

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol

Anežka Strašíková

Vliv chirurgické thorakoplastiky na funkci plic a hrudníku  
u dětí a dospívajících s deformitou hrudníku

Bakalářská práce

Praha 2013

Autor práce: Anežka Strašíková

Vedoucí práce: MUDr. Jan Šulc, CSc., FCCP

Oponent práce: Mgr. Irena Zouňková, Ph.D.

Datum obhajoby: 2. září 2013

## **BIBLIOGRAFICKÝ ZÁZNAM**

STRAŠÍKOVÁ, Anežka. *Vliv chirurgické thorakoplastiky na funkci plic a hrudníku u dětí a dospívajících s deformitou hrudníku*. Praha: Karlova univerzita, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2013. 52 s. Vedoucí diplomové práce MUDr. Jan Šulc, CSc., FCCP

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce „Vliv chirurgické thorakoplastiky na funkci plic a hrudníku u dětí a dospívajících s deformitou hrudníku“ je rešeršním zpracováním převážně zahraničních studií týkajících se dvou nejčastějších vrozených deformit hrudníku - pectus excavatum a pectus carinatum. V první části jsou shrnuty obecné poznatky o stavbě a funkcích hrudníku a o fyziologii a patofyziologii dýchání. Dále pak je uveden popis, etiologie, základní symptomy a různé možnosti operačního a konzervativního řešení obou těchto deformit. Zahrnuty jsou i možnosti využití rehabilitace v dané problematice a to jak v období než pacient podstoupí chirurgickou korekci hrudní stěny, tak v pooperační době. Druhá část se pak zabývá funkčním vyšetřením plic a změnami hodnot naměřených parametrů u pacientů s PC a PE oproti hodnotám normálovým. Je také uveden vliv deformit na tvar hrudníku a dýchacích cest a na toleranci zátěže. Z výsledků předoperačního vyšetření je zkoumán typ ventilační poruchy a souvislost mezi velikostí deformity a mírou snížení plicních funkcí. Studie zabývající se změnami respiračních parametrů po operaci jsou popsány v poslední části a poté jsou srovnány v závěrečné diskusi. Práce obsahuje také kasuistiku jednoho pacienta s deformitou pectus excavatum.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

vrozené deformity hrudníku, pectus excavatum, pectus carinatum, operační metody, funkční vyšetření plic, plicní objemy, plicní kapacity

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis, which is called „Vliv chirurgické thorakoplastiky na funkci plic a hrudníku u dětí a dospívajících s deformitou hrudníku“, is a research of mainly foreign works about the two most frequent thorax deformities. These are pectus excavatum and pectus carinatum. The first part of this work summarizes general information about structure and function of thorax and about physiology and pathophysiology of breathing. It also contains description, etiology, main symptoms and ways of handling with deformities. The deformities can be treated by operation or by conservative means. The first part of the work also includes possibilities of rehabilitation either before or after surgical correction of pectoral wall.

The second part speaks about functional examination of lungs and about differences, which were measured in patients suffering of PC and PE or in healthy patients. The second part mentions the effect of deformities on the shape of thorax and breathing passages and on the stress tolerance, too. From the results of preoperative examination, the type of ventilation malfunction and the connection between the size of the deformity and the extent of lung function decrease is explored.

The study of changes in respiration parameters after operation is described in the last part of this work. These changes are discussed.

This work contains case interpretation of one patient suffering of pectus excavatum.

## **KEYWORDS**

Chest wall deformities, pectus excavatum, pectus carinatum, methods of operation, lung function test, lung volumes, lung capacities

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením MUDr. Jana Šulce, CSc., FCCP, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze .....

Anežka Strašíková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji MUDr. Janu Šulcovi za vedení a odborné rady při zpracování tématu. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Petru Bitnarovi za ochotnou pomoc a připomínky týkající se práce a své rodině za podporu při studiu.

**OBSAH**

<b>SEZNAM SKRATEK</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBECNÉ POZNATKY</b> .....	<b>11</b>
2.1 ANATOMIE HRUDNÍKU .....	11
2.1.1 Žebra.....	11
2.1.2 Kost hrudní.....	11
2.1.3 Hrudní obratle.....	12
2.1.4 Spojení hrudníku .....	13
2.1.5 Svaly hrudníku .....	13
2.1.6 Svaly podílející se na dýchání .....	14
2.1.7 Fascie hrudníku .....	14
2.2 KINEZIOLOGIE HRUDNÍKU .....	14
2.3 FYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ.....	16
2.3.1 Řízení dýchání.....	17
2.4 PATOFYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ.....	17
2.4.1 Restrikční plicní onemocnění .....	17
2.4.2 Obstrukční plicní onemocnění.....	18
<b>3 VROZENÉ DEFORMITY HRUDNÍKU</b> .....	<b>19</b>
3.1 PECTUS EXCAVATUM .....	19
3.1.1 Etiologie .....	20
3.1.2 Klinický obraz .....	21
3.1.3 Operační techniky.....	21
3.1.4 Konzervativní terapie .....	23
3.2 PECTUS CARINATUM .....	24
3.2.1 Etiologie .....	25
3.2.2 Operační metody .....	25
3.2.3 Konzervativní terapie .....	25
3.4 VYUŽITÍ FYZIOTERAPIE V LÉČBĚ VROZENÝCH DEFORMIT HRUDNÍKU .....	26
<b>4 OVLIVNĚNÍ RESPIRAČNÍHO SYSTÉMU DEFORMITAMI HRUDNÍKU</b> .....	<b>28</b>
4.1 HODNOCENÍ PLICNÍCH FUNKCÍ .....	28
4.1.1 Statické plicní objemy .....	28
4.1.2 Plicní kapacity .....	28
4.1.3 Dynamické plicní objemy.....	29
4.2 VLIV DEFORMIT HRUDNÍKU NA KINEMATIKU ŽEBER.....	29
4.3 VLIV DEFORMIT HRUDNÍKU NA TVAR DÝCHACÍCH CEST.....	29
4.4 VLIV DEFORMIT HRUDNÍKU NA PULMONÁLNÍ FUNKCE .....	30
4.4.1 Typ ventilační poruchy.....	31
4.4.2 Vliv na toleranci zátěže .....	32
4.4.3 Vliv velikosti deformity na míru poškození pulmonálních funkcí .....	33
<b>5 VLIV OPERACE NA PLICNÍ FUNKCE</b> .....	<b>34</b>
5. 1 KASUISTIKA .....	38
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>8 REFERENČNÍ SEZNAM</b> .....	<b>46</b>

---

## SEZNAM SKRATEK

art. - articulatio

C páteř - krční páteř

CT - výpočetní tomografie

ERV - expirační reziduální objem

FEV<sub>1</sub> - objem usilovného výdechu za 1 s

FRC - funkční reziduální kapacita

FVC - usilovná vitální kapacita

HI - Hallerův index

CHOPN - chronická obstrukční plicní nemoc

lig. - ligamentum

m. - musculus

MEF - maximální výdechový průtok

MMV - maximální minutová ventilace

n. - nervus

IVR - inspirační reziduální objem

PEP - positive expiratory pressure (pozitivní výdechový přetlak)

PC - pectus carinatum

PE - pectus excavatum

proc. - processus

RTG - rentgen

RV - reziduální objem

Thp - hrudní páteř

TLC - celková plicní ventilace

TV - dechový objem

v. - vena

VC - vitální kapacita

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



## ÚVOD

První zmínky o vrozených deformitách hrudníku (chest wall deformities) se objevují už ve starověku a nejčastěji se vyskytujícími jsou tyto dva typy - pectus excavatum (PE) tzn. vpáčený hrudník a pectus carinatum (PC) neboli ptačí hrudník. Už od začátku se mnoho vědců zabývá jejich studiem a možnostmi korekce. Dříve se jednalo hlavně o terapii konzervativní. V první polovině 20. století se však začaly používat i různé operační metody. Protože progresse těchto deformit nastává nejvíce v období růstového spurtu, což je zároveň obdobím dospívání a hledání sebe sama, shodují se studie v tom, že mají velký dopad na psychiku pacienta. Adolescenti ve většině případů kladou velký důraz na svůj vzhled a jakákoliv odlišnost jim může přinést obavy z reakce okolí a tudíž mohou mít problémy se začleněním se do společnosti. Otázkou však je, zda je estetika dostatečný důvod k operačnímu řešení, které může mít mnoho komplikací. Hledají se proto nejrozumnější možnosti operačních technik, které by těmto komplikacím předešly a umožňovaly co nekratší dobu hospitalizace a rekonvalescence.

Stálým a hlavním předmětem zkoumání je ale už řadu let vliv těchto deformit na kardiopulmonální funkce, protože hrudník má velký podíl na procesu dýchání a změna jeho konfigurace může kvalitu tohoto procesu negativně ovlivnit. Poruchu oběhových funkcí nacházíme hlavně u pectus excavatum, kdy vpáčené sternum může zmenšit prostor pro srdeční práci. Zatím ale stále není na tuto problematiku ani na problematiku ovlivnění těchto funkcí konzervativní nebo operační terapií jeden ucelený názor. Mnohé studie se zaměřují i na spojitost mezi vrozenými deformitami hrudníku a sníženou tolerancí zátěže, kterou mnozí pacienti uvádějí jako svůj první symptom. Do jaké míry je to způsobeno srdeční insuficiencí, do jaké míry respirační nedostatečností a do jaké míry je za to zodpovědná u některých pacientů snížená adherence ke sportovní aktivitě je otázkou.

## 1 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo shrnout poznatky o dvou nejčastějších deformitách hrudníku - pectus excavatum a carinatum, možnostech jejich operační a konzervativní korekce a porovnat dostupné studie týkající se vlivu tohoto onemocnění na pulmonální funkce a zlepšení nebo zhoršení těchto funkcí po operačním zákroku.

## 2 OBECNÉ POZNATKY

### 2.1 Anatomie hrudníku

Hrudník (thorax) tvoří prostornou dutinu (cavitas thoracis), která chrání srdce, plíce, jícen a velké cévy. Má zásadní význam pro dýchání a podílí se na správném držení těla. Kostěná část hrudníku je tvořena dvanácti páry žeber, hrudní kostí a dvanácti hrudními obratli. Jednotlivé části jsou spojeny klouby a vazy.

#### 2.1.1 Žebra

Žebra (costae) se označují číslicemi I - XII podle pořadí na hrudníku směrem kaudálním. Můžeme na nich rozlišit část kostěnou a chrupavčitou. Kostěná část má tyto úseky: caput costae (hlava žebra), která je spojena s tělem hrudního obratle, colum costae (krček žebra), tuberculum costae (hrbolek žebra), který zajišťuje skloubení s příčným výběžkem obratle, angulus costae, místo, kde je žebro výrazně zakřiveno, což má spolu s tvarem žebra velký význam pro jeho pohyb, sulcus costae, crista costae a kloubní plochy pro spojení s obratli a hrudní kostí. Částečně se svým vzhledem odlišují I., II., XI. a XII. žebro. Rozlišujeme tři různé typy žeber. Prvních 7 párů nazýváme žebry pravými (costae verae) a jsou spojena chrupavkou s hrudní kostí. Žebra nepravá (costae spuriae), jsou připojena chrupavkou k předcházejícím žebrům a jedná se o 8. - 10. pár. Poslední dva páry jsou volně zakončeny ve svalech břišní stěny a jsou proto označovány jako žebra volná (costae fluctuantes). Žebra vyrůstají v embryonálním vývoji zevním směrem od obratlů. Již od 6. - 8. týdne fetálního života probíhá osifikace. První osifikační jádro se zakládá v blízkosti angulus costae. Další pak v průběhu 7. a 8. roku života na caput a tuberculum costae. Osifikace je dokončena kolem 20. roku. (Čihák & Grim, 2001, s. 125)

#### 2.1.2 Kost hrudní

Kost hrudní - sternum je nepárová kost plochého tvaru. Můžeme na ní popsat tři hlavní části - manubrium sterni (rukojeť kosti hrudní), corpus sterni (tělo kosti hrudní) a processus xiphoideus (mečovitý výběžek). Na kraniálním okraji sternu se nachází incisura jugularis, která ohraničuje fossu jugularis (hrdelní jamku). Laterálně od incisura jugularis je po obou stranách incisura clavicularis. Ta tvoří kloubní plochu pro spojení s claviculou. Dalším útvarem na manubriu sterni jsou plošky pro připojení 1. páru žeber.

