikosti exkurzí mezi konvexní a konkávní stranou (Kotani et al., 2004; Chu et al., 2006). Giordano et al. (1997) pomocí scintigrafie zjišťuje menší exkurze bránice na konkávní straně křivky. Mohammadi et al. (2014) při sledování aktivity bránice pomocí elektromyografie (EMG) zjišťuje, že její aktivita je nižší na konkávní straně křivky. Nejednostnost výsledků může být opět způsobena růzností vyšetřovacích metod. Vyšetření pomocí MRI či scintigrafie nám umožňuje posoudit exkurze bránice i hrudníku, nicméně neumožňuje vyšetření v situaci, která by se podobala těm, ve kterých se pacient běžně nachází. Vyšetření pomocí EMG naproti tomu nedává přímé informace o velikosti exkurzí, ale může nám pomoci lépe poznat jaká je u pacienta funkce dechových svalů v průběhu aktivity. Mohammadi et al. (2014) testoval dechové svaly v průběhu zátěžového testu na ergometru. Zjišťuje také větší unavitelnost dechových svalů na obou stranách křivky a podává tak informaci o tom, jak svaly fungují při dlouhodobější aktivitě a ne pouze v rámci několika dechových cyklů.

Mohammadi et al. (2014) dále zjistil, že na konkávní straně křivky je snižená aktivita nejen bránice ale také vnějších mezižeberních svalů. Tyto výsledky podle nás ukazují na důležitost práce s dechovým stereotypem u pacientů se skoliózou a to jak z důvodu, že asymetrická aktivita svalů, by mohla přispívat k progresi deformity, tak proto, aby byla umožněna co možná nejefektivnější ventilace a pacient tak nebyl omezován v denních činnostech a sportovních aktivitách.

### 6.1.3 *Aerobní kapacita a fyzická aktivita*

U pacientů se skoliózou jsou spatřovány limitace také v zátěži. Při zátěžovém vyšetření se mohou projevit dechová omezení, která při spirometrickém vyšetření nemusí být patrná (Tsiligiannis & Grivas, Barrios et al., 2005).

Zátěžové testy ukazují sníženou toleranci k maximální zátěži i u pacientů, kteří mají klidové spirometrické hodnoty srovnatelné s hodnotami zdravých jedinců (Barrios et al., 2005). Barrios et al. (2005) provedl zátěžové vyšetření u 37 dívek s AIS, jejichž velikost Cobbova úhlu byla 20–45° a u 10 zdravých dívek, v obou skupinách byl průměrný věk 13 let. Všechny dívky v této studii se pravidelně účastnily pouze tělocviku ve škole v rozsahu 2 hodin 2krát týdně, žádná z nich nevykonávala sport na závodní úrovni. Hodnoty plicních funkcí v klidu byly v obou skupinách srovnatelné. Nicméně v zátěži se u pacientek s AIS objevuje významné omezení oproti kontrolní skupině. Nejvýraznější omezení bylo spatřeno v maximální ventilační kapacitě (VE), která u pacientek s AIS v průměru dosáhla hodnoty 68,9 l/min a u kontrolní skupiny 82,3 l/min. Hodnota VE se snižovala s rostoucí velikostí křivky. U pacientek byla dále zjištěna vyšší dechová frekvence a nižší VO<sub>2</sub>max. Autoři dále posuzovali efektivitu ventilace pomocí poměru VE/VO<sub>2</sub>max. Hodnota tohoto poměru byla významně vyšší u pacientů s AIS, což ukazuje na sníženou efektivitu jejich ventilace oproti kontrolní skupině. Snížená efektivita ventilace spolu s menší ventilační kapacitou se tak jeví jako možná příčina zátěžového omezení (Barrios et al., 2005).

Názory na možnou příčinu omezení pacientů s AIS se však velmi liší. Koumbourlis (2006) tvrdí, že u pacientů s lehkou skoliózou je omezení způsobeno spíše dekondicí než limitací ze strany dechového systému. Toto však popírají výsledky výše zmíněné studie Barrios et al. (2005), kde je u pacientů s AIS patrná limitace i přes stejnou úroveň aktivity, jakou měla kontrolní skupina. Stejně tak Martinez-Llorens et al. (2010) svými výsledky dokazují, že dekondice není samostatnou příčinou této limitace. Podle této studie je dominantním faktorem svalová dysfunkce. U pacientů s AIS nachází sníženou sílu i vytrvalost dechových svalů a také sníženou svalovou sílu na dominantních i nedominantních končetinách. Předpokládají, že pokud by byla snížená svalová síla způsobena dekondicí, byla by svalová síla výrazněji snížena na nedominantní horní končetině. Snížení však bylo proporcionální mezi všemi svalovými skupinami. Příčiny této svalové dysfunkce nejsou známy. Autoři předpokládají, že roli mají např. hormonální vlivy.

Jsou však také studie, které ukazují, že pacienti s AIS tráví oproti zdravým jedincům více času u počítače a méně času se věnují sportovním aktivitám (Amaricai et al., 2020). Pilotní studie Youssef et al. (2021) zjišťuje, že míra zapojování se do sportovních aktivit klesá spolu s rostoucí velikostí křivky. Předpokládá, že tento trend může být způsoben tím, že pacienti s většími křivkami mají větší funkční omezení. Tito pacienti udávají vyšší dušnost v průběhu aktivit a mají nižší kvalitu života spojenou se zdravím (Youssef et al., 2021). Tímto však vzniká „začarovaný kruh“, kdy se zatěžová limitace, ať už je dekonidice její primární příčinou či nikoliv, dále prohlubuje vlivem snížené aktivity.

Proto je také doporučováno, aby se pacienti s AIS zapojovali do sportovních aktivit nejen z důvodu zvyšování aerobní kapacity, ale také kvůli benefitům v oblasti neuromotorické kontroly či psychického zdraví (Negrini et al., 2018, s. 27–28).

#### **6.1.4 Léčba**

V léčbě skoliózy se uplatňuje konzervativní a operační léčba. V rámci konzervativní léčby se u pacientů využívá zejména fyzioterapie a v indikovaných případech také korzetoterapie (Repko, 2012).

Primárním cílem korzetoterapie je zabránění další progresi křivky a udržení rovnovážného postavení trupu (Repko, 2012, Koumbourlis, 2006). Pokud se zaměříme na její efekt na respirační funkce, bylo zjištěno, že při jejím nasazení vznikají projevy charakteristické pro restriktivní poruchy (Yagci et al., 2019). Restrikce přítomná při nasazené ortéze většinou nebývá klinicky významná a pacienty je dobře tolerována. Nicméně nemusí být tolerována pacienty, u kterých je již vyvinuté závažné restriktivní omezení (Koumbourlis, 2006).

Z dlouhodobějšího hlediska je pokles plicních funkcí u korzetovaných pacientů patrný pouze v přídatě, že je korzetoterapie jedinou léčbou, která je těmto pacientům poskytována (Gao et al., 2019; Athanasopoulos, 1999). Pokud je korzetoterapie doplněna cvičením PSSE (Gao et al., 2019) nebo aerobním tréninkem (Athanasopoulos, 1999) je možné dosáhnout, i přes restriktivní působení ortézy, významného zlepšení plicních funkcí.



Cílem operační léčby je korekce křivky nebo zabránění či zpomalení její progresse. Korekce křivky však nevede k výraznému zlepšení plicních funkcí. Podle současné evidence by tedy bylo odpovídající stanovit jako hlavní cíl operace ve vztahu k dechové problematice zachování plicních funkcí na předoperační úrovni a ne nutně jejich zlepšení. Přestože operační korekcí křivky dochází k omezení pohybů žeber a páteře, progresí křivky by bylo v dlouhodobém měřítku dosaženo mnohem výraznějšího dechového omezení (Koumbourlis, 2006).