Kloubní plochy pro spojení s dalšími šesti páry žeber se nacházejí po laterálních stranách corpus sterni - incisurae costales. Na přechodu mezi rukojetí a tělem kosti hrudní můžeme zepředu nahmatat angulus sterni. Manubrium je totiž skloněno mírně dorzálně. V tomto místě je připojen 2. pár žeber, takže slouží k orientaci při palpaci. Poslední část sternu - processus xiphoideus má variabilní tvar a uprostřed může být štěrbinou, která mečovitý výběžek rozděluje na dvě poloviny. První osifikační jádra hrudní kosti se zakládají už v 5. fetálním měsíci v manubriu. Další se pak tvoří kraniokaudálním směrem v corpus sterni. V horní polovině nepárově, v dolní zpravidla párově. Poslední osifikační jádro se zakládá v proc. xiphoideus ve 3. roku života. Postupně se jádra v dospívání, příp. v dospělosti spojují. Synchodrosy mezi jednotlivými hlavními částmi sternu mohou osifikovat až mezi 40. - 60. rokem a mečovitý výběžek může zůstat po celý život zcela nebo částečně chrupavčitý. (Čihák & Grim, 2001, s 127)

### 2.1.3 Hrudní obratle

Hrudní obratle - vertebrae thoracicae se skládají z corpus vertebrae (těla obratle), arcus vertebrae (oblouk obrat.) a processus (výběžků). Tělo je ohraničeno facies intervertebralis (meziobratlovou plochou), které tvoří místa spojení s discus intervertebralis, a je poměrně vysoké. Foramen vertebrae (obratlový otvor), který je tvořen obratlovým obloukem a ventrální stranou těla, je okrouhlého tvaru. Místo spojení oblouku a těla se nazývá pediculus arcus vertebrae. Processus spinosi hrudních obratlů jsou dlouhé, od Th1 po Th7 mají kaudální sklon a u dalších obratlů jsou směrem kaudálním stále více v transversálním postavení. Processus transversi směřují dorzálně a laterálně a jsou na nich kloubní plochy pro spojení s žebry - processus articulares superiores et inferiores. Nacházejí se na koncích příčných výběžků, horní vyčnívají a spodní jsou blíže k oblouku. Pro spojení s žebry slouží ještě fovea costalis processus transversi na hrotu transversálních výběžků a foveae costales, které se nacházejí na laterálních stranách obratlových těl blíže k obloukům. Na 1. - 8. obratli se nacházejí dvě plošky, protože 2. - 9. žebro je připojeno vždy ke dvěma obratlům. Míšní kořeny vystupují z míšního kanálu v intervertebrálních foraminech, které jsou tvořeny incisurou vertebrae superior a inferior. Osifikace začíná ve 3. měsíci prenatálního života v dolních hrudních obratlích a postupuje směrem nahoru i dolu. (Čihák & Grim, 2001, s. 102)

### 2.1.4 Spojení hrudníku

Spojení hrudníku je tvořeno klouby a vazy. Jsou to jednak klouby mezi hrudními obratli a žebry - *articulationes costoverebrales*, kterých můžeme rozlišit dva druhy *articulationes capitum costarum* a *articulationes costotrasversariae*, a dále spoje mezi hrudní kostí a žebry - *articulationes sternocostales*. Nepravá žebra jsou připojena chrupavkami k žebřům pravým - *articulationes costochondrales* a mezi žeberními chrupavkami se nachází *articulationes interchondrales*. Vazy zesilující kloubní pouzdro *art. costovertebralis* jsou *ligamentum capitis costae radiatum*, které se nachází na povrchu a je vějířovitého uspořádání a *lig. intraarticulare*, které probíhá vnitřkem kloubu. Sternocostální skloubení zesilují *ligamenta sternocostalia radiata* paprskovitě se rozbíhající do sternálního periostu. (Čihák & Grim, 2011, s. 128)

### 2.1.5 Svaly hrudníku

Svaly hrudníku - *musculi thoracis* se podle původu dělí na dvě skupiny - svaly thorakohumerální, mezi které patří *m. pectoralis major*, *m. pectoralis minor*, *m. subclavius* a *m. serratus anterior*. Tyto svaly se upínají na kostech pletence horní končetiny. Tvoří vrchní vrstvu svalů hrudníku a při dýchání mají funkci pomocných nádechových svalů. Druhou skupinou jsou vlastní (autochtonní) svaly, jejichž hlavní funkcí jsou dýchací pohyby. Jsou to *mm. intercostales externi*, primární inspirační svaly, *interni* a *intimi*, primární expirační svaly, *mm. subcostales*, *m. transversus thoracis* a také se mezi ně přiřazuje hlavní inspirační sval - *diaphragma*. (Čihák & Grim, 2011, s. 344 - 348)

Bránice odděluje dutinu hrudní od dutiny břišní, je tvořena dvěma bráničními klenbami, které se vpravo vyklenují do výše 4. mezižebří a vlevo do výše 5. mezižebří. Vazivový střed bránice se nazývá *centrum tendineum*. Všechny svalové snopce bránice se k němu upínají ve třech oddílech. První se nazývá *pars lumbalis* a má dva začátky. Po stranách bederní páteře jde jako *crus dextrum et sinistrum* a dále laterálněji vychází od vazivových oblouků *lig. arcuatum mediale et laterale*. Mediální oblouk vytváří psoatickou arkádu přes *m. psoas major* a laterální kvadratickou arkádu přes *m. quadratus lumborum*. Druhým oddílem je *pars costalis*, která jde od chrupavek 7. - 12. žebra. *Pars sternalis* začínající na zadní straně *proc. xiphoides* a od zadního listu pochvy přímých břišních svalů je nejmenší částí bránice. Skrz bránici prochází *hiatus aorticus ductus thoracicus* a *aorta*, *hiatus oesophageus* jícen a levý *n. vagus* a *ve. formanen venae cavae* stejnojmenná žíla. Svalovými snopci při páteři prochází ještě

truncus sympathicus, nn. splanchnici, v. azygos a v. hemiazygos. (Čihák & Grim, 2011, s. 348 - 354)

Kromě toho, že je bránice hlavním inspiračním svalem, má ještě důležitou úlohu v zajištění posturální (Hodges, Heijmen & Gandevia, 2001) a antirefluxní funkce (Smejkal et al., 2010)

### **2.1.6 Svaly podílející se na dýchání**

Další svaly, které se podílejí na inspiračních pohybech hrudníku jsou mm. scaleni, mm. suprahyoidei, mm. infrahyoidei, m. sternocleidomastoideus, m. serratus posterior superior, m. latissimus dorsi, m. iliocostalis, m. erector spinae a krátké hluboké svaly šíjové. Při expiraci se zapojují m. transversus abdominis, mm. obliqui abdominis externi et interni, mm. rectus abdominis, m. quadratus lumborum, m. serratus posterior inferior, m. erector spinae, m. iliocostalis a svaly pánevního dna. Tyto dvě skupiny svalů však působí v obou dýchacích fázích v koaktivaci. (Véle, 2006, s. 229 - 230)

### **2.1.7 Fascie hrudníku**

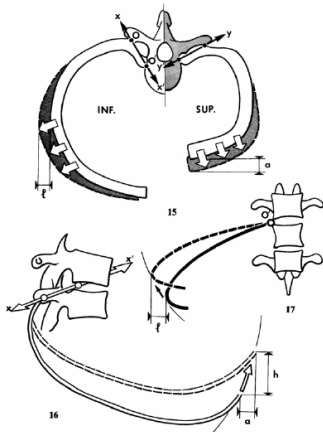
Na povrchu hrudní stěny se nachází fascia pectoralis (superficialis), která ji kryje zepředu a z boku. Jde od kosti hrudní a klíční, zaujímá do sebe m. pectoralis major a díle vytváří povrchovou fascii břišní stěny, povrchovou fascii zádovou, fascii podpažní jámy a kryje m. deltoideus. Druhá facie - clavipectoralis jde pod m. pectoralis major od klavikuly kaudálně a laterálně, tvoří přední stěnu axily a splývá s fascií pectoralis. Povrch žebere kryje fascia thoracica a poslední je fascie endothoracica, která vystýlá hrudní dutinu zevnitř. (Čihák & Grim, 2001, s. 355)

## **2.2 Kineziologie hrudníku**

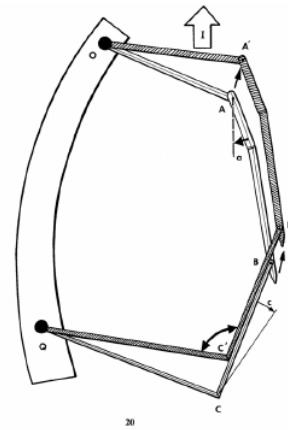
Hrudník zabezpečuje dýchací pohyby, které slouží k ventilaci plic a má také vliv na držení těla a pohyby končetin. Kromě hrudníku, který rozdělujeme na dva sektory - horní hrudní od Th<sub>5</sub> po dolní krční páteř, dolní hrudní mezi bránicí a Th<sub>5</sub>, probíhá dýchání také v tzv. břišním sektoru, který je ohraničen bránicí a pánevním dnem (Véle, 2006, s. 227). Při dýchání by měl pohyb probíhat pouze v costovertebrálních skloubeních bez souhybu hrudní páteře. Pohybu hrudní páteře se však účastní i hrudní koš. Při anteflexi trupu žebra klesají a mezižebříkové prostory se zužují. Napřímení páteře

vyvolá děj opačný. Hrudní koš se pohybuje taktéž při rotaci a lateroflexi hrudní páteře. (Kolář et al., 2009, s. 131 - 132)

Pohyb žebber při dýchání je dán jejich zakřivením, které je trojí a to plošně na obvodu hrudníku, podle dolní hrany a torzí. Klesání a stoupání hrudníku během dýchání probíhá okolo osy jdoucí ze středu hlavice žebra šikmo dorzolaterálně do costotrasverzálního kloubu. (Kapandji, 1974, s. 138) Rotace této osy se liší u horních a dolních žebber, což určuje směr jejich pohybu. Horní žebra vykonávají pohyb hlavně v horizontální rovině a spolu s hrudní kostí tak zajišťují anterioriální rozšíření hrudníku při inspiriu (tzv. sternocostální mechanismus). Dolní žebra se pohybují hlavně do stran a spolu s bránicí zajišťují rozšíření dutiny hrudní při nádechu laterolaterálním a kraniokaudálním směrem (tzv. kostodiafragmatický mechanismus). (Kolář et al., 2009, s 252)



Obrázek 1. Pohyby žebber  
v costovertebrálním skloubení  
(Kapandji, 1974, s. 139).



Obrázek 2. Pohyb žebber v sagitální  
rovině (Kapandji, 1974, s.143)

Dýchání je děj rytmický a střídá se ve dvou fázích - inspirium (nádech) a expirium (výdech). Mezi těmito dvěma fázemi by při správném dýchání měly být ještě dvě krátká období - preinspirium na konci výdechu trvající asi 250 ms a přibližně 50 - 100 ms dlouhé preexpirium na konci nádechu (Véle, 2006, s. 228).

Hlavním inspiračním svalem je bránice, která se při své správné aktivaci oplošťuje a dochází k jejímu kaudálnímu posunu. Orgány břišní dutiny jsou stlačovány a zvětšuje se nitrobřišní tlak. Nádech proto probíhá v koaktivaci a se svaly břišní stěny a pánevního dna, které provedou excentrickou kontrakci a zajišťují tak stabilizaci břišní

stěny a páteře. Bránice proto má i významnou posturální funkci a je nezbytná pro dobrou stabilizaci páteře. Excentrická kontrakce probíhá i ve svalech okolo hrudní stěny (m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni, adduktory lopatky,...). V ní dochází při inspiriu naopak k poklesu tlaku oproti atmosférickému a vzduch tak proudí do plic. Pokles tlaku je kromě oploštění bránice také způsoben rozšiřováním mezižeberních prostor díky mm. intercostales externi, které zajišťují pohyb žeber laterolaterálním a anterioposteriorním směrem. (Kolář et al., 2010)

Když dojde k vyrovnání tlaků začíná druhá fáze - exspirium. Tento děj je v klidu vždy dějem pasivním. Dochází k postupnému poklesu napětí ve svalech, hrudní dutina se zmenšuje, bránice se vyklenuje a vzduch proudí ven. Aktivita břišních svalů a bránice má při výdechu funkci posturální. Při aktivním výdechu zajišťují zmenšování mezižeberních prostor m. intercostales interni (Kapandji, 1974, s. 144).

### 2.3 Fyziologie dýchání

Hlavními funkcemi plicního dýchání je sycení krve kyslíkem a udržení acidobazické rovnováhy, která je korigována zvyšováním nebo snižováním hladiny  $\text{CO}_2$ . Nádech je umožněn kontrakcí dýchacích svalů. Díky tomu vzniká v plicích podtlak a vzduch začíná proudit otvorem ústním nebo, častěji, nosním. V horních dýchacích cestách je ohříván, zvlhčován a zbavován mikročástic (např. prach, bakterie,...). Vzduch dále proudí ve směru tlakových gradientů skrz dolní dýchací cesty až do alveolů, kde probíhá difuze plynů přes alveolo - kapilární membránu do krevního oběhu. Když dojde k vyrovnání mezi retrakční silou plic, které mají tendenci kolabovat, a mezi silami rozpínajícími hrudník, nastává relaxace inspiračních svalů a vzduch proudí opět ven z dýchacích cest. Při klidovém dýchání se na výdechu nepodílí expirační svaly. Tento děj se nazývá dechový cyklus a v klidu se opakuje s frekvencí kolem 15 dechů za minutu. Vymění se při něm přibližně 0,5 l vzduchu - dechový objem ( $V_T$ ). Část tohoto objemu se však přímo nepodílí na výměně plynů. Činí asi 150 - 200 ml, označujeme ho jako anatomický mrtvý prostor a jedná se o vzduch v dýchacích cestách až po terminální bronchioly. Pokud je v některých alveolech porušena perfuze nebo difuze, zvětší se tento objem a označujeme ho jako funkční mrtvý prostor. (Trojan et al., 2003)

Difuze probíhá oběma směry a její rychlost závisí na parciálních tlacích plynů, ploše a tloušťce alveolo - kapilární membrány. Do krve proudí  $\text{O}_2$  a opačným směrem



CO<sub>2</sub>. Kyslík je pak dále transportován krví k jednotlivým orgánům. Protože v jednom litru vody je při parciálním tlaku 100 mmHg možno rozpustit pouze 3 ml kyslíku je transportní kapacita zvětšena hemoglobinem obsaženým v červených krvinkách. V jednom litru krve je 150 g Hb a každý gram může vázat až 1,34 ml O<sub>2</sub>. Zvýšení afinity hemoglobinu pro kyslík nastává v prostředí s vyšším pH, nižší teplotou nebo s vyšším obsahem O<sub>2</sub>. Oxid uhličitý je transportován fyzikálně rozpuštěný, vázaný na bílkoviny a největší část jako HCO<sup>3-</sup>. Ten vzniká reakcí oxidu uhličitého s vodou a následnou disociací H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Reakce je urychlena enzymem karboanhydrázou. (Trojan et al., 2003)

### 2.3.1 Řízení dýchání

Dechová frekvence je řízena neurony v mozkovém kmeni, které jsou ovlivňovány různými signály z periferie. Jsou to signály z mechanoceptorů, které informují o napětí plic. Při rozpětí inhibují inspiraci a naopak při poklesu napětí inspiraci stimulují. Dalšími receptory jsou receptory chemické, které reagují na koncentraci kyslíku, oxidu uhličitého a vodíkových iontů v krvi. Zvýšení parciálního tlaku CO<sub>2</sub> (hyperkapnie) způsobuje vzestup dechové frekvence a objemu. Přesáhne-li ale koncentrace oxidu uhličitého v krvi 70 mmHg, dechová centra se inhibují a dochází ke snížení ventilace. Centrální chemoreceptory se nacházejí v prodloužené míše a jsou citlivé hlavně na velikost parciálního tlaku CO<sub>2</sub>. Pokud nepoklesne koncentrace O<sub>2</sub> pod 15, 5% jsou receptory na hladinu kyslíku téměř necitlivé. Periferní chemoreceptory jsou uloženy v karotických a aortálních tělíscích. (Trojan et al., 2003)

## 2.4 Patofyziologie dýchání

Funkce dýchací soustavy mohou být poškozeny řadou poruch. Důsledkem toho může být až neschopnost zajišťovat dostatečný přísun O<sub>2</sub> do krve a následný odvod CO<sub>2</sub>. Může přitom dojít i k poruše acidobazické rovnováhy. Základním rozdělením plicních chorob je na onemocnění obstrukční a restriční.

### 2.4.1 Restriční plicní onemocnění

O restričním onemocnění plic hovoříme při anatomické nebo funkční ztrátě plic a při omezení pohybu hrudníku. Příčinou můžou být neuromuskulární onemocnění, deformity hrudníku, blokáda žeber, resekce části plic, atalektáza, která vzniká kolapsem

alveolů při úplném uzavěru dýchacích cest, plicní edém nebo plicní fibróza. Ta je nejčastěji způsobena infekcí nebo inhalací prachu obsahující azbest. Důsledkem restričních onemocnění je snížení poddajnosti plic, vitální kapacity a funkční reziduální kapacity. Snižuje se také plocha pro difúzi. Pro nádech musí být v plicích větší podtlak, tím se zvětšuje dechová práce a křivka dechového objemu je posunuta směrem k expiračnímu reziduálnímu objemu (ERV). (Silbernagl & Lang, 2001, s. 74) Parametry, které bývají typicky sniženy, jsou TLC nebo VC pod 80% náležitých hodnot. Za lehkou restriční ventilační poruchu označujeme pokles v rozmezí 60% - 80%, za středně těžkou při hodnotách 45% - 60% a za těžkou v případě, že jsou tyto parametry sniženy pod 45% náležitých hodnot. (Pellegrino et al., 2005)

#### **2.4.2 Obstrukční plicní onemocnění**

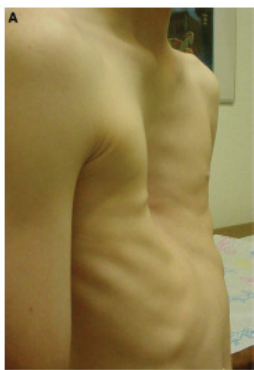
Při obstrukčních chorobách je zúženo lumen bronchů a tím je zvyšován odpor v dýchacích cestách. Obstrukci může vytvářet nadměrná tvorba hlenu u onemocnění jako je např. chronická bronchitida, chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN), astma nebo cystická fibróza. Další příčinou může být nadměrná kontrakce hladké svaloviny ve stěně bronchů. Obstrukční onemocnění omezují dýchání především při výdechu, protože při nádechu klesá nitrohruční tlak a lumen bronchů se tak rozšiřuje. (Silbernagl & Lang, 2001, s. 76) Vzniká tak posunutí dechového objemu směrem k inspiračnímu reziduálnímu objemu (IRV) a inspirační postavení hrudníku (Clemens, 2011). Důležitým parametrem pro diagnostiku je poměr sekundové vitální kapacity (FEV1) a vitální kapacity (VC). Pokud je tato hodnota snížena pod 75% a zároveň je pokles FEV1 pod 80% normálových hodnot, jedná se téměř vždy o obstrukční poruchu. Obdobně jako u restričních poruch je rozdělujeme na lehké (60% - 80% normy), středně těžké (45% - 60% náležitých hodnot) a těžké (pod 45%). (Pellegrino et al., 2005)

### 3 VROZENÉ DEFORMITY HRUDNÍKU

Nejčastější vrozené deformity hrudníku jsou pectus excavatum a carinatum. Jejich vznik je ve většině případů idiopatický a projevují se hlavně v období růstového spurtu. Mezi deformity, které se projevují hned po narození patří sternum bifidum, hypoplazie sterna, Poland's syndrom, který se projevuje absencí m. pectoralis major, deformitami žeber a končetin, a Cantrellova pentalogie. Ta je popsána jako onemocnění skládající se z přední brániční hernie, omfalokély, ectopia cordis (vrozená úchylna polohy srdce spojená s rozštěpem sterna), sternum bifidum a z deformované stavby srdce. (Colombani, 2003)

#### 3.1 Pectus excavatum

Pectus excavatum je nejčastěji se vyskytující deformitou hrudníku. Tvoří až 90% všech případů (Brochhausen et al., 2012). Prevalence tohoto onemocnění je 1 na 300 živě narozených dětí. Postihuje obě pohlaví, muže však častěji přibližně v poměru 1 : 5 (Koumbroulis, 2009). Více případů je zaznamenáno v bělošské populaci (Koumbroulis & Stolar, 2004). Až 42% pacientů má v rodinné anamnéze výskyt tohoto onemocnění (Fonkalsrud & Bustorff-Silva, 1999). Creswick zkoumal na 34 rodinách ve 4 generacích dědičnost PE a výsledky ukazují, že se může jednat o autozomálně recesivní, autozomálně dominantní, X vázanou nebo i multifaktoriální dědičnost (Creswick et al., 2006). Tato deformita je charakterizována depresí, většinou střední části, sterna a kostálních chrupavek, což způsobuje propad hrudní stěny do dutiny hrudní. Největší vpáčení je na přechodu sterna v processus xiphoideus a sternum může být rotováno. Pectus excavatum se může vyskytovat samostatně nebo jako součást různých syndromů např.: Marfanův syndrom, Polandův syndrom nebo osteogenesis imperfecta. Většinou je pectus excavatum patrné hned při narození ale více se projevuje až během dospívání v období růstového spurtu.



Obrázek 4. Pectus excavatum (Jaroszewski et al., 2010)

### 3.1.1 Etiologie

Poprvé popsal toto onemocnění v roce 1594 Bauhinus (Schalamon, Pokall, Windhaber & Hoellwarth, 2006). Jako příčinu uvedl hypertonii bránice v prenatálním období. Další popisy této deformity se poté objevují v druhé polovině 19. století. V roce 1860 v práci od Wouilleze, v roce 1863 od Luschka, který ji zkoumal u dvaceti čtyřletého muže a v roce 1870 od Eggeho, který tuto chorobu nazval „zázrakem přírody“. Ten se domníval, že propad hrudní kosti je způsoben slabostí a zvýšenou pružností sternu, které byly následkem špatné výživy. Další teorií, popsanou Williamsem, Fleschem a Hagemannem na konci 19. století, je, že příčinou deformity je příliš velký vzrůst žeber. Naproti tomu Langer a Zuckerkandel považovali za vyvolávající faktor vzniku příliš vysoký intrauterinní tlak, který následně způsobí, že spodní čelist plodu tlačí na hrudní kost. (Brochhausen et al., 2012) Ve 20. století přičítali depresi sternu a žeber nerovnoměrnému tahu jednotlivých vláken bránice (Brown & Cook, 1950). Dnes převládá teorie, že pectus excavatum je způsobeno vadným metabolismem chrupavek sternocostálního skloubení. Podle Brochhausena to může následně způsobit buď poruchu vývoje a zrání costosternálních chrupavek nebo jejich příliš velký vzrůst (Brochhausen et al., 2012). Feng et al. zkoumali biomechanické vlastnosti, makroskopickou a mikroskopickou stavbu chrupavek 38 dětí s PE a porovnávali je s výsledky zkoumání chrupavek 28 zdravých dětí. Zjistili, že buňky, krevní zásobenění a rozmístění vláken proteoglykanů je stejné u obou skupin avšak u skupiny pacientů byly chrupavky méně odolné vůči tahu a tlaku a v jejich hlubších vrstvách objevili nepravidelné uspořádání kolagenních vláken a v některých případech i menší počet vláken (Feng et al., 2001). Některé studie pozorovaly vzestup vápníku a hořčíku a snížené množství zinku v žeberních chrupavkách. Nedostatek zinku způsobuje sníženou

aktivitu chondrocytů (Feng et al., 2001). Příčinou deformity, která primárně nesouvisí se špatným růstem chrupavky, může být hypoplazie nebo ageneze plic (Koumbourlis, 2009).

### 3.1.2 Klinický obraz

Symptomy, které se u pacientů s PE vyskytují, mohou být různě závažné a mají různý dopad na jejich život. Není ale podmínkou, že velikost deformity koreluje se závažností všech symptomů (Jaroszewski, Notrica, McMabon, Steidley & Deschmps, 2010). Velikost deformity se určuje podle Hallerova indexu (HI), spočítaného vydělením vzdálenosti mezi žebry v místech, kde je sternum nejvíce propadlé, vzdáleností mezi sternem a páteří v tom samém místě (Robiczek, Watts & Fokin, 2009). U zdravého člověka je tento index 2,52. Za patologii je brán index větší nebo roven 3,1. K zobrazení deformity se používá předozadní a laterální RTG snímek nebo výpočetní tomografie (CT) (Robiczek et al., 2009). Mezi příznaky související s touto deformitou patří dechová nedostatečnost, pocit tíže a bolesti na hrudi, intolerance vyšší zátěže, rychlá únavnost, snížená svalová síla expiračních a inspiračních svalů, snížený srdeční výdej a typický vzhled postury (Colombani, 2009; Koumbourlis, 2009). Tyto projevy mohou být do jisté míry negativně ovlivněny psychikou a to hlavně u dospívajících, kteří výrazně vnímají svůj vzhled. Často se u pacientů s tímto onemocněním vyskytuje protrakce ramen, vypadlé břicho, hubená vysoká postava, dlouhé končetiny, hypermobilita, ploché nohy a skolióza (Creswick et al., 2006).