Podstoupení operace však není bez rizik, ač nejsou komplikace příliš časté a objevují se asi jen v 0,1 % případů, je potřeba je mít na paměti. Pacienti před operací podstupují komplexní vyšetření, jehož součástí je i vyšetření respiračních funkcí (Repko, 2012). Nízké hodnoty respiračních funkcí a MIP a MEP jsou spojeny s vyšším rizikem dechových komplikací v pooperační fázi (Tsiligiannis & Grivas, 2012).

V prvních dvou letech po operaci, zejména předním přístupem, dochází k poklesu plicních funkcí (Lee et al., 2016) a krátce po operaci také k poklesu síly dechových svalů (Jasiewicz et al., 2022). Negrini et al. (2018, s. 25) proto doporučuje v předoperační fázi zařadit aerobní trénink.

Bylo nalezeno celkem 13 studií, jež zjišťují efekt různých cvičebních metod na respirační funkce u pacientů se skoliózou. Nebyla nalezena žádná studie týkající se kongenitální skoliózy, všechny se tedy zabývají pouze AIS. Tento výsledek do jisté míry odpovídá tomu, že AIS je nejčastěji se vyskytující formou skoliózy. Myslíme si ale, že by bylo vhodné ověřit efektivnost těchto metod i pacientů s kongenitální skoliózou, a to i z důvodu, že tito pacienti jsou ohroženi vznikem závažnějšího dechového omezení než pacienti s AIS, jak již bylo zmíněno.

Přes velkou pestrost jednotlivých metodik, většina z nich ukazuje významné pozitivní ovlivnění plicních funkcí, síly dechových svalů, funkční kapacity, dechových amplitud, či velikosti rotace trupu. Nalezené studie jsme hrubě rozdělili do 4 skupin podle druhu jejich intervence (*viz kapitola Respirační fyzioterapie*).

Z parametrů plicních funkcí udávají autoři zlepšení nejčastěji FVC a FEV1 (Amaricai et al., 2020; Moramarco, 2016; Alves et al., 2006; Gao et al., 2019; Basbug et al., 2023; Kim & Park, 2017; Xavier et al., 2020; Qi et al., 2022; Kim et al., 2015; Athanasopoulos, 1999). Délka intervence se v těchto studiích pohybuje od jednoho týdne (Moramarco, 2016) do 24 týdnů (Gao et al., 2019). Míra zlepšení se nejvíce jako závislá na délce intervence (Rafferty et al., 2023).

Ukazuje se také, že zlepšení respiračních parametrů lze dosáhnout různými metodami, přestože každá působí trochu jiným mechanismem. Metody, které využívají specifické dechové techniky a PSSE pracují s úpravou dechového stereotypu, posturální korekcí, zaměřují se také na flexibilitu páteře a mobilitu hrudníku (Berdishevsky et al., 2016; Moramarco et al., 2016; Rafferty et al., 2023). Některé studie tak ukazují, že díky těmto metodám dochází u pacientů také ke zvětšení dechových amplitud (Moramarco et al., 2016; Rrecaj-Malaj et al., 2020), zvětšení flexibility páteře (Rrecaj-Malaj et al., 2020) či ke zmenšení ATR (Moramarco et al., 2016; Borysov & Borysov, 2012, Rrecaj-Malaj, 2020).

Výraznějšího zlepšení plicních funkcí lze pak dosáhnout, pokud jsou tyto metody doplněny tréninkem dechových svalů (Basbug et al., 2023; Kim & Park, 2017).

Zlepšení dechových parametrů dosahují však také autoři, jejichž programy se cíleně nezaměřují na posilování dechových svalů nebo korekci deformity a zařazují pouze aerobní trénink (Alves et al., 2006; Athanasopoulos, 1999; Alves & Avanzi, 2016). Těmito programy je tak zvyšována celková kondice, dochází k zátěžové adaptaci, a tedy i ke zvýšení plicních objemů a zvýšení síly dechových svalů (Alves & Avanzi, 2016).

Poslední skupina studií dosahuje pozitivního ovlivnění plicních funkcí odporovým tréninkem či cvičením na labilních plochách a jejich mechanismus působení je vysvětlován cílením na posílení bránice a břišních svalů (Qi et al., 2022; Kim et al., 2015). Odporovým tréninkem lze dokonce zvýšit efekt aerobního tréninku (Xavier et al., 2020).

Pokud se zaměříme na otázku, u jakých pacientů a jakou formou respirační fyzioterapii provádět, Koumbourlis (2006) tvrdí, že u pacientů s lehkou až středně těžkou skoliózou není třeba provádět specifickou respirační terapii a že hlavním cílem by zde mělo být zabránění nebo zpomalení progresu deformity. Většina autorů se pak shoduje na tom, že zaměření se na zlepšení plicních funkcí a celkové kondice je vhodné v předoperační fázi (Negrini et al., 2018, s. 25; Alves et al., 2006). S těmito tvrzeními souhlasíme, avšak soudíme, že zejména práce s dechovým stereotypem např. pomocí techniky derotačního dýchání by měla být součástí terapie každého pacienta se skoliózou bez ohledu na velikost jeho křivky.

## 6.2 Diskuze k praktické části

U pacientky vidíme po 6 týdnech cvičení výrazné navýšení hodnot MIP a MEP. Hodnota MIP se zvýšila z 88 na 111 cmH<sub>2</sub>O a hodnota MEP ze 74 na 105 cmH<sub>2</sub>O. Podobné výsledky byly zjištěny ve studii Basbug et al. (2023) (viz Příloha 1). V této studii pacienti taktéž prováděli trénink dechových svalů s nádechovým trenažérem. Podobných výsledků pacientka S.P. dosáhla i přes výrazně větší velikost křivky, než měli pacienti ve zmíněné studii. Usuzujeme, že tyto výsledky mohou být podmíněné mimo jiné tím, že pacientka S.P. prováděla trénink dechových svalů na vyšší intenzitě, než pacienti v dané studii. V této studii byl trénink dechových svalů prováděn na intenzitě 30% MIP, kdežto naše pacientka cvičila převážně na intenzitě 60% MIP. Zlepšení mohlo dále podpořit to, že pacientka navíc kromě indikovaného cvičení pokračovala v tréninku atletiky.

Pozitivních výsledků bylo u naší pacientky dosaženo také navzdory kratší době sledování a také méně frekventovaným kontrolám hodnot MIP. Basbug et al. (2023) přeměřovali hodnotu MIP každý týden a intervence trvala celkem 8 týdnů. My jsme novou hodnotu MIP stanovovali s ohledem na časové možnosti pacientky pouze po druhém týdnu cvičení. Pacientka také na základě vyplněné tabulky ukazuje nižší kompliance než pacienti ve studii Basbug et al. (2023). Pacienti ve zmíněné studii splnili 98 % cvičebních jednotek. Pacientka S.P. splnila 79 % cvičebních jednotek v prvních 4 týdnech, což byla plánovaná délka intervence (viz Příloha 3). V následujících dvou týdnech již pacientka cvičení nezaznamenala, protože byla na atletickém soustředění. Na tomto soustředění u sebe nádechový trenažér neměla. Navzdory tomu, že nebyly odcvičeny všechny cvičební jednotky, je patrné výrazné zlepšení.

Z výsledků dosažených u pacientky S.P. soudíme, že výrazného zvýšení síly dechových svalů lze dosáhnout pomocí nádechového trenažeru v kombinaci s cvičením derotačního dýchání i u pacientů s těžkou idiopatickou skoliózou. Tyto výsledky by však bylo třeba ověřit na větším počtu pacientů.

Basbug et al. (2023) spolu se zvýšením síly dechových svalů zjišťuje také zlepšení plicních funkcí a v 6MWT. Tyto parametry však u pacientky S.P. vyšetřeny nebyly, a proto i zde je prostor pro rozvinutí výzkumu např. v diplomové práci.