### 3.1.3 Operační techniky

První operační techniku, o které existují záznamy, provedl Meyer. Další pak v roce 1949 Ravitch. Tato metoda se označuje jako otevřená a používá se i dnes. Skládá se ze středního podélného řezu vedeného okolo sternu u mužů a submamilárně u žen. Dále pak se provede resekce deformovaných žeberních chrupavek a transverzální osteotomie sternu s jeho následnou mobilizací (Ravitch, 1977). Korekční postavení přední hrudní apertury je zafixování stehy a železnými dlahami, které se vyjímají přibližně po 6 měsících od operace. Existuje několik modifikací jako např. operační technika, při které se provede resekce žeberních chrupavek, osteotomie sternu a následně se sternum otočí o 180°, takže jeho konkávní strana směřuje dorzálně.

V roce 1998 začal používat Nuss miniinvazivní terapii, jejímž hlavním přínosem je zavedení kovové dlahy pod thorakoskopickou kontrolou. Zmenší se tak velikost řezu a není nutná resekce žeber ani osteotomie sternu, což zkracuje délku hospitalizace i dobu rekonvalescence a snižuje množství komplikací, které mohou během operace nebo po ní nastat. Operace začíná provedením dvou řezů, 3-4 cm dlouhých, v pravé a levé střední axilární linii v místech, kde je předpokládána největší rotace žeber. Do mezižebří na jedné straně hned pod řezem je vsunut thorakoskop s kamerou pro vizuální kontrolu operace a k určení místa největší deprese sternu. Z pravé strany je zasunut instrument, který oddělí sternum od perikardia. Následně je prostrčen skrz hrudník a vysunut na levé straně, kde se k němu připojí jedním koncem páska a poté se protáhne zpět. K druhému konci pásky se upevní kovová, 11 cm dlouhá dlahy, která se tak může prostrčit pod sternum. Její konkávní strana směřuje dopředu. Následně je otočená o 180°, přičemž konkávní strana nyní směřuje dozadu a tlačí sternum ventrálním směrem. Dlahy je vyjmuta po 2 - 3 letech (Brochhausen et al., 2012).

Jako prevence poškození srdce při zavádění instrumentu, kterým se odděluje perikardium od sternu, a pro lepší implantaci dlahy při Nussově operaci je možno využít vakuového zvonu. Ten díky podtlaku, který vytváří, dokáže podle Schierovy studie zvednout sternum a žebra během 2 minut. (Schier, Bahr & Klobe 2005)

Další modifikaci uvádí Al-Assiri et al. ve své studii z roku 2009. Jako prevenci pooperačních bolestí a zmenšení rigidity hrudníku byly použity 3 - 4 malé „relaxační řezy“ na žebních chrupavkách v místě největší deprese sternu. Tato metoda je vhodná hlavně pro starší pacienty, u kterých je snížena flexibilita chrupavek. (Al-Assiri et al., 2009)

Pro vyjmutí kovové dlahy je zapotřebí, aby pacient podstoupil ještě jednu operaci, což může zvýšit počet komplikací. Proto se vedou výzkumy, které pro stabilizaci této hrudní deformity používají bioabsorbovatelné materiály. Jejich výzkumem se zabýval např. Pilegaard. Využil pro korekci deformity u 85 pacientů absorbovatelné stabilizátory dlahy LactoSorb vyrobené z mléčné a glykolové kyseliny. Na konci 8 týdne si stabilizátor zachoval 70% ze své původní síly a k úplné absorpci došlo po 1 roce. Během prvních 8 týdnů došlo pouze u 6 pacientů k poškození stabilizátoru. (Pilegaard & Licht, 2008)

Další operační metoda nevyužívá ke zpevnění sternu žádnou dlahu ale sílu prsních svalů. Nejprve je proveden příčný řez kůží nad deformitou, následně jsou zvednuty části

m. pectoralis major, provedena oboustranná resekce deformovaných chrupavek a osteotomie sternu, tak aby došlo ke srovnání sternu do neutrální pozice. Pro udržení sternu v této pozici jsou použity absorbovatelné stehy a do nich zafixované prsní svaly, které jsou přiloženy zpět k perichondriu žeberních chrupavek. Účinnost této terapie zkoumal Marakawo et. al. u 20 pacientů s pectus excavatum. Hodnocení probíhalo formou „single - step questionnaire“, kdy pacienti hodnotili subjektivně výsledek operace. V průměru bylo bodové ohodnocení otázky „celková spokojenost“ 4 body z 5. Nebyly zaznamenány žádné případy propadnutí hrudní stěny (Marakawo, Steyn & Naidu, 2011)

### 3.1.4 Konzervativní terapie

Využití vakuového zvonu

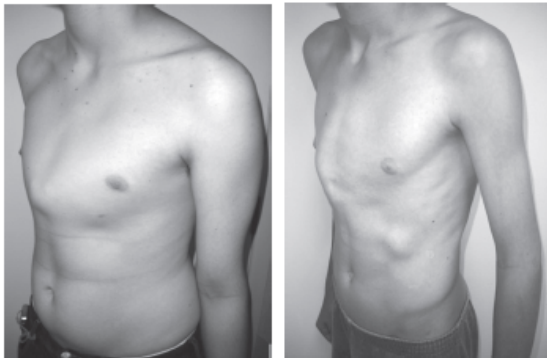
Konzervativní terapie PE pomocí vakua byla použita poprvé už více než před 100 lety. V dnešní době je však síla, kterou je přístroj schopný vyvinout mnohem větší a tudíž účinnější. Po přiložení na hrudník pacient pomocí ruční pumpičky vytváří v přístroji vakuum až 15% pod atmosférickým tlakem. Existují 3 různé velikosti podle věku pacienta. Vakuový zvon by se měl používat minimálně dvakrát denně na 30 minut. Podle výzkumů je účinek sil pozorovatelný už při prvním použití. Vedlejší nežádoucí efekty, které tato metoda může mít, jsou podkožní hematomy, petechiální krvácení, bolesti zad, přechodné paresthesie horních končetin a ve výjimečných případech fraktury žebere. Kontraindikacemi této terapie jsou krvácivé stavy, onemocnění kostí a srdeční vady (Haecker, 2006).



Obrázek 5. Vakuový zvon (Schier et al., 2005)

### 3.2 Pectus carinatum

Pectus carinatum je charakterizováno prominencí, nejčastěji střední a spodní, částí sternu a přilehlých žeberních chrupavek. Běžný je i výskyt asymetrických deformit, kdy je sternum nakloněné na jednu stranu a u některých pacientů může být hrudní kost na jedné nebo na obou stranách skosená (Fomkalsrud, 2003). Incidence tohoto onemocnění je 1:1000 (Coelho & Guimaraes, 2007), více než šestkrát častěji se objevuje u mužů a přes 30% pacientů má pozitivní rodinnou anamnézu (Fomkalsrud, 2003). Pectus carinatum se nejčastěji projevuje okolo 10 roku života. Většina autorů popisuje tuto deformitu hlavně jako kosmetický problém bez vedlejších příznaků, u pacientů se však může objevit zmenšení exkurzibility hrudníku, hlavně v jeho předozadním rozměru, dechová nedostatečnost v zátěži a rychlý nástup únavy (Fomkalsrud, 2003). V důsledku snahy pacientů svojí deformitu schovat se často objevuje vadné držení těla projevující se hlavně protrakcí ramen a zvětšenou hrudní kyfózou (Coelho & Guimaraes, 2006).



Obrázek 6. Pectus carinatum (Coelho & Guimaraes, 2006)

Pectus carinatum můžeme rozdělit na dva hlavní typy - dolní a horní. Dolní typ se označuje jako ptačí hrudník a je charakterizován prominencí střední a spodní části sternu a depresi žeber danou zakřivením costálních chrupavek a sternálních konců žeber směrem dorzálním. U horního typu, známého taky jako pouter pigeon, se prominence nachází hlavně v manubriosternálním skloubení a přilehlých žebrech (Coelho & Guimaraes, 2006).



### 3.2.1 Etiologie

Etiologie tohoto onemocnění není příliš objasněná. Určitý podíl mají, vzhledem k vysokému procentu pacientů s pozitivní rodinnou anamnézou, genetické predispozice a s velkou pravděpodobností se stejně jako u pectus excavatum velký vzrůst žeberních chrupavek (Coelho & Guimaraes, 2006). Pectus carinatum může také vzniknout jako komplikace po operaci pectus excavatum (Swanson & Colombani, 2007)

### 3.2.2 Operační metody

Pro operační řešení pectus carinatum se využívá modifikovaná Nussova miniinvazivní operace, která se skládá ze tří řezů. Jeden je veden vertikálně v xiphosternální rovině a další dva pak bilaterálně horizontálně od něj. Na dorzální stranu sternu je připevněna kovová dlaha, která chrání srdce a vytváří průchod pro drát. Ten je provlečen okolo sternu, okolo dlaha a zpět přes sternum. Dlaha je poté ještě připevněna k žebrům přes laterální thorakoskopické řezy. Na sternum je vyvinut tlak, který ho natlačí směrem k dlaze, k níž je následně zafixováno drátěnou smyčkou (Poullis, 2010).

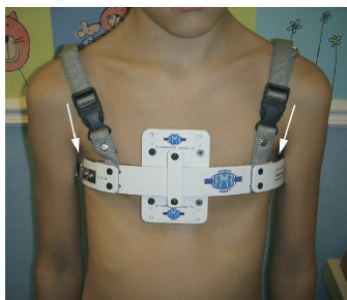
U pacientů s touto deformitou se také využívá modifikovaná Ravitchova operace, kdy je u mužů veden jeden řez ve střední linii a u žen dva submamilárně. Provádí se resekce žeber a v nutných případech osteotomie sternu. Korekční postavení je zafixováno dlahami a šrouby, které mohou být z bioabsorbovatelného materiálu (Del Farri & Schwabegger, 2011).

Další operační technika je využívána především u asymetrické formy pectus carinatum a je prováděna v poloze na boku s abdukcí horní končetiny pacienta. Řez je veden v axilární linii na okraji m. pectoralis major v délce 4,5 až 6 cm a dále je veden mediálně mezi dorzálními svalovými vlákny prsního svalu a žebrů. U deformovaných žeberních chrupavek je provedena chondrektomie, při které se vynechává zadní perichondrium chrupavky. Stabilita hrudní stěny je zajištěna válcovitými 1 - 2 cm dlouhými kousky chrupavek, které byly před tím vyjmuty. Ty jsou spojeny a připevněny ke sternu a žebrům absorbovalenými stehy (Andreotti, D'Andrilli, Venuta & Rendzina, 2012).

### 3.2.3 Konzervativní terapie

Protože je v mnohých případech pectus carinatum pouze kosmetickou vadou a operační řešení může být doprovázeno vážnými komplikacemi, je jednou z možných

terapií komprese hrudníku pomocí speciálního korzetu. Tato terapie je indikována převážně pacientům v dětském věku a v období puberty, kdy jsou žeberní chrupavky flexibilní. Okolo 20 roku života se jejich pružnost snižuje. Korzet se skládá ze dvou hliníkových pásů, které jsou podloženy v místě, kde se dotýkají hrudní kosti a páteře, měkkým polštářkem aby nedošlo k otlakům kůže. Dva popruhy připojené sponou k pásům, slouží k jejich fixaci přes ramena. Jako cvičení při nošení korzetu je doporučeno posilování m. pectoralis a hluboké, co nejrychlejší dýchání (Lee S.Y., Lee S.J., Jeon, Lee C.S. & Lee K.R., 2008). Úspěšnost této terapie zkoumali například Lee et al.. Provedli studii u 119 pacientů, kteří nosili korzet 6 měsíců 24 hodin denně. Následně hodnotili výsledky terapie pomocí škály od 1 do 4, kdy 1 znamenalo zhoršení, 2 žádnou změnu, 3 mírné zlepšení a 4 výrazné zlepšení. Průměrné skóre u pacientů starších 19 let bylo 3,20 +/- 0,8. Všichni mladší pacienti hodnotili proběhlou terapii číslem 4. Komplikace, které se objevily, byly bolesti zad, vyrážka a změna zbarvení kůže (Lee S.Y. et al., 2008). U 112 pacientů, které zkoumal Martinez - Ferro se u 17 objevil opětovný vznik deformity. Většina případů však souvisela s rychlým růstem v době po ukončené terapii (Martinez - Ferro, Fraire & Bernard, 2008).



Obrázek 7. Využití kompresivního korzetu v terapii PC (Martinez - Ferro et al., 2008)

### 3.4 Využití fyzioterapie v léčbě vrozených deformit hrudníku

Fyzioterapie sice nemůže deformitu odstranit, může však ovlivnit její progresi a mít pozitivní účinek na funkci oběhové a dýchací soustavy. Významné místo má také v pooperační době, kdy je důležitá pro prevenci komplikací, nácvik správného stereotypu dýchání a korekci postury (Schoenmakers, Gulmans, Bax & Helders, 2000).

U pacientů, kteří nepodstoupili operaci a v dlouhodobém rehabilitačním plánu u těch, kteří operační korekci absolvovali, je dobré zahrnout do terapie techniky měkkých tkání na zlepšení mobility hrudníku, posilovací cvičení pro svaly břišní stěny, zad a trupu a postizometrickou relaxaci na zkrácené prsní svaly pro korekci postury (Schoenmakers et al., 2000), plicní rehabilitace pro zlepšení funkce a vytrvalosti

respiračních svalů, prevence infekcí, zlepšení celkové kondice a nácvik relaxace.

Protože častou komplikací deformit hrudníku je skolióza (Schoemakers et al., 2000), můžeme u těchto pacientů využít také metody na neurofyziologickém podkladě nebo korekční léčbu dle Schrotové.

V pooperační fázi, kdy je vlivem anestezie porušená funkce mukociliárního aparátu plic, snížené kašlací reflexy a aktivita dýchacích svalů a svalů břišní stěny, jsou důležité metody respirační fyzioterapie, které se zaměřují na hygienu dýchacích cest. Mezi tyto techniky patří autogenní drenáž, aktivní cyklus dechových technik, PEP systém dýchání, intrapulmonální perkusivní ventilace a inhalační léčba (Smolíková & Máček, 2010, s. 74).

Vhodná je i pravidelná pohybová aktivita. Díky mechanismům adaptace na tělesnou zátěž se sníží dechová práce, zvyšuje se dechový objem, což umožňuje větší extrakci kyslíku z vdechovaného vzduchu, protože zůstává v plicích po delší dobu, inspirační svaly snižují své nároky na kyslík a zvyšují svoji výkonnost. Tyto mechanismy nijak podstatně neovlivní maximální statické a dynamické funkce pouze zajistí, že respirační systém je schopen dodávat větší množství kyslíku a snížit produkci laktátu, který se následně může použít jako energetický zdroj. (Máček & Radvanský, 2011)

## **4 OVLIVNĚNÍ RESPIRAČNÍHO SYSTÉMU DEFORMITAMI HRUDNÍKU**

Mnohé studie se zabývají otázkami, zda jsou deformity hrudníku pectus excavatum a carinatum kosmetickým problémem nebo jestli negativně ovlivňují kardiopulmonální funkce a jakou roli hrají ve snížené toleranci zátěže a rychlé unavitelnosti, na které si mnozí pacienti s tímto onemocněním stěžují.

### **4.1 Hodnocení plicních funkcí**

Základním diagnostickým prostředkem pro hodnocení respiračního systému je funkční vyšetření plic, které můžeme rozdělit na několik různých měření. Sledujeme hodnoty plicních objemů a kapacit, průchodnost dýchacích cest, elasticitu plic a také funkce dýchacího svalstva. Přístrojová vyšetření, která se dnes nejčastěji využívají jsou spirometrie a celotělová pletysmografie.

#### **4.1.1 Statické plicní objemy**

Jako dechový objem (TV) označujeme množství vzduchu, které člověk nadechne nebo vydechne při klidovém dýchání. Objem, který je možné nadechnout po ukončení klidového nádechu se nazývá inspirační rezervní objem (IRV). Expirační rezervní objem (ERV) se dá vydechnout ještě po ukončení klidového výdechu. V plicích však stále zůstává reziduální objem (RV), který je při hodnocení plicních funkcí velice důležitý, k jeho změření je zapotřebí celotělové pletysmografie. (Kolář et al., 2009, s. 556)

#### **4.1.2 Plicní kapacity**

Součtem dechového objemu, INR a ERV získáme vitální kapacitu plic (VC). U zdravých osob by se neměla lišit od usilovné vitální kapacity (FVC) (Kolář et al., 2009, s. 559), která se měří z úrovně maximálního nádechu provedením maximálního výdechu maximálním úsilím. Důležité je i hodnocení funkční reziduální kapacity (FRC), což je množství vzduchu, které zůstane v plicích po klidovém výdechu a je to moment, kdy se vyrovnává retrakční síla plic a síla hrudníku, která má odstředivý směr.

### 4.1.3 Dynamické plicní objemy

Objem vzduchu, který je vydechnut po maximálním nádechu během první sekundy výdechu, se označuje jako sekundová vitální kapacita (FEV1). Vyjádřená v procentech VC je nazývána jako Tiffeneauův index. V průběhu usilovného výdechu při měření FVC se hodnotí maximální výdechové průtoky (MEF) a to ve 25%, v 50% a v 75% FVC. Jedná se o maximální rychlost průtoku v dané fázi usilovného výdechu a můžeme z ní určit místo snížené průchodnosti dýchacích cest. Maximální minutová ventilace (MMV) je maximální množství vzduchu, které může být v plicích vyměněno za 1 minutu. Dynamické plicní objemy se spolu s plicními kapacitami využívají pro hodnocení velikosti plic, hyperinflace plic, přítomnosti restriktivní nebo obstrukční poruchy a mobilizovatelné kapacity (Kolář et al., 2009, s. 557).

Pro hodnocení plicních funkcí u pacientů s deformitami hrudníku je dobré využít jak statické tak dynamické testy (Jaroszewski, Notrica, McMahon, Steidley & Deschamps, 2010).

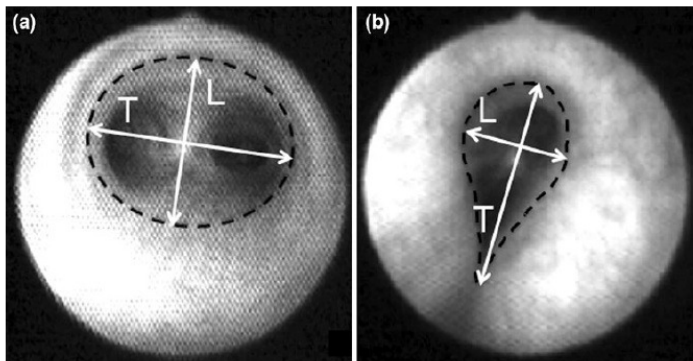
## 4.2 Vliv deformit hrudníku na kinematiku žeber

U pacientů s patologickou prominencí nebo depresí sternu dochází ke změně zakřivení žeber. Protože rozvíjení hrudníku je závislé na tvaru žeber, může tato skutečnost negativně ovlivnit dýchací pohyby. U pacientů s pectus excavatum se často objevuje tzv. paradoxní dýchání. Redlinger et al. porovnávali pomocí optoelektronické pletysmografie rozvíjení hrudníku u těchto pacientů se zdravými jedinci. Výsledky ukázaly, že u dětí a dospívajících s deformitou hrudníku bylo patrné zvýšení rozsahu pohybu v oblasti umbiliku. Naopak v oblasti processus xiphoides, mamilárních papil a na přechodu manubrium sterni a corpus sterni byla exkurzibilita oproti kontrolní skupině zmenšena (Redlinger et al., 2011).

## 4.3 Vliv deformit hrudníku na tvar dýchacích cest

Deprese sternu může mít za následek posun a rotaci srdce, což může ovlivnit průběh velkých cév např. aorty a arteriae pulmonales. Cévy tak tlačí na tracheu a primární bronchy a způsobují deformaci dýchacích cest (Grillo, Wright, Darteville, Wain & Murakami, 2005). Kamiyama et. al. zkoumali pomocí bronchoskopie průřez dýchacích cest u pacientů s PE a u zdravých jedinců. Vyšetření probíhalo v celkové anestezii, bez spontánních dýchacích pohybů a s tlakem v dýchacích cestách odpovídajícím atmosférickému tlaku. Průřez trachei a levého primárního bronchu se

výrazně lišil u pacientů s PE. Průřez pravého primárního bronchu byl u obou skupin stejný. Pooperační vyšetření, které následovalo po vyjmutí dlahy dva roky po Nussově operaci, ukázalo zmenšení deformity bronchů (Kamiyama et al., 2011).



Obrázek 9. Průřez dýchacími cestami ((a) trachea, (b) levý hlavní bronchus, L podélný rozměr, T příčný rozměr) (Kamiyama et al., 2011)

#### 4.4 Vliv deformit hrudníku na pulmonální funkce

Pectus carinatum obvykle představuje kosmetický problém bez přítomnosti patologického ovlivnění kardiopulmonálních funkcí (Cahill, Lees & Robertson, 1984; Lee et al., 2008; Coskun, Turgut, Demirsoy & Cansu, 2010; Andreetti, 2012). Někteří pacienti uvádějí zátěžovou nebo i chronickou dušnost, sípání a palpitace (Del Farri & Schwabegger, 2011). Tyto symptomy však mohou být způsobeny přidruženými onemocněními jako je např. astma bronchiale, které je přítomno u více jak 16% pacientů s PC, nebo psychologickými obtížemi. Obzvláště v adolescentním období, kdy člověk velmi vnímá vzhled svého těla, se dospívající s deformitou hrudníku stávají méně sebejistými a vyhýbají se některým pohybovým aktivitám jako je např. plavání (Coelho & Guimaraes, 2007). Fomkalsrud uvádí, že prominence sternu způsobuje setrvávání v mírném nádechovém postavení, zvýšení reziduální kapacity a snížení vitální kapacity plic. Testování plicních funkcí by proto mělo probíhat v zátěži, protože se změny nemusí při klidové spirometrii projevit (Fornkalsrud et al., 2003).

U pacientů s pectus excavatum se také provádějí studie, které by ozřejmily vliv této deformity na pulmonální funkce. Na rozdíl od pectus carinatum je však většina autorů přikloněna k názoru, že plicní funkce negativně ovlivňuje a výzkumy se zaměřují na to, zda se jedná o restriktivní nebo obstrukční onemocnění, zda má nějaký vliv na růst plic, jestli je nějaká korelace mezi velikostí obtíží a Hallerovým indexem a jestli

není nízká tolerance zátěže způsobena spíše postižením kardiovaskulárního systému. Avšak navzdory velkému množství studií nejsou závěry vždy stejné.

V tabulce 1. jsou uvedeny jednotlivé studie s výsledky předoperačních plicních vyšetření (bližší popis je uveden v kapitole 5). Dvě studie uvádí, že všechny naměřené hodnoty byly v normě (Aronson et al., 2007; Nevriere et al., 2011). Malek et al. (2003), Lawson et al. (2005), Johanson et al. (2008), Castellani et al. (2010), Tang et al. (2011) a Sigalet et al. (2007) ze svých měření vyhodnotili snížené hodnoty FEV1 a FVC. Poslední zmíněný vydal v roce 2003 studii, kde uvádí ještě snížené hodnoty TLC a VC. Výsledkem posledních uvedených studií jsou nížené parametry TLC a IVC (Kowalenski, Barcikowski & Brocki, 1997; Morshuis et al., 1993) a nižší hodnoty VC a FEV1 (Derveaux, Ivanoff, Rochette & Demedts, 1988).