Síla dechových svalů byla měřena i v jiných studiích s odlišným typem intervence. Zkoumán byl vliv tréninku HSSP a aerobního tréninku a odporového tréninku (Qi et al., 2022; Alves & Avanzi, 2016; Xavier, 2020). Jeví se však, že zlepšení MIP a MEP v těchto studiích nejsou tak výrazná jako při cíleném tréninku dechových svalů.

Zlepšení je u pacientky S.P. patrné také při měření dechových amplitud. Tento parametr měřil také Moramarco et al. (2016). V této studii však bylo měřeno pouze v úrovni xiphosternální a bylo zjištěno zlepšení ze 7,5 cm na 8,8 cm, tedy o 1,3 cm. Pacientka S.P. v této úrovni dosáhla zvýšení dechové amplitudy o 1,5 cm. Podobného zlepšení po intervenci bylo zjištěno také ve studii Rrecaj-Malaj et al. (2020), který však měřil dechové dechové amplitudy ve třech úrovních, podobně jako bylo měřeno u naší pacientky. Srovnatelné zlepšení bylo tak dosaženo po intervencích s různou délkou, a to od 1 týdne (Moramarco et al., 2016) do 24 týdnů (Rrecaj-Malaj et al., 2020).

## ZÁVĚR

Bakalářská práce shrnuje dostupné poznatky o dechové problematice u pacientů s idiopatickou a kongenitální skoliózou.

Bylo zjištěno, že nejčastěji se autoři studií shodují na tom, že abnormality v plicních funkcích se objevují u pacientů s velikostí křivky 50–60° dle Cobba, snížená TLC u pacientů s křivkami většími než 70° dle Cobba a zvýšené riziko kardiorespiračního selhání mají pacienti s velikostí křivky nad 90° dle Cobba. Nicméně určité dechové omezení bylo pozorováno i u pacientů s menšími křivkami. Snížení plicních funkcí koreluje také s dalšími strukturálními parametry jako je velikost rotace obratlů či velikost hrudní kyfózy a je ovlivněno také lokalizací křivky a počtem obratlů zahrnutých v křivce a v případě kongenitální skoliózy také přítomností anomálií žeber.

Významné riziko vzniku restrikce mají pacienti, u nichž se skolióza objeví před 10 rokem věku. U těchto dětí deformita ovlivní růst a vývoj hrudníku a plic. Diskutován je také vliv deformity na kineziologii hrudníku, v této oblasti jsou však výsledky studií nejednoznačné.

Ukazuje se, že pacienti se skoliózou vykazují limitace v zátěži, a to dokonce i v případě, že jejich klidové respirační funkce nejsou významně omezeny. Příčina omezení v zátěži nebyla zatím zcela objasněna.

Z hlediska léčby skoliózy se neukazuje, že by korzetoterapie měla zásadní negativní vliv na respirační funkce a pokud je korzetoterapie kombinována s fyzioterapií, je možné dosáhnout jejich významného zlepšení. Operační korekce křivky podle dostupných studií nevede k významnému zlepšení plicních funkcí. V prvních dvou letech po operaci mohou být plicní funkce dokonce sníženy a až po této době se plicní funkce dostávají na úroveň před operací. Operace tak slouží spíše k zabránění progresu dechového omezení.

Respirační fyzioterapie má u pacientů se skoliózou roli jak v ovlivnění či prevenci dechového a funkčního omezení, tak také v ovlivnění progresu deformity (např. pomocí techniky derotačního dýchání). Pozitivního ovlivnění respiračních funkcí lze dosáhnout různými metodami, avšak jejich efektivnost byla v nalezených studiích studována pouze u pacientů s AIS. V rámci dalšího výzkumu by tak bylo vhodné se zaměřit také na pacienty s kongenitální skoliózou.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- ABDELAAL, Ashraf Abdelaal Mohamed, Ehab Mohamed Abo El Soad ABD EL KAFY, Mohamed Salah Eldien Mohamed ELAYAT, Mohamed SABBAHI a Mohamed Salem Saed BADGHISH, 2018. Changes in pulmonary function and functional capacity in adolescents with mild idiopathic scoliosis: observational cohort study. *Journal of International Medical Research* [online]. **46**(1), 381-391 [cit. 2023-06-30]. ISSN 0300-0605. Dostupné z: doi:10.1177/0300060517715375
- ALVES, Vera Lúcia Dos Santos, Roberto STIRBULOV a Osmar AVANZI, 2006. Impact of a Physical Rehabilitation Program on the Respiratory Function of Adolescents With Idiopathic Scoliosis. *Chest* [online]. American College of Chest Physicians, **130**(2), 500-505 [cit. 2023-09-05]. ISSN 0012-3692. Dostupné z: doi:10.1378/chest.130.2.500
- ALVES, Vera Lúcia dos Santos a Osmar AVANZI, 2016. Respiratory muscle strength in idiopathic scoliosis after training program. *Acta Ortopédica Brasileira* [online]. **24**(6), 296-299 [cit. 2024-04-27]. ISSN 1413-7852. Dostupné z: doi:10.1590/1413-785220162406120752
- AMARICAI, Elena, Oana SUCIU, Roxana Ramona ONOFREI, et al., 2020. Respiratory function, functional capacity, and physical activity behaviours in children and adolescents with scoliosis. *Journal of International Medical Research* [online]. **48**(4) [cit. 2023-03-11]. ISSN 0300-0605. Dostupné z: doi:10.1177/0300060519895093
- ATHANASOPOULOS, S., T. PAXINOS, E. TSAFANTAKIS, K. ZACHARIOU a S. CHATZICONSTANTINOIU, 1999. The effect of aerobic training in girls with idiopathic scoliosis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **9** (1), 36-40 [cit. 2024-03-23]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.1999.tb00204.x

- ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 2002-08-15, **166**(4), 518-624 [cit. 2023-10-21]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.166.4.518
- BARRIOS, Carlos, Cristina PÉREZ-ENCINAS, José Ignacio MARUENDA a Manuel LAGUÍA, 2005. Significant Ventilatory Functional Restriction in Adolescents With Mild or Moderate Scoliosis During Maximal Exercise Tolerance Test. *Spine* [online]. **30**(14), 1610-1615 [cit. 2023-03-14]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/01.brs.0000169447.55556.01
- BASBUG, Gozde, Hulya Nilgun GURSES, Melih ZEREN a Nuh Mehmet ELMADAG, 2023. Effects of inspiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and functional capacity in adolescents with idiopathic scoliosis. *Wiener klinische Wochenschrift* [online]. **135**(11-12), 282-290 [cit. 2023-10-01]. ISSN 0043-5325. Dostupné z: doi:10.1007/s00508-023-02197-1
- BERDISHEVSKY, Hagit, Victoria Ashley LEBEL, Josette BETTANY-SALTIKOV, et al., 2016. Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and Spinal Disorders* [online]. **11**(1) [cit. 2023-02-27]. ISSN 2397-1789. Dostupné z: doi:10.1186/s13013-016-0076-9
- BORYSOV, Maksym a Artem BORYSOV, 2012. Scoliosis short-term rehabilitation (SSTR) according to 'Best Practice' standards - are the results repeatable? *Scoliosis* [online]. **7** (1) [cit. 2023-10-04]. ISSN 1748-7161. Dostupné z: doi:10.1186/1748-7161-7 -1
- DURMALA, Jacek, Waldemar TOMALAK a Tomasz KOTWICKI, 2008. Function of the respiratory system in patients with idiopathic scoliosis: reasons for impairment and methods of evaluation. *Studies in health technology and informatics* [online]. Netherlands, **135**, 237-245 [cit. 2024-01-21]. ISSN 0926-9630. Dostupné z: databáze Medline Complete (EBSCOhost)

- DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Kineziologie: základy strukturální kineziologie*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-324-0.
- FARRELL, James a Enrique GARRIDO, 2018. Effect of idiopathic thoracic scoliosis on the tracheobronchial tree. *BMJ Open Respiratory Research* [online]. 2018-03-06, **5** (1) [cit. 2023-07-22]. ISSN 2052-4439. Dostupné z: doi:10.1136/bmjresp-2017-000264
- GAO, Chengfei, Yu ZHENG, Chunjiang FAN, Yan YANG, Chengqi HE a Mansang WONG, 2019. Could the Clinical Effectiveness Be Improved Under the Integration of Orthotic Intervention and Scoliosis-Specific Exercise in Managing Adolescent Idiopathic Scoliosis? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. **98**(8), 642-648 [cit. 2023-10-04]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000001160
- GIORDANO, A., M. L. CALCAGNI, L. FUSO, G. PAGLIARI, R. PISTELLI, G. PAGLIARI a R. PISTELLI, 1997. Evaluation of pulmonary ventilation and diaphragmatic movement in idiopathic scoliosis using radioaerosol ventilation scintigraphy. *Nuclear medicine communications* [online]. **18**(2), 105-111 [cit. 2024-04-08]. ISSN 0143-3636. Dostupné z: doi:10.1080/00006231-199702000-00003
- CHU, Winnie C. W., Albert M. LI, Bobby K. W. NG, Dorothy F. Y. CHAN, Tsz-ping LAM, Wynnie W. M. LAM a Jack C. Y. CHENG, 2006. Dynamic Magnetic Resonance Imaging in Assessing Lung Volumes, Chest Wall, and Diaphragm Motions in Adolescent Idiopathic Scoliosis Versus Normal Controls. *Spine* [online]. **31**(19), 2243-2249 [cit. 2023-09-25]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/01.brs.0000232822.74349.32
- JASIEWICZ, Barbara, Karina ROŻEK, Piotr KURZEJA, Edyta DASZKIEWICZ a Katarzyna OGRODZKA-CIECHANOWICZ, 2022. The Influence of Surgical Correction of Idiopathic Scoliosis on the Function of Respiratory Muscles. *Journal of Clinical Medicine* [online]. **11**(5) [cit. 2023-06-30]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm11051305



- JOHARI, Jochaimey, Mohd Ariff SHARIFUDIN, Azriani AB RAHMAN, Ahmad Sabri OMAR, Ahmad Tajudin ABDULLAH, Sobri NOR, Weii Cheak LAM a Mohd Imran YUSOF, 2016. Relationship between pulmonary function and degree of spinal deformity, location of apical vertebrae and age among adolescent idiopathic scoliosis patients. *Singapore Medical Journal* [online]. **57**(01), 33-38 [cit. 2022-11-26]. ISSN 00375675. Dostupné z: doi:10.11622/smedj.2016009
- KAPANDJI, I. A., 2004. The physiology of the joints. 2nd edition. Edinburgh: Churchill livingstone. ISBN 0 -443-01209-1.
- KAN, Mandy M. P., Stefano NEGRINI, Francesca DI FELICE, et al., 2023. Is impaired lung function related to spinal deformities in patients with adolescent idiopathic scoliosis? A systematic review and meta-analysis—SOSORT 2019 award paper. *European Spine Journal* [online]. **32**(1), 118-139 [cit. 2023-07-01]. ISSN 0940-6719. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-022-07371-z
- KATO, So, Jean-Christophe MURRAY, Mario GANAU, Yongyao TAN, Yasushi OSHIMA a Sakae TANAKA, 2019. Does Posterior Scoliosis Correction Improve Respiratory Function in Adolescent Idiopathic Scoliosis? A Systematic Review and Meta-analysis. *Global Spine Journal* [online]. **9** (8), 866-873 [cit. 2024-02-26]. ISSN 2192-5682. Dostupné z: doi:10.1177/2192568218811312
- KEMPEN, Diederik H. R., Johan L. HEEMSKERK, Gozde KAÇMAZ, Mark C. ALTENA, Herre J. REESINK, Joost W. VANHOMMERIG a Nienke W. WILLIGENBURG, 2022. Pulmonary function in children and adolescents with untreated idiopathic scoliosis: a systematic review with meta-regression analysis. *The Spine Journal* [online]. **22**(7), 1178-1190 [cit. 2022-11-21]. ISSN 15299430. Dostupné z: doi:10.1016/j .spinee.2021.12.011
- KOTANI, Toshiaki, Shohei MINAMI, Kazuhisa TAKAHASHI, et al., 2004. An Analysis of Chest Wall and Diaphragm Motions in Patients with Idiopathic Scoliosis Using Dynamic Breathing MRI. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* [online]. Philadelphia, PA: Lippincott, **29**(3), 298-302 [cit. 2023-09-26]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/01.BRS.0000106490.82936.89

- KIM, Min-Jae a Dae-Sung PARK, 2017. The effect of Schroth's three-dimensional exercises in combination with respiratory muscle exercise on Cobb's angle and pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *Physical Therapy Rehabilitation Science* [online]. 2017-09-30, **6** (3), 113-119 [cit. 2023-10-04]. ISSN 2287-7576. Dostupné z: doi:10.14474/ptrs.2017.6.3.113
- KIM, Jwa Jun, Gui Bin SONG a Eun Cho PARK, 2015. Effects of Swiss ball exercise and resistance exercise on respiratory function and trunk control ability in patients with scoliosis. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. **27**(6), 1775-1778 [cit. 2023-10-04]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.1775
- KOLÁŘ, Pavel, 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOUMBOURLIS, Anastassios C., 2006. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. **7** (2), 152-160 [cit. 2022-11-17]. ISSN 15260542. Dostupné z: doi:10.1016/j.prrv.2006.04.009
- LAGHI, Franco a Martin J. TOBIN, 2003. Disorders of the Respiratory Muscles. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 2003-07-01, **168**(1), 10-48 [cit. 2023-09-16]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.2206020
- LEE, Andy C. H, Mark A FEGER, Anuj SINGLA a Mark F ABEL, 2016. Effect of Surgical Approach on Pulmonary Function in Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients: A Systemic Review and Meta-analysis. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* [online]. United States: Copyright Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved, **41**(22), E1343-E1355 [cit. 2023-10-13]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0000000000001619

- LEHNERT-SCHROTH, Christa, 1992. Introduction to the Three-dimensional Scoliosis Treatment According to Schroth. *Physiotherapy* [online]. Elsevier BV, **78**(11), 810-815 [cit. 2023-07-14]. ISSN 0031-9406. Dostupné z: doi:10.1016/s0031-9406(10)60451-8
- LEONG, J. C. Y., W. W. LU, K. D. K. LUK a E. M. KARLBERG, 1999. Kinematics of the Chest Cage and Spine During Breathing in Healthy Individuals and in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. **24**(13), 1310-1315 [cit. 2023-09-26]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/00007632-199907010-00007
- LIN, Youxi, Jianxiong SHEN, Lixia CHEN, Wangshu YUAN, Hui CONG, Jinmei LUO a Kenny Yat Hong KWAN, 2019a. Cardiopulmonary Function in Patients with Congenital Scoliosis. *Journal of Bone and Joint Surgery* [online]. **101**(12), 1109-1118 [cit. 2023-09-26]. ISSN 0021-9355. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.18.00935
- LIN, Youxi, Haining TAN, Tianhua RONG, et al., 2019b. Impact of Thoracic Cage Dimension and Geometry on Cardiopulmonary Function in Patients With Congenital Scoliosis. *Spine* [online]. **44**(20), 1441-1448 [cit. 2023-03-14]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.00000000000003178
- LIN, Youxi, Erwei FENG, Jianxiong SHEN, et al., 2022. Influences of Thoracic Spinal Deformity on Exercise Performance and Pulmonary Function. *Spine* [online]. **47**(3), E107-E115 [cit. 2023-09-06]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.00000000000004161
- MACKEL, Charles E., Ajit JADA, Amer F. SAMDANI, James H. STEPHEN, James T. BENNETT, Ali A. BAAJ a Steven W. HWANG, 2018. A comprehensive review of the diagnosis and management of congenital scoliosis. *Child's Nervous System* [online]. **34**(11), 2155-2171 [cit. 2023-04-05]. ISSN 0256-7040. Dostupné z: doi:10.1007/s00381-018-3915-6