	TLC	VC	FVC	FEV1	FRC	RV	IVC
Aronson, 2007	n	n		n	n		
Castellani, 2010			s				
Derveaux, 1988		s		s	n	n	
Johnson, 2007			s	s			
Kowalenski, 1997	s						s
Lawson, 2005			s	s			
Malek, 2013			s	s			
Morshuis, 1993	s			n	n	n	s
Nevriere, 2011	s - n		s - n	s - n	s - n	s - n	
Sigalet, 2001	s	s	s	s			
Sigalet, 2007			s	s			
Tang, 2011		n	n	s			

Tabulka 1. Vliv PE na parametry plicních funkcí (s - snížení, n - normálové hodnoty, s - n - snížení hodnot v rámci normy)

#### 4.4.1 Typ ventilační poruchy

Pro hodnocení typu ventilační poruchy se používají hlavně hodnoty FEV1, FEV1/VC, TLC a VC. U pacientů s pectus excavatum nacházíme podle některých současných studií častěji obstrukční typ poruchy. Toto tvrzení dokazuje např. studie Koumbroulise z roku 2004, kdy zkoumali výsledky 103 pacientů s PE, kteří v předchozích deseti letech podstoupili spirometrické vyšetření a celotělovou pletysmografii. Za obstrukční poruchu byly určeny výsledky se sníženými hodnotami FEV1/FVC pod 85%, FEV<sub>25-75</sub> s porovnáním k FVC a pokud měla křivka průtok - objem konkávní tvar. Tyto hodnoty se objevily u 42 pacientů (41%). Restrikční porucha se projevila pouze u 5 pacientů (5%), kteří měli snížené hodnoty TLC a/nebo FVC pod

75% a normální hodnoty FEV1/FVC. Ostatní pacienti (54%) měli parametry odpovídající normě. Mezi ně patřilo nevíce dětí ze skupiny ve věku 5 - 9 let. Naopak nejvíce postiženou skupinou byly děti od 10 do 14 let, což mohlo být z důvodu období rychlého růstu, ve kterém se nacházeli. Nebyla nalezena žádná korelace mezi velikostí deformity a mírou snížení hodnot ventilačních funkcí. (Koumbroulis & Stolar, 2004)

Dalšími studiemi, které se přiklánějí k názoru, že jde o obstrukční typ poruchy, jsou studie autorů Malek, Lawson, Johanson a Sigalet, kteří zjistili u svých pacientů snížené hodnoty typické právě pro obstrukci.

Někteří autoři se však přiklánějí i k názoru, že častěji se vyskytuje restriktivní porucha. Např. Coskun et al. roku 2010 vydal studii, kde z 35 pacientů mělo snížené hodnoty plicních funkcí 31,4% a z toho 25,7% odpovídaly restriktivní poruše a pouze 5,7% obstrukční (Coskun et al., 2010). Kubiak et al. ve svém výzkumu uvádí, že z 15 pacientů mělo známky restrikce 5, hodnoty typické pro obstrukci 4, kombinaci obou 4 a 2 měli plicní funkce v normě (Kubiak et al., 2007). Jako restriktivní typ poruchy označuje snížené ventilační parametry také Morshuis (Morshuis et al., 1993).

#### 4.4.2 Vliv na toleranci zátěže

V klidu často pacienti žádné limitace způsobené deformitou nepozorují (Tang et al., 2011). Symptomem, na který si však nejčastěji stěžují je snížená tolerance zátěže a dušnost v průběhu cvičení. Ventilace při vykonávání pohybové aktivity může být sice zvýšena zvýšením dýchání, to ale nelze uplatnit, nebo pouze do malé míry, u pacientů s restriktivní poruchou, kteří mají sníženou pohyblivost hrudníku (Cahill et al., 1984).

Malek et al. vydali studii, ve které zkoumali 21 pacientů s PE. 18 z nich vykonávalo pravidelnou sportovní aktivitu 30 minut až 2 hodiny denně. Přesto byly u nich měřené hodnoty sníženy. Funkční vyšetření plic ukázalo normální hodnoty TLC, FRC a RV. FEV1, MVV, FVC a difúzní kapacita plic pro CO<sub>2</sub> byli sice sníženy, v průměru však pravděpodobně neměly klinický význam. Naopak výrazně byla snížena hodnota VO<sub>2</sub>max a schopnost odbourávat v zátěži laktát. Tato skutečnost byla znatelnější u pacientů s větší deformitou. Výsledkem této studie bylo potvrzení názoru, že pacienti s PE by měli podstoupit korekční operaci, avšak vliv na pulmonální funkce neprokázala. (Malek, Eric, Fonkalsrud & Cooper, 2003)

Podobné výsledky uvádí i Nevier et al. Naměřené hodnoty VO<sub>2</sub>max a pO<sub>2</sub> byly u 20 zkoumaných pacientů výrazně sníženy a byla přítomna pozitivní korelace mezi mírou redukce a velikostí deformity. Spirometrické vyšetření ukázalo jen lehké snížení



hodnot, které však bylo v normě. Oproti předchozí studii zahrnovala tato ještě měření tlaků v dýchacích cestách během inspirace. Ty byly výrazně odlišné od normálových hodnot, což pravděpodobně ukazuje na snížení síly inspiračních svalů. Závěrem bylo, že touto redukcí se alespoň částečně respirační systém podílí na kardiovaskulární limitaci zátěže. (Neviere, Benhamed, Pentiah & Wurtz, 2013)

#### **4.4.3 Vliv velikosti deformity na míru poškození pulmonálních funkcí**

V této oblasti se názory jednotlivých autorů většinou shodují. Studie zmíněná v kapitole 4.4.1 od Koumbroulise žádný vztah mezi velikostí deformity a míru poškození pulmonálních funkcí nenachází. Ke stejnému výsledku došel i Morshuis et al., který u 35 zkoumaných pacientů nenašel žádnou korelaci mezi těmito dvěma hodnotami ani v předoperačním vyšetření ani v pooperačním (Morshuis et al., 1993). Kubiak et al. a Kowalenski et al. naměřili výrazné zlepšení plicních funkcí po operaci u skupin s větším HI. Neviere et al. a Malek et al., jejichž výzkumy byly popsány v kapitole 4.4.2, zjistili větší snížení hodnot  $VO_2\max$  a  $pO_2$  a zvýšené obtíže v zátěži u pacientů s výraznou deformitou. A to i navzdory značně vyšší úrovni pohybové aktivity (až 6 hodin týdně), kterou pacienti vykonávali (Malek et al., 2013). Spirometrické hodnoty byly v normě. Z toho vyplývá, že velikost HI má vztah k míře postižení kardiovaskulárního systému.

Úplně opačný názor však má Swanson et al.. V jeho studii z roku 2011 je zahrnuto 87 pacientů a zabývala se přímo korelací Hallerova indexu a poruchou kardiovaskulárních funkcí. Pacienti podstoupili zátěžový test se spirometrií a CT hrudníku. 24% jich mělo poruchu pouze kardiovaskulárních funkcí, 18% pouze pulmonálních funkcí, 17% kombinaci obou a 41% mělo měřené hodnoty v normě. HI se pohyboval v rozmezí 2,3 - 11,3 a jeho průměrná velikost byla 4,1. Největší Hallerův index byl pozorován u pacientů s izolovanou pulmonální poruchou a s kombinací obou. Zvláště výrazné to bylo při snížení vitální kapacity. Naopak stejné hodnoty byly změřeny u skupiny s normálními funkcemi a abnormálními hodnotami  $VO_2\max$  a  $pO_2$ . Swanson říká, že srdce by depresí sternu nemuselo být stlačené ale pouze posunuté a tudíž by deformita na srdeční funkce v zátěži neměla žádný vliv. (Swanson et al., 2011)

## 5 VLIV OPERACE NA PLICNÍ FUNKCE

U pacientů s pectus carinatum se stejně jako v předoperačním vyšetření plicních funkcí žádné výrazné změny neobjevují (Cahill et al., 1983). Proto se tomuto tématu mnoho studií nevěnuje.

Studií zabývajících se vlivem operačního řešení pectus excavatum je oproti tomu velké množství. Většina se shoduje, že korekce má pozitivní vliv na toleranci zátěže. Avšak při posuzování plicních funkcí se názory jednotlivých autorů liší. Často to závisí na tom, po jak dlouhé době od operace bylo vyšetření prováděno, zda byli pacienti po nebo před vyndáním fixační dlahy a jakou metodou byli operováni.

Snížení hodnot pulmonálních funkcí uvádí např. Derveaux (1988), Morshuis (1993), Neviere (2011) a Quigley (1996).

Morshuis prováděl pooperační vyšetření u 35 pacientů 12 měsíců po zákroku, při kterém byla použita Danielova technika. TLC a IVC byly výrazně nižší než hodnoty naměřené před operací. Toto snížení poukazuje na zvýraznění restriktivní plicní choroby. Oproti vyšetření před korekcí se výrazně zlepšila tolerance zátěže, ačkoliv se zvýšilo procento pacientů, u kterých byla přítomna pulmonální limitace zátěže. Nárůst byl zaznamenán i ve velikosti dechové práce, nejspíše kvůli snížení elasticity hrudníku. (Morshuis et al., 1993)

Stejný důvod poklesu plicních funkcí zaznamenal i Neviere et al., který svou studii zaměřil na pooperační výsledky u dospělých pacientů. 120 pacientů podstoupilo bodyplety smografii a spirometrické vyšetření před operací a 6 a 12 měsíců po. Navzdory předozadnímu rozšíření hrudníku se u některých pacientů objevilo snížení mobility hrudníku a z tohoto důvodu mírné snížení hodnot FVC, FEV1, TLC a RV. Zlepšení se opět výrazně projevilo v maximálních naměřených hodnotách  $VO_2$  a výšce anaerobního prahu. Neviere však uvádí, že pacienti v zátěži neměli pulmonální limitaci a oproti Morshiusovi to přičítá zvýšené dechové frekvenci při stejném dechovém objemu v porovnání s předoperačními výsledky. (Neviere et al., 2011)

Derveaux et al. hodnotil pacienty, kteří byli průměrně více jak 12 let po operaci. V procentech předpokládaných hodnot bylo naměřeno snížení VC a FEV1 o 20 - 25%, avšak v přepočtu na litry byly absolutní hodnoty vyšší díky zvětšení objemu hrudníku během dospívání. Bylo také zaznamenáno mírné zhoršení restriktce, která však měla extrapulmonální původ, což se shoduje s předchozími studiemi. (Derveaux et al., 1988)

Poslední výzkum provedený Quigley et al. porovnával výsledky 36 dospívajících s pectus excavatum s desetičlennou skupinou stejně starých zdravých jedinců. Obě skupiny podstoupily dvě funkční vyšetření plic ve stejném časovém rozmezí. U pacientů s deformitou se jednalo o předoperační hodnocení a o vyšetření 8 měsíců po operaci, těsně před vyndáním fixační dlahy. Oproti kontrolní skupině byl u nich zjištěn výrazný pokles FVC (průměrně 81% normy oproti 98% náležitých hodnot u zdravých jedinců). Poměr FEV1/FVC byl v normě, což vylučuje přítomnost obstrukční choroby. Absolutní hodnoty FVC po 8 měsících od operace sice výrazně vzrostly, avšak přepočteno na procenta normálových hodnot nedošlo k žádnému zlepšení, čehož důvod je podle autora růst, kterým pacienti v období mezi měřeními prošli. (Quigley, Haller, Karen, Loughin & Marcus, 1996)

Sigalet (2002) a Castellani (2010) porovnávají měření ve dvou různě dlouhých intervalech od operace.

Sigalet et al. uvádí první měření v době 2 - 3 měsíce od Nussovy korekce. Všichni pacienti z 11 zkoumaných měli snížené hodnoty FVC, FEV1 a VC, přestože většina pacientů pociťovala subjektivně lehké zlepšení dušnosti. Snížení dynamických plicních funkcí se projevilo i v redukcí  $VO_2\max$  a výšce anaerobního prahu. Zlepšení se projevilo pouze při měření srdečních funkcí v klidu. V časné fázi má tedy operační odstranění deformity negativní vliv na pulmonální funkce stejně jako u Ravitchovy metody (Cahill, 1984). Druhé měření bylo provedeno v období 12 - 18 měsíců po operaci a během něho došlo k vyrovnání hodnot zpátky na hodnoty naměřené před operací. U některých pacientů se objevilo i mírně zlepšení. Sigalet předpokládá, že další zlepšení by mělo přijít po vyndání fixační dlahy. (Sigalet, Montgomery & Harder, 2002)

Této úvaze však odporuje Castellani et al. ve své studii. FVC byla před korekcí průměrně snížena na 91% náležitých hodnot. 23,9% pacientů mělo dokonce hodnoty nižší než 80% a stejný počet naopak vyšší než 100% normy. V pooperační fázi však došlo k dalšímu výraznému poklesu, průměrně na 79%. Při vyšetření, které bylo provedeno po vyndání dlahy okolo 3. roku po její implantaci, došlo sice k výraznému nárůstu FVC, avšak pouze na úroveň snížených předoperačních hodnot. Závěrem této studie je, že operační řešení pectus excavatum nemá na pulmonální funkce žádný pozitivní vliv. (Castellani, Windhaber, Schober & Hoellwarth, 2010)

Wynn et al. srovnával dvě skupiny pacientů s PE z nichž jedna podstoupila operaci a druhá ne. Věk a velikost deformity zkoumaných adolescentů byly stejně jako množství pohybové aktivity, kterou vykonávali za týden, u obou skupin srovnatelný.

Všech 12 pacientů, kteří se zúčastnili výzkumu, podstoupilo dvě měření plicních funkcí zhruba ve stejném časovém intervalu. Rozdíly v naměřených hodnotách u operované a neoperované skupiny však nebyly ve většině případů nijak výrazné. FEV1, MVV a RV/TLC byly v rámci normálových hodnot při prvním vyšetření a ani u jedné skupiny se při druhém významně nezměnily. Jediný předoperačně snížený parametr byla TLC (průměrně na 80,3% normy), která se u pacientů po korekci ještě snížila na 72,8% +/- 4,2%. Podle autora je příčinou snížení vitální kapacity pooperační restrikce hrudníku a závěr, který uvádí je, že operace u pacientů s PE má kladný vliv jen na psychiku. (Wynn et al, 1989)

Kowalenski et al. tvrdí, že zlepšení plicních funkcí po operaci se dá očekávat pouze u pacientů s výrazným předoperačním snížením. Jeho studie zahrnovala 34 jedinců, kteří podstoupili funkční vyšetření plic před operací a 5 let po. Podle velikosti deformity je rozdělil do 2 skupin. V průměru ani v jedné ze skupin nebyly změny hodnot po operaci výrazné. Avšak u pacientů, kteří vykazovali před operací redukcí parametrů IVC a FEV1 pod 75% náležitých hodnot, bylo pozorováno výrazné zlepšení. Takto snížená inspirační vitální kapacita se objevila u 18 pacientů. Z průměrné hodnoty 64, 1% před operací se parametr zdvihl na 78,9%. U 22 pacientů vzrostla velikost FEV1 z průměrných 60,8% na 72,4. Autor se proto domnívá, že by operace měla být prováděna jen u pacientů s výrazným snížením plicních funkcí. (Kowalenski et al., 1997)

K podobnému výsledku došel i Lawson et al., který zkoumal plicní funkce před operací u 408 pacientů a u 45 z nich i po Nussově operaci. Rozdělil je opět na dvě skupiny. První byla mladší 11 let, měla hodnoty FVC, FEV1 a MEF<sub>25-75</sub> blíže normě, avšak po operaci nedošlo ke změně. U druhé skupiny, který byla nad 11 let, se ukázala redukce parametrů vyšší a pacienti vykazovali statisticky významné zlepšení po korekci deformity. FVC byla zlepšena o 6%, FEV1 o 9% a MEF<sub>25-75</sub> o 15%. (Lawson et al., 2005)

K závěru, že Nussova (miniinvazivní) operace zvyšuje hodnoty plicních funkcí, došli Arosón (2007), Kubiak (2007), Sigalet (2007) a Tang (2011).

Arosón et al. vytvořil velkou studii, která zahrnovala 145 pacientů. Všichni podstoupili předoperační vyšetření, 111 jich absolvovalo kontrolu 6 měsíců po operaci, 74 těsně před vyndáním fixační dlahy a 53 ještě jedno vyšetření 6 měsíců po vyndání. Byly hodnoceny tyto parametry ve třech po sobě následujících pokusech, ze kterých byl použit vždy nejlepší výsledek - TLC, FRC, VC, FEV1 a MEF<sub>50</sub>. Dynamické i statické

plicní funkce byly při prvním měření v rámci normálových hodnot. Statisticky významné navýšení TLC, FRC, VC a FEV1 bylo zjištěno 6 měsíců po operaci a nárůst MEF<sub>50</sub> při vyšetření před vyndáním dlahy. Po vyndání už však žádné výrazné změny zaznamenány nebyly. I přes nárůst hodnot však autoři vyvozují z výsledků závěr, že operace deformit hrudníku řeší pouze kosmetický problém, avšak plicní funkce nezlepšuje. (Arosón et al., 2007)

Ve švýcarské studii byly naměřeny parametry plicních funkcí u 15 pacientů 32 dní před miniinvazivní operací a 129 dní a 3 roky po ní. Třetí vyšetření následovalo po vyndání fixační dlahy. Hodnoty zjištěné ze spirometrie a bodypletysmografie byly předoperačně sniženy a téměř ve stejném počtu se objevil obstrukční, restriktivní a smíšený typ poruchy. Všechny parametry (VC, FEV1, TLC, RV a MEF<sub>25</sub>) se po operaci zlepšily, avšak statisticky výrazné zvýšení bylo zaznamenáno pouze u VC, FEV1 a RV/TLC. Velký význam má deformita, podle autora, na hodnotu MEF<sub>25</sub>. Z 58% normy před korekcí vzrostla hodnota na 71%. I přes zlepšení plicních funkcí nechává autor otázku, zda má jejich měření u pacientů s PE význam, otevřenou. (Kubiak et al., 2007)

26 pacientů bylo zahrnuto do studie Sigaleta et al. také z roku 2007. Vyšetření plicních funkcí bylo provedeno celkem čtyřikrát a to před operací, která byla provedena dle Nusle, 18 měsíců po chirurgickém zákroku, před vyndáním dlahy a 3 měsíce po vyndání. Při subjektivním hodnocení uvedli všichni pacienti v krátkém časovém úseku od operace větší spokojenost se svým vzhledem a zlepšení zátěžové tolerance. Byl pro to využit dotazník „5 point Likert scale“. 0 bodů bylo pro žádné zlepšení a nejlepší hodnocení bylo číslem 5. Po dvou letech ani po vyndání dlahy už další zlepšení pacienti nezaznamenali. Objektivně byl zjištěn výrazný nárůst parametrů FEV1 a TLC. V rozporu s jinými autory uvádí Sigalet et al., že pooperační zlepšení plicních funkcí se projevuje i u pacientů bez vážnějších symptomů před operací a s lehkou deformitou. Zlepšení přičítá kombinaci zvýšení srdečního výdeje zátěži a efektivity práce hrudníku, jejíž snížení je před korekcí způsobeno redukcí zdatnosti inspiračních svalů. (Sigalet et al., 2007)

Ve studii z roku 2011 porovnává Tang et al. 49 pacientů s PE a 26 zdravých jedinců stejného věku jako kontrolní skupina. Pooperační vyšetření bylo provedeno 1 rok po modifikované Nussově operaci, kdy fixační dlahy ještě nebyla vyndána. Předoperační hodnoty FEV1 byly u pacientů sniženy na průměrně 86% oproti kontrolní skupině, kde bylo naměřeno průměrně 94% normy. Po operaci došlo ke zvýšení FEV1 na 91%. Snížení hodnot plicních funkcí u kontrolní skupiny při druhém vyšetření po 12

měsících, přičítá autor snížené pohybové aktivitě, kterou jedinci z této skupiny uvádí. Oproti skupině s deformitou hrudníku, která svůj pohybový režim nijak nezměnila. (Tang et al., 2011)

## 5. 1 Kasuistika

Pacient: O.H.

Rok narození: 1990

RA: bezvýznamná vzhledem k onemocnění, 2 bratři - ani u jednoho se deformita hrudníku neprojevila

OA: běžné dětské nemoci, bez přítomnosti zvýšeného počtu onemocnění dýchacích cest, operace: 2x umbilikální hernie v předškolním věku, apendicitis, úraz C páteře při pádu z houpačky - řešeno konzervativně - límec, pectus excavatum - deformita se projevila ve 13 - 14 letech (v období pacientova růstového spurtu), v červnu roku 2010 řešeno miniinvazivní operací bez komplikací

PA: student - humanitní zaměření, brigádně řidič

Sportovní A: před operací jízda na kole, po operaci: +/- 4 hod. týdně (běh, posilovna)

Vyšetření plicních funkcí:

1. vyšetření: 11. 6. 2010 - předoperační

- bodypletysmografie, impulzní oscilometre
- výsledky: velikost plic normální - TLC 95% náležitých hodnot, VC 91%, FVC a FEV1 v normě, průchodnost periferních i centrálních dýchacích cest v normě, bez známek restriktivní plicní choroby, hraniční nález statické hyperinflace plic, celkové hodnocení: v širších mezích normální plicní funkce

2. vyšetření: 9. 2. 2011 - 8 měsíců po operaci

- bodypletysmografie, impulzní oscilometre
- výsledky: mírná progresse velikosti plic - TLC 104% normy, snížení hodnot VC (74%), FVC a FEV1, výrazná progresse hodnoty RV/TLC (ze 124% normy na 202% náležitých hodnot), průchodnost dýchacích cest normální

Závěr: po operaci výrazná progresse statické hyperinflace plic, související pravděpodobně se změnou mechaniky hrudníku

NO: pectus excavatum - 3 roky po operaci, v říjnu 2013 plánované vyndání dlahy

SUB.: pacient nepociťoval před operací žádné omezení kardiopulmonálních funkcí ani snížení tolerance zátěže, uvádí psychický dopad deformity, pozitivní změny po operaci hlavně v psychice, jinak výrazné zlepšení nepociťuje

OBJ.:

- vyšetření stoje: ramena ve stejné výšce, mírné vychýlení doleva, výrazná protrakce, zvýšený svalový tonus v m. trapezius, scapulae alatae (více vpravo), abdukční postavení lopatek (více vpravo), taile nesouměrné, aktivita břišních svalů v normě, postavení pánve bez patologie, gluteární a kolenní rýhy ve stejné výšce, mírně varózní postavení Dkk, postavení patel v normě, klenba nožní přiměřená
- vyšetření dynamiky hrudníku: obvod hrudníku v klidovém postavení : 82 cm, obvod hrudníku při max. nádechu: 86 cm, odvod hrudníku při max. výdechu: 70 cm
- vyšetření dynamiky páteře:
  - Cp - Čepojova distance: prodloužení o 3 cm
  - Thp - Ottova deklinační distance: bez prodloužení, Ottova inklinací distance: prodloužení o 1 cm
  - Lp - Schoberova distance: prodloužení o 5 cm
  - Thomayerova zkouška: negativní
  - Adamsův test: negativní
  - závěr: snížená pohyblivost hrudní páteře do flexe i extenze, palpačně obratle v anterioposteriorním směru nepruží
- vyšetření pohybových stereotypů:
  - abdukce Hkk: souhyb lopatek už od 20°
  - flexe trupu: stejnoměrné zapojení m. rectus abdominis a šikmých břišních svalů, bez diastázy břišní
  - extenze Dkk: oboustranně zvýšený tonus paravertebrálních svalů
  - dechový stereotyp: omezený laterální pohyb spodních žeber, kraniokaudální pohyb sternu a horních žeber

- brániční test: výborná aktivace svalů břišní stěny, omezený laterální pohyb žebér
- vyšetření měkkých tkání: zvýšený odpor kůže na zádech v oblasti Thp, mírně snížená pohyblivost hrudní fascie, jizvy pohyblivé
- vyšetření svalového tonu: zvýšení svalového tonu m. trapezius, m. pectoralis major, m. erector trunci v oblasti Thp, m. levator scapulae
- vyšetření svalové síly: oslabení adduktorů lopatek, m. gluteus maximus
- vyšetření kloubní vůle: omezené pružení sternocostálních skoubení
- vyšetření kloubní pohyblivosti: rozsah pohybů bez omezení

Předchozí rehabilitace: před operací 8 cvičení - korekce dechového stereotypu, nácvik dýchání s břichem, aktivizace hlubokého stabilizačního systému, bezprostředně po operaci - techniky hygieny dýchacích cest, po propuštění z nemocnice krátkodobě rehabilitace - korekce držení těla a dechového stereotypu

Krátkodobý rehabilitační plán: uvolnění měkkých tkání v oblasti hrudníku, zlepšení mobility hrudníku, zlepšení dynamiky hrudní páteře, nácvik laterálního rozvíjení žebér, korekce držení těla

Dlouhodobý rehabilitační plán: korekce protrakce ramen, posílení a správné zapojení mezilopatkových svalů, korekce dechového stereotypu



## 6 DISKUSE

Pectus excavatum a pectus carinatum jsou nejčastějšími vrozenými deformitami hrudníku a objevují se v populaci s poměrně velkou incidencí. Ve své bakalářské práci jsem čerpala z dostupných zdrojů, které se touto problematikou zabývají. Otázka, zda mají tyto deformity vliv na kardioplumonální funkce je v této problematice hlavním tématem. Obecně se všichni autoři shodují v negativním vlivu změn konfigurace hrudníku na psychiku. Tato skutečnost by mohla mít vliv na snížené množství pohybové aktivity a tím na sníženou toleranci vyšší zátěže. Malek et al. (2003) ale uvádí menší schopnost výkonu u pacientů s větší deformitou i přes to, že vykonávali průměrně 3 hodiny pohybové aktivity týdně. Tato studie obsahuje poměrně velký počet probandů a jsou zde podrobně rozepsány způsoby testování a výsledky měření, avšak pacienti, kteří se výzkumu zúčastnili, jsou věkově velmi různorodí (13 - 50 let). Hrudník má v různém věku různé vlastnosti a i adaptační mechanismy se mohou lišit, proto by bylo vhodné uvést, zda se výsledky v jednotlivých věkových kategoriích nějak lišily. Na příklad Lawson et al. (2005) rozdělil pacienty na mladší a starší 11 let a výsledky byly rozdílné. Starší jedinci měli před korekcí mírně horší a pooperačně daleko lepší výsledky. S tím souvisí vliv míry poškození plicních funkcí před operací na míře jejich zlepšení při druhém vyšetření. Kowalenski et al. (1997) uvádí, že progresse hodnot nastává pouze u pacientů se závažným předoperačním snížením. Studie obsahuje podrobné informace o jednotlivých vyšetřeních a procentuálních výsledcích, hodnotí ale jen 2 respirační parametry (IVC a FVC), takže není jasné, zda to platí i pro ostatní.