- MARTINEZ-LLORENS, J., M. RAMIREZ, M. J. COLOMINA, J. BAGO, A. MOLINA, E. CACERES a J. GEA, 2010. Muscle dysfunction and exercise limitation in adolescent idiopathic scoliosis. *European Respiratory Journal* [online]. 2010-07-31, **36**(2), 393-400 [cit. 2023-09-03]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi:10.1183/09031936.00025509
- MBAMALU, Emmanuel K, Julia HYACINTHE, Aaron HUI, Parsa TIRABADY, Leila ALVANDI a Jaime GOMEZ, 2023. Early Onset Scoliosis and Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Review of the Literature and Correlations With Pulmonary Dysfunction. *Cureus* [online]. **15**(11) [cit. 2024-02-19]. ISSN 2168-8184. Dostupné z: doi:10.7759/cureus.48900
- MCPHAIL, Gary L., Zarmina EHSAN, Sacha A. HOWELLS, et al., 2015. Obstructive Lung Disease in Children with Idiopathic Scoliosis. *The Journal of Pediatrics* [online]. **166**(4), 1018-1021 [cit. 2023-08-14]. ISSN 00223476. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpeds.2014.12.070
- MERCEDES, David, Maxime RAISON, Stéphanie PAUL, Olivier CARTIAUX, Christine DETREMBLEUR a Philippe MAHAUDENS, 2023. Locoregional lung ventilation distribution in girls with adolescent idiopathic scoliosis and healthy adolescents. The immediate effect of Schroth ‘derotational breathing’ exercise in a controlled-trial. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. 2023-05-04, **39**(5), 938-953 [cit. 2023-03-14]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2022.2033896
- MOHAMMADI, Pirayeh, Mohammad AKBARI, Javad SARRAFZADEH a Zahra MORADI, 2014. Comparison of respiratory muscles activity and exercise capacity in patients with idiopathic scoliosis and healthy individuals. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. 2014-04-29, **30**(8), 552-556 [cit. 2023-09-05]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.3109/09593985.2014.938382

- MORAMARCO, Marc, Maja FADZAN, Kathryn MORAMARCO, Amy HELLER a Sonia RIGHTER, 2016. The influence of short-term scoliosis-specific exercise rehabilitation on pulmonary function in patients with AIS. *Population research and policy review* [online]. **12**(1), 17-23 [cit. 2023-09-30]. ISSN 0167-5923. Dostupné z: doi:10.2174/1573396312666151117120514
- NEGRINI, Stefano, Sabrina DONZELLI, Angelo Gabriele AULISA, et al., 2018. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders* [online]. **13**(1) [cit. 2023-09-13]. ISSN 2397-1789. Dostupné z: doi:10.1186/s13013-017-0145-8
- NEWTON, Peter O., Frances D. FARO, Sohrab GOLLOGLY, Randal R. BETZ, Lawrence G. LENKE a Thomas G. LOWE, 2005. Results of Preoperative Pulmonary Function Testing of Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *The Journal of Bone & Joint Surgery* [online]. **87**(9), 1937-1946 [cit. 2023-09-25]. ISSN 0021-9355. Dostupné z: doi: 10.2106/JBJS.D.02209
- PARK, Joo-Hee, Hye-Seon JEON a Ha-Won PARK, 2018. Effects of the Schroth exercise on idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. **54**(3), 440-449 [cit. 2023-10-11]. ISSN 19739087. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.17.04461-6
- QI, Kexin, Haidong FU, Zhen YANG, Lingqi BAO, Yinxin SHAO a Zhao KAIFA, 2022. Effects of Core Stabilization Training on the Cobb Angle and Pulmonary Function in Adolescent Patients with Idiopathic Scoliosis. *Journal of Environmental and Public Health* [online]. 2022-7 -31, **2022**, 1-6 [cit. 2023-06-30]. ISSN 1687-9813. Dostupné z: doi:10.1155/2022/4263393
- RAFFERTY, Anthony, Neil FLEMING, Patrick KIELY, David MOCKLER a Sara DOCKRELL, 2023. Does exercise therapy improve pulmonary function in patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis? *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. 2023-06-03, **39**(6), 1095-1105 [cit. 2023-07-01]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2022.2034198

- RANU, Harpreet, Michael WILDE a Brendan MADDEN, 2011. Pulmonary function tests. *Ulster medical journal* [online]. Northern Ireland: The Ulster Medical Society, **80**(2), 84-90 [cit. 2023-09-20]. ISSN 0041-6193. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc3229853/>
- REDDING, Gregory J., 2014. Early Onset Scoliosis: A Pulmonary Perspective. *Spine Deformity* [online]. **2**(6), 425-429 [cit. 2023-09-05]. ISSN 2212134X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jspd.2014.04.010
- REDDING, Gregory, Kit SONG, Steve INSCORE, Eric EFFMANN a Robert CAMPBELL, 2008. Lung function asymmetry in children with congenital and infantile scoliosis. *The Spine Journal* [online]. **8**(4), 639-644 [cit. 2023-09-04]. ISSN 15299430. Dostupné z: doi:10.1016/j.spinee.2007.04.020
- REDDING, Gregory J., Jean-Paul PRAUD a Oscar Henry MAYER, 2011. Pulmonary Function Testing in Children with Restrictive Chest Wall Disorders. *Pediatric Allergy, Immunology, and Pulmonology* [online]. **24**(2), 89-94 [cit. 2023-09-16]. ISSN 2151-321X. Dostupné z: doi:10.1089/ped.2011.0080
- REDDING, Gregory, Oscar Henry MAYER, Klane WHITE, Viviana BOMPADRE, Julia EMERSON, Walter KRENGEL a Robert CAMPBELL, 2017. Maximal Respiratory Muscle Strength and Vital Capacity in Children With Early Onset Scoliosis. *Spine* [online]. **42**(23), 1799-1804 [cit. 2023-04-10]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0000000000002351
- REPKO, Martin, 2012. Diagnostika a terapie skolióz. *Medicína pro praxi* [online]. **9**(2), 70-73 [cit. 2023-08-17]. ISSN 1214-8687. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/>

- RIDDERBUSCH, Karsten, Alexander S. SPIRO, Philip KUNKEL, Benjamin GROLLE, Ralf STÜCKER a Martin RUPPRECHT, 2018. Strategies for Treating Scoliosis in Early Childhood. *Deutsches Ärzteblatt international* [online]. (115), 371-6 [cit. 2023-04-05]. ISSN 1866-0452. Dostupné z: doi:10.3238/arztebl.2018.0371
- ROKYTA, Richard, 2015. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4867-2.
- ROMBERG, Karin, Monika FAGEVIK OLSÉN, Gunilla KJELLBY-WENDT, Kerstin LOFDAHL HALLERMAN a Aina DANIELSSON, 2020. Thoracic mobility and its relation to pulmonary function and rib-cage deformity in patients with early onset idiopathic scoliosis: a long-term follow-up. *Spine Deformity* [online]. **8**(2), 257-268 [cit. 2023-03-14]. ISSN 2212-134X. Dostupné z: doi:10.1007/s43390-019-00018-y
- RRECAJ-MALAJ, Shkurta, Samire BEQAJ, Valbona KRASNIQI, Merita QOROLLI a Aleksandar TUFEKCIEVSKI, 2020. Outcome of 24 Weeks of Combined Schroth and Pilates Exercises on Cobb Angle, Angle of Trunk Rotation, Chest Expansion, Flexibility and Quality of Life in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Medical Science Monitor Basic Research* [online]. **26** [cit. 2023-07-01]. ISSN 2325-4416. Dostupné z: doi:10.12659/MSMBR.920449
- SPERANDIO, Evandro F., Anderson S. ALEXANDRE, Liu C. YI, Patrícia R. POLETTO, Alberto O. GOTFRYD, Milena C. VIDOTTO a Victor Z. DOURADO, 2014. Functional aerobic exercise capacity limitation in adolescent idiopathic scoliosis. *The Spine Journal* [online]. **14**(10), 2366-2372 [cit. 2023-09-03]. ISSN 15299430. Dostupné z: doi:10.1016/j.spinee.2014.01.041
- TAKAHASHI, Seiken, Nobumasa SUZUKI, Takashi ASAZUMA, Katsuki KONO, Toshiaki ONO a Yoshiaki TOYAMA, 2007. Factors of Thoracic Cage Deformity That Affect Pulmonary Function in Adolescent Idiopathic Thoracic Scoliosis. *Spine* [online]. **32**(1), 106-112 [cit. 2023-09-20]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/01.brs.0000251005.31255.25



- TSILIGIANNIS, Theofanis a Theodoros GRIVAS, 2012. Pulmonary function in children with idiopathic scoliosis. *Scoliosis* [online]. **7** (1) [cit. 2022-11-18]. ISSN 1748-7161. Dostupné z: doi:10.1186/1748-7161-7-7
- VERMA, Rahul, Jackie CHIANG, Hong QIAN a Reshma AMIN, 2019. Maximal Static Respiratory and Sniff Pressures in Healthy Children. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of the American Thoracic Society* [online]. **16**(4), 478-487 [cit. 2023-12-30]. ISSN 2329-6933. Dostupné z: doi:10.1513/AnnalsATS.201808-506OC
- WANG, Yunsheng, Yong HAI, Nan KANG, Jincai YANG, Qingjun SU, Yuzeng LIU, Li GUAN a Xianglong MENG, 2023. Long-Term Radiographic and Pulmonary Function Outcomes After Dual Growing-Rod Treatment for Severe Early-Onset Scoliosis. *Journal of Bone and Joint Surgery* [online]. **105**(12), 915-923 [cit. 2024-02-18]. ISSN 0021-9355. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.22.01088
- WANG, Wei Jun, Hiu Yan YEUNG, Winne Chiu-Wing CHU, Nelson Leung-Sang TANG, Kwong Man LEE, Yong QIU, Richard Geoffrey BURWELL a Jack Chun Yiu CHENG, 2011. Top Theories for the Etiopathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. **31**(1), S14-S27 [cit. 2024-03-27]. ISSN 0271-6798. Dostupné z: doi:10.1097/BPO.0b013e3181f73c12
- WEISS, Hans Rudolf, 1991. The effect of an exercise program on vital capacity and rib mobility in patients with idiopathic scoliosis. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)* [online]. Philadelphia, PA: Lippincott, **16**(1), 88-93 [cit. 2023-08-17]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: doi:10.1097/00007632-199101000-00016



- XAVIER, Vivian Bertoni, Osmar AVANZI, Bruno Derwood Mills Costa DE CARVALHO a Vera Lúcia dos Santos ALVES, 2020. Combined aerobic and resistance training improves respiratory and exercise outcomes more than aerobic training in adolescents with idiopathic scoliosis: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy* [online]. **66**(1), 33-38 [cit. 2023-03-11]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphys.2019.11.012
- XUE, Xuhong, Jianxiong SHEN, Jianguo ZHANG, et al., 2015. An analysis of thoracic cage deformities and pulmonary function tests in congenital scoliosis. *European Spine Journal* [online]. **24**(7), 1415-1421 [cit. 2023-09-27]. ISSN 0940-6719. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-014-3327-6
- YAGCI, Gozde, Gokhan DEMIRKIRAN a Yavuz YAKUT, 2019. In-brace alterations of pulmonary functions in adolescents wearing a brace for idiopathic scoliosis. *Prosthetics and Orthotics International* [online]. **43**(4), 434-439 [cit. 2023-06-30]. ISSN 0309-3646. Dostupné z: doi:10.1177/0309364619839856
- YOUSSEF, Michael, John SOLIMAN, Sarah BURROW, Waleed KISHTA, Nicole SIMUNOVIC, Andrew DUONG, Olufemi R. AYENI a Devin PETERSON, 2021. Does curve magnitude in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) affect frequency and quality of sport participation? A feasibility study. *Pilot and Feasibility Studies* [online]. **7**(1) [cit. 2023-03-14]. ISSN 2055-5784. Dostupné z: doi:10.1186/s40814-020-00745-4

## 7 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1 – Rozdělení dechových svalů (Dylevský, 2009, s. 155; Kapandji, 2004, s. 144).....	15
Tabulka 2 – Referenční hodnoty maximálních statických výdechových a nádechových tlaků (MIP a MEP) uvedené v cm H <sub>2</sub> O, v závorce 95% konfidenční interval (CI) (Verma et al., 2019) .....	21
Tabulka 3 – Doporučení pro terapii respiračních funkcí u pacientů s AIS (Negrini et al., 2018, s. 27).....	37
Tabulka 4 – Měření rozvíjení hrudníku 12. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.....	49
Tabulka 5 – Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 12. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH <sub>2</sub> O .....	49
Tabulka 6 – Měření rozvíjení hrudníku 26. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.....	51
Tabulka 7 – Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 26. 3. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH <sub>2</sub> O .....	51
Tabulka 8 – Měření rozvíjení hrudníku 22. 4. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cm.....	53
Tabulka 9 – Měření maximálního inspiračního a expiračního tlaku (MIP a MEP) 22. 4. 2024, hodnoty jsou uvedeny v cmH <sub>2</sub> O .....	53
Graf 1 – Porovnání dechových amplitud .....	54
Graf 2 – Porovnání hodnot maximálních inspiračních a expiračních tlaků (MIP a MEP) .....	55

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Znázornění pohybu dolního a horního žebra (Kapandji, 2004, s. 139).....	14
Obrázek 2 – Rotace hrudního obratle doprovázena zakřivením odpovídajících žebere (Kapandji, 2004, s. 135).....	16
Obrázek 3 – Pozice bránice při maximálním nádechu (vlevo) a maximálním výdechu (vpravo) u pacienta se skoliózou (Chu et al., 2006) .....	17
Obrázek 4 – Dechové objemy a kapacity (Rokyta, 2015, s. 199).....	20
Obrázek 5 – Vztah predikovaných hodnot síly nádechových svalů k hodnotám vitální kapacity (VC) u pacientů s různě závažným oslabením dechových svalů (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002, s. 522) .....	22
Obrázek 6 – Zobrazení v úrovni osmého hrudního obratle (pohled shora) pomocí počítačové tomografie (CT) u zdravého jedince a u pacienta s hrudní křivkou (45° dle Cobba) (Durmala et al., 2008). .....	23
Obrázek 7 – Vzdálenost mezi páteří a dýchacími cestami u zdravého jedince (A) a u pacientů se skoliózou s hypokyfózou (B), normální kyfózou (C) a hyperkyfózou (D) (Farrell & Garrido, 2018).....	24
Obrázek 8 – Schéma dýchání pacienta se skoliózou (A) a derotačního dýchání (B) (Weiss, 1991).....	39

## **9 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1: Přehled studií sledujících vliv cvičebních programů na plicní funkce.....	83
Příloha č. 2: Informovaný souhlas .....	86
Příloha č. 3: Tabulka se zaznamenaným cvičením .....	88

## PŘÍLOHY

## Příloha č. 1: Přehled studií sledujících vliv cvičebních programů na plicní funkce

Autor (rok)	Počet probandů	Věk probandů (roky)	Křivka (° dle Cobba)	Intervence	Délka intervence (týdny)	Měřené hodnoty	Výchozí hodnoty	Výsledné hodnoty
<b>PSSE a metody využívající specifická dechová cvičení</b>								
Amarícal et al. (2020)	40	13,1	lehká (<20°) středně těžká (<35°)	3x týdně: protahovací cviky na konkávní stranu, posilovací na konvexní; cvičení HSSP, posilování m. QF, derotační dýchání; středně těžká křivka: navíc 20h/denně ortéza	12	FVC FEV1 FEV1/FVC PEF 6MWD	3,18 l 3,03 l 87,9 % 5,12 l/min 350 m	3,45 l * 3,19 l * 88,5 % * 5,22 l/min * 359 m *
Moramarco (2016)	36	13,9	lehká až těžká průměrně Th 36,92°, L 33,92°	celkem 22 hodin: Schroth best practice - modifikovaný program metody Schrothové (korekce v sagitální rovině, ADL, 3D korekce, mobilizace, Power Schroth)	1 (celkem 22 hodin rozložených do 5-7 dnů)	FVC FEV1 dechové amplitudy ATR	2692 ml 2281 ml 7,50 cm 9,86°	2795 ml * 2368 ml * 8,81 cm * 7,67° *
Borysov & Borysov (2012)	34	13,7	středně těžká průměrně 28,7° (21-43°)	2 dny (3x 90 min/den) + 5 dní (2x60min/den) modifikovaný program metody Schrothové (korekce v sagitální rovině, ADL, 3D korekce, mobilizace, Power Schroth)	1	ATR aktivní korekce ATR VC	11,5° 8,9° 2073 ml	8,4° * 6,5° * * 2326 ml *
Rrecaj-Malaj et al. (2020)	69 (korzet/bez korzetu: 18/51)	13,4	středně těžká (10-45°)	denně 60 min: 30 min cviky dle metody Schtohové 30 min pilates	24	ATR Cobbův úhel dechové amplitudy flexibilita páteře (C7-S2; stoj → předklon)	7,19°/4,72° 22°/14° 2,56 cm 9,55 cm/9,82 cm	5,36°/3,58° * 18°/12° * * 3,46 cm * 14,33 cm/13,98 cm *
<b>Aerobní trénink</b>								
Alves et al. (2006)	34	13,9	průměrně 60° (hrudní křivka 45-88°)	3x60min/týden 10min rozeznání; 40min běhátko/rotoped (60-80% HRmax); 10min zklidnění	16	FVC FEV1 FEV1/FVC VC PEF 6MWD	2,46l 2,13l 87 % 2,43l 4,22 l/s 400,71 m	2,62l * 2,27 * 88% (NS) 2,57l * 5,02 l/s * 529 m *

**Zkratky:** PSSE – fyzioterapeutické specifické cviky pro skoliózu; FVC – usilovná vitální kapacita; FEV1 – usilovně vydechutý objem za 1 sekundu; VC – vitální kapacita  
PEF – vrcholová výdechová rychlost; 6MWD – vzdálenost v 6minutovém chůzovém test; ATR – úhel rotace trupu; HSSP – hluboký stabilizační systém; m. QF – musculus quadriceps femoris; ADL – všední denní činnosti; HRmax – maximální tepová frekvence; Th – hrudní; L – bederní; 3D – trojdimenzionální; NS – statisticky nevýznamné; \* – statisticky významná změna

Autor (rok)	Počet probandů	Věk probandů (roky)	Křivka (° dle Cobba)	Intervence	Délka intervence (týdny)	Měřené hodnoty	INT		KON	
							Výchozí hodnoty	Výsledné hodnoty	Výchozí hodnoty	Výsledné hodnoty
<b>odporový trénink, trénink stability a HSSP</b>										
Xavier et al. (2020)	INT: 20 KON: 20	INT: 16 KON: 16	těžká INT: 71° KON: 70°	INT: 3x60min/tyden 10min rozehrát; 30min běhátko; 10min odporový trénink; 10min zklidnění KON: 3x60min/tyden 10 min rozehrát; 40min běhátko; 10 min zklidnění	12	FVC FEV1 FEV1/FVC PEF MIP MEP 6MWD	2,95 l (90%) 2,45 l (83%) 324 l/min 42 cmH2O 64 cmH2O 406 m	3,23 l (99%) 2,83 l (96%) 96 % 400 l/min 49 cmH2O 79 cmH2O 524 m	2,75 l (90%) 2,36 l (85%) 90 % 333 l/min 44 cmH2O 67 cmH2O 406 m	2,88 l (94%) 2,83 l (96%) 91 % 377 l/min 47 cmH2O 75 cmH2O 501 m
Qi et al. (2022)	INT: 18 KON: 20	INT: 13,6 KON: 13,9	INT: 24,06° KON: 23,88°	INT: 3x60min/tyden 10min rozehrát; 45min cvičení HSSP; 5min zklidnění KON: bez fyzioterapie	12	FVC FEV1 FEV1/FVC MIP MEP Cobbův úhel	2,48 l 2,03 l 82 % 60,89 cmH2O 71,61 cmH2O 24,06°	2,76 l * 2,32 l * 84% (NS) 74,11 cmH2O * 84,61 cmH2O * 20,33° *	2,49 l 2,04 l 82 % 61,12 cmH2O 72,67 cmH2O 23,88°	2,46 l (NS) 2,01 l (NS) 81% (NS) 60,94 cmH2O (NS) 71,33 cmH2O * 24° (NS)
Kim et al. (2015)	SEG: 20 REG: 20	SEG: 18,5 REG: 17,9	lehká 10-20°	SEG: 5x 30min/tyden cvičení s velkým míčem REG: 5x30 min/tyden odporový trénink	8	FVC FEV1 FEV1/FVC	2,3 l 1,8 l 84,7 %	3,0 l * 2,2 l * 79,4 % (NS)	1,9 l 1,5 l 80,2 %	2,8 l * 2,3 l * 85%
<b>aerobní trénink</b>										
Alves et Avanzí (2016)	INT: 45 KON: 45	INT: 14,3 KON: 14,3	INT: 57,64° KON: 60,62°	INT: 3x 60min/tyden 10min rozehrát; 40min běhátko nebo rotoped (60-80% HRmax); 10 min zklidnění KON: bez intervence	16	MIP MEP	35,04 cmH2O 43,11 cmH2O	52,00 cmH2O * 62,38 cmH2O *	na začátku není mezi skupinami významný rozdíl v kontrolní skupině po uplynutí nedochází k významné změně na rozdíl od INT skupiny	2,89 l * 2,59 l (NS) 89% (NS) 2,97 l *
(Athanasopoulos, 1999)	INT: 20 KON: 20	INT: 13,5 KON: 13, 6	INT: 27,4° KON: 29,5°	INT: 4x 30min/tyden intervalový trénink na cykloergometru +ortéza KON: pouze ortéza	8	FVC FEV1 FEV1/FVC VC	2,82 l 2,60 l 92 % 2,94 l	2,97 l * 2,58 l (NS) 87 % * 2,96 l (NS)	3,07 l 2,68 l 86 % 3,09 l	2,89 l * 2,59 l (NS) 89% (NS) 2,97 l *

**Zkratky:** INT – intervenční skupina; KON – kontrolní skupina; FVC – usilovná vitální kapacita; FEV1 - usilovně vydechutý objem za 1 sekundu; VC- usilovná vitální kapacita; PEF – vrcholová výdechová rychlost; MIP, MEP – maximální inspirační a expirační tlak; 6MWD - vzdálenost v 6 minutovém chůzovém test; SEG - skupina s cvičením stability; REG - skupina cvičící odporový trénink; HRmax- maximální tepová frekvence; NS - statisticky nevýznamné; \* - statisticky významná změna

Autor (rok)	Počet probandů	Věk probandů (roky)	Křivka (° dle Cobba)	Intervence	Délka intervence (týdny)	Měřené hodnoty	INT		KON	
							Výchozí hodnoty	Výsledné hodnoty	Výchozí hodnoty	Výsledné hodnoty
<b>PSSE a metody využívající specifická dechová cvičení</b>										
Gao et al. (2019)	INT: 23 KON: 22	INT: 12,2 KON: 12,1	Středně těžká INT: 29,13° KON: 26,64°	INT: 6x15min/týdně + 1x40min/týden SEAS + specifické dechové cviky; ortéza KON: pouze ortéza 23 hod/denně	24	FVC FEV1 FEV1/FVC Cobbův úhel	3,12 l 2,67 l 84,96 % 29,13°	3,36 l * 2,93 l * 86,17 % (NS) 24,26° *	2,95 l 2,49 l 84,05 % 28,64°	2,88 l * 2,43 l * 83,93 % (NS) 26,59° (NS)
<b>dechové trenážery</b>										
Basbug et al. (2023)	INT: 17 KON: 17	INT: 13,7 KON: 13,9	lehká až středně těžká (20-50°) INT: průměrně Th 22,8°, L 21,2° KON: Th 23,8°, L 24,2°	INT: program KON + 2xdenně 15 min IMT KON: 6x45min/týden dechová cvičení, spinální stabilizační cviky, protahování	8	FVC FEV1 PEF MIP MEP 6MWD	95,2 % 90,8 % 89,1 % 66,2 cmH2O 76,9 cmH2O 613 m	102,0 % * 95,9 % * 107% * 111 cmH2O * 108 cmH2O * 682 m *	101,0 % 94,1 % 83,4 % 70,9 cmH2O 75,7 cmH2O 638 m	104,0 % (NS) 99,7 % * 106,0 % * 91,8 cmH2O * 96,2 cmH2O * 667 m *
Kim & Park (2017)	INT: 8 KON: 7	INT: 17,8 KON: 15,6	lehká až středně těžká INT: 24,49° KON: 27,16°	INT: 3x60 min/týden Schroth+cvičení dechoých svalů pomocí Spirotiger KON: 3x60min/týden Schroth+cykloergometr (5 min rozehrát; 10 min spirotiger/ergometr; 40min Schroth; 5min zklidnění)	8	FVC FEV1 FEV1/FVC PEF Cobbův úhel	2,73 l 2,32 l 85,11 % 3,98 l 24,49°	3,06 l * 2,71 l * 88,87 % (NS) 5,28 l * 20,23° *	2,97 l 2,38 l 78,22 % 4,85 l 27,16°	2,75 l (NS) 2,33 l (NS) 84,64 % (NS) 5,02 l (NS) 24,47° *

**Zkratky:** INT – intervenční skupina; KON – kontrolní skupina; PSSE – fyzioterapeutické specifické cviky pro skoliózu; SEAS – metoda vědeckého přístupu ke skolióze; FVC – usilovná vitální kapacita; FEV1 – usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu; PEF – vrcholová výdechová rychlost; MIP, MEP – maximální inspirační a expirační tlak; 6MWD – vzdálenost v 6 minutovém chůzovém test; IMT – trénink nádechových svalů; NS – statisticky nevýznamné; \* - statisticky významná změna

## Příloha č. 2: Informovaný souhlas

### **Souhlas se zpracováním osobních údajů (dále jen „Souhlas“)**

#### **nezletilého dítěte daný zákonným zástupcem**

udělený ve smyslu zákona č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679

#### **Já, níže podepsaný**

Jméno a příjmení:

Datum narození:

Trvalé bydliště:

#### **jakožto zákonný zástupce souhlasím se zpracováním osobních údajů Fakultní nemocnicí v Motole níže uvedeného nezletilého (dále jen „syn / dcera“):**

Jméno a příjmení:

Rok narození:

Trvalé bydliště:

**Osobní údaje, které budou zpracovávány:** iniciály, r. narození, diagnóza, fotodokumentace, videodokumentace

Tento projev vůle je platný pouze v případě, že osobní údaje mého syna / dcery budou zpracovávány pouze v rozsahu nezbytném pro dosažení účelu zpracování uvedeného v tomto souhlasném prohlášení a v souladu s příslušnou legislativou v platném znění.

#### **Souhlas je poskytnut za účelem:**

- Sledování průběhu stavu a onemocnění pacienta
- Výukový materiál pro studenty 2. LF UK a účastníky odborných seminářů a kurzů pořádaných ve FN Motol
- Publikace na odborných konferencích
- Publikace v odborném časopise
- Publikace v odborné knize

#### **Souhlasím se zpracováním osobních údajů mého syna / dcery Fakultní nemocnicí v Motole po dobu:**

- do odebrání souhlasu
- jiné: \_\_\_\_\_



**Souhlasím se zpřístupněním osobních údajů mého syna / dcery Fakultní nemocnicí v Motole:**

Fakultní nemocnice v Motole je oprávněna použít osobní údaje mého syna / dcery pouze v souladu s výše uvedeným účelem a po výše uvedené době, nebo pro legitimní potřebu státních kontrolních orgánů a orgánů činných v trestním řízení.

Fakultní nemocnice v Motole je dále oprávněna poskytnout osobní údaje mého syna / dcery pouze subjektům spolupracujícím s Fakultní nemocnicí v Motole na dosažení primárního účelu, pro který je udělen tento souhlas. S takovými subjekty se Fakultní nemocnice v Motole zavazuje uzavřít smlouvu obsahující stejné podmínky pro zpracování osobních údajů mého syna / dcery. Seznam dalších zpracovatelů je dostupný v Prohlášení o zpracování osobních údajů dostupných na [www.fnmotol.cz](http://www.fnmotol.cz).

Zpracování bude probíhat v souladu s příslušnými právními normami o ochraně osobních údajů a s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů).

**Byl/a jsem poučen/a o tom, že poskytnutí údajů je dobrovolné.**

Dále jsem byl/a v souladu s příslušnou legislativou poučen/a:

- o svém právu tento souhlas odvolat, a to i bez udání důvodu,
- o svém právu přístupu k těmto údajům a právu na jejich opravu,
- o svém právu na vymazání těchto údajů, pokud dochází k jejich zpracování v rozporu s ochranou definovanou příslušnou legislativou nebo v rozporu s tímto souhlasem, nebo byl souhlas odvolán,
- o svém právu podat stížnost u Úřadu pro ochranu osobních údajů.

Byl/a jsem také poučen/a o tom, že tato svá práva mohu uplatnit doručením žádosti na adresu: Fakultní nemocnice v Motole, Samostatné oddělení pověřence pro ochranu osobních údajů, V Úvalu 84, Praha 5.

Beru na vědomí, že odvolání tohoto souhlasu může ovlivnit dosažení účelu, pro který byl tento souhlas vydán, pokud tohoto účelu nelze dosáhnout jinak.

V ..... dne .....

Podpis zákonného zástupce

.....  
Jméno a příjmení

## Příloha č. 3: Tabulka se zaznamenaným cvičením

	1. den	2. den	3. den	4. den	5. den	6. den	7. den
1. týden (12.3.-18.3.)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. týden (19.3.-25.3.)	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. týden (26.3.-1.4.)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. týden (2.4.-8.4.)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