Výsledky jsou pravděpodobně také závislé na způsobu operace. Derveaux et al. (1988), Morshuis et al. (1993) a Neviere et al. (2011), kteří zaznamenali zhoršení pulmonálních funkcí, zvolili tzv. otevřené typy operací. Tyto formy chirurgického řešení jsou pro organismus daleko větší zátěží než miniinvazivní a dochází při nich k rozsáhlejšímu poškození tkání, což může mít za následek snížení elasticity hrudníku a zhoršení parametrů.

Dalším faktorem je délka časového období mezi operací a funkčním vyšetřením plic. Sigalet et al. (2002) provedl druhé měření už 2 - 3 měsíce po operaci a došlo ke zhoršení FVC, FEV1 i VC, které byly už předoperačně sníženy. K zlepšení na původní hodnoty došlo až po roce. Tato studie má ale pouze 11 probandů. Stejnou problematikou u většího počtu pacientů (55) se zabývá ještě Castellani et al. (2010). Je

zde ale stejná tendence snížení a následného zvýšení hodnot na předoperační. Limitace této práce je však v tom, že není uvedena přesná doba druhého měření. Avšak dalo by se říct, že toto snížení by mohlo být způsobeno tím, že při každé operaci dochází k určitému poškození tkání a je potřeba nějaký čas pro jejich regeneraci. Limitace této práce je však v tom, že není uvedena doba druhého měření. Výsledky v časné pooperační fázi po Nussově operaci jsou podobné výsledkům po otevřených typech korekce. Otázkou zůstává do kdy se dá označit doba jako „časná pooperační“. Už 6 měsíců po miniinvazivní operaci zaznamenává Aronson et al. (2007) nárůst hodnot TLC, FRC, VC a FEV1. I přes to považuje operaci za „pouze“ kosmetickou úpravu. Kubiak et al. (2007) uvádí v abstraktu, že vyšetření bylo provedeno 129 dní po operaci, výsledky tohoto měření však nejsou už uvedeny. Nárůst hodnot však popisuje po třech letech - těsně po vyndání fixační dlahy. Další limitací této studie je i malý počet probandů a není také uveden konečný názor autora, zda má operační řešení v otázce plicních funkcí u pacientů s deformitou hrudníku významný pozitivní vliv. Názor, že tomu tak je, zastávají Sigalet et al. (2007) a Tang et al. (2011). Tang et al. uvádí výrazný nárůst hodnot už rok po operaci, Sigalet et al. však až po vyndání dlahy (zhruba 3 roky po korekčním zákroku). 2 roky po operaci uvádí stále ještě snížení hodnot. Platí tedy, že navzdory velkému množství studií, není zatím na tuto problematiku jeden ucelený názor (Tang et al., 2001).

Součástí práce je i kasuistika jednoho pacienta po operaci deformity pectus excavatum. Zatím podstoupil dvakrát spirometrické vyšetření a bodyplethysmografii pro kompletní hodnocení plicních funkcí. Před operací byly všechny parametry v širších mezích zhodnoceny jako normální. Pooperační vyšetření ukázalo výrazný nárůst statické plicní hyperinflace, což bylo pravděpodobně způsobeno změnou mechaniky pohybu hrudníku. Ke stejnému výsledku došel i Nevier et al. (2011), který se ve své studii zaměřil na výzkum pacientů v dospělosti (věkové rozmezí se pohybovalo mezi 18 a 62 roky, průměrně 27 let) a stejně jako u pacienta O. H. byly u nich nalezeny předoperační hodnoty v rámci normálních a druhé vyšetření bylo provedeno v podobném časovém rozmezí. Vzhledem k tomu, že do studie bylo zahrnuto 120 pacientů, z nichž 70 se zúčastnilo pooperačního vyšetření a u každého byly provedeny tři pokusy měření ze kterých byl vždy vybrán ten nejlepší, dá se tato studie považovat za validní. Avšak oproti mé kasuistice byla využita jako metoda operace Ravitchova technika, při které, jak už je poznamenáno výše, dochází k většímu narušení tkání. U

pacienta je nárůst hyperinflace plic způsoben pravděpodobně změnou mechaniky hrudníku.

Subjektivně byla pro pacienta deprese sternu hlavně kosmetickým problémem, kvůli kterému se vyhýbal kolektivním sportovním aktivitám a návštěvám plaveckých bazénů. Odlišnost vzhledu hodnotil velice negativně, avšak v klidu ani při zátěži nepociťoval žádné výrazné omezení respiračních funkcí. Tento názor se nezměnil ani operaci, kterou pacient ve svých dvaceti letech podstoupil. S korekcí hrudníku je velice spokojen, hodnocení se však týkalo opět jen kosmetického vzhledu. Zajímavý byl nárůst času, který začal týdně věnovat pohybové aktivitě. Podle jeho slov však nemá žádnou spojitost s operací.

Při kineziologickém rozboru se mi potvrdil názor týkající se celkového vzhledu, který se u jedinců s pectus excavatum objevuje a tím je vysoká hubená postava, protrakce ramen, skolióza, propadlá klenba nožní a hypermobilita (Creswick et al., 2006). Pacient, kterého jsem vyšetřovala však neměl sníženou sílu svalů břišní stěny. Do doporučeného rehabilitačního plánu bych zahrнула techniky pro zvýšení mobility hrudní páteře, korekce dechového stereotypu a korekci postury.

Využitím rehabilitace u pacientů s deformitami hrudníku se mnoho studií nezabývá. Určitě má své místo v pooperační fázi (Schoenmakers et al., 2000), avšak její využití jako konzervativní způsob léčby, je otázkou. V rámci adaptace na tělesnou zátěž při pravidelné pohybové aktivitě se sice nezlepšují plicní funkce, respirační systém je ale schopen vyššího příjmu kyslíku a jeho efektivnějšího zpracování, čímž stoupá tolerance zátěže (Máček & Radvanský, 2011). Abnormální postavení a tvar hrudníku negativně ovlivňují funkci bránice a pohyby žeber (Kolář et al., 2009), proto by i fyzioterapeutické metody ovlivňující postavení a mobilitu hrudníku mohly mít výrazný podíl na zlepšení nejčastějších obtíží, na které si pacienti stěžují - dechová nedostatečnost, pocit tíže a bolesti na hrudi, intolerance vyšší zátěže a rychlá únavnost (Colombani et al., 2009; Koumbourlis et al., 2009). Zajímavá by byla studie porovnávající výsledky dvou skupin pacientů s pectus excavatum, z nichž jedna by podstoupila operační korekci hrudníku a druhá by se věnovala ve větší míře pohybové aktivitě a pravidelně by docházela na individuální rehabilitační cvičení. Wynn et al. sice dvě skupiny pacientů s PE, z kterých jedna podstoupila operaci a druhá byla kontrolní, zkoumal, v míře sportovní aktivity se ale nelišily a druhé vyšetření skupiny po chirurgickém zákroku dokonce ukázalo snížení TLC nejspíše z důvodu pooperační restrikce hrudníku. (1989) Limitací studie byl malý počet probandů (dohromady 12).

Avšak i když se využitím fyzioterapie dají plicní funkce zlepšit, nedokáže odstranit deformitu. Kosmetický faktor deformity, jakožto pro většinu pacientů nejvíce negativní, zůstává nevyřešený. Protože u jedinců s pectus carinatum se převážně žádné změny pulmonálních funkcí nevyskytují a u pacientů s pectus excavatum zůstávají výsledky jejich měření u různých autorů odlišné a záležející na mnoha faktorech, zůstávají psychické obtíže hlavním důvodem k operaci.

## ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem zkoumala dostupné, převážně zahraniční, zdroje týkající se vrozených deformit hrudníku a to především pectus excavatum a pectus carinatum. Obě tyto deformity se vyskytují poměrně často a proto je zdrojů poměrně velké množství, avšak jelikož je pectus carinatum obecně většinou autorů považován za především kosmetický problém a jeho operační řešení má vliv hlavně na psychiku pacienta, studií které by se zabývaly problematikou vlivu PC na plicní funkce je výrazně méně. Práce je rozdělená do několika kapitol. V první části (kapitola 2 a 3) jsou uvedeny obecné poznatky týkající se stavby a funkce hrudníku a klinického obrazu, etiologie a možností operačního a konzervativního řešení PE a PC. Druhá část (kapitola 4 a 5) je zaměřena na problematiku odlišnosti plicních funkcí před a po korekci oproti náležitým hodnotám. Jak už bylo řečeno, výzkumy zabývající se vlivem pectus carinatum na respirační parametry se shodují, že změny hodnot plicních funkcí se oproti normě výrazně neliší. Na rozdíl od studií týkajících se pectus excavatum, kde jsou výsledky jednotlivých autorů odlišné. Dle mého názoru záleží na mnoha parametrech jako je věk pacientů, operační metoda, velikost deformity, uplynulá doba od operace po provedení funkčního vyšetření plic, způsob testování a míra pohybové aktivity, kterou jedinci s deformitou vykonávají. Vliv PE na pulmonální funkce je do velké míry individuální avšak všechny studie se shodují v pozitivním plivu na psychiku pacienta, která je pro zdraví velice důležitá.

## 8 REFERENČNÍ SEZNAM

AL - ASSIRI, A., et al. Operative innovation to the „Nuss“ procedur efor pectus excavatum: operative and functional effect. *J Pediatr Surg.* 2009, 44, 5, s. 888 - 892. ISSN 0022-3468.

ANDREETTI, C., et al. Sub-axillary access with the use of costal cartilage articulated bars for correction of pectus carinatum. *Interact Cardioasc and Thorac Surg.* 2012, 16, 2, s. 1 - 2. ISSN 1569-9285.

ARONSON, C. D., et al. Lunf function after minimal invasive pectus excavatum repair (Nuss procedure), *World J Surg.* 2007, 31, 7, s. 1518 - 1522. ISSN 1432-2323.

BROCHHAUSEN, Ch., et al. Pectus excavatum: history, hypothese and treatment options. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery.* 2012, 14, 5, s. 801 - 806. ISSN 1569-9293.

BROWN, A. L.; COOK, A. Funnel chest (pectus excavatum) in infancy and adult life. *Calif Med.* 1951, 74, 3, s. 174 - 178. ISSN 0008-1264.

CAHILL, J. L., et al. A summary of preoperative and postoperative cardiorespiratory performance in patients undergoing pectus excavatum and pectus carinatum repair. *J Pediatr Surg.* 1984, 19, 4, s. 430 - 433. ISSN 0939-7248.

CASTELLANI, Ch., et al. Exercise performance testing in patients with pectus excavatum before and after Nuss procedure. *Pediatr Surg Int.* 2010, 26, 7, s. 659 - 663. ISSN 0179-0358.

COELHO, M. S.; GUIMARAES, P. S. F. Pectus carinatum. *J Bras Pneumol.* 2007, 33,4, s. 463 - 474. ISSN 1806-3756.

COLOMBANI, P. M. Recurent chest wall anomalies. *Seminars in Pediatric Surgery.* 2003, 12, 2, 5, s. 94 - 99. ISSN 1043-679.

COLOMBANI, P. M. Preoperative assesement of chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009, 21, 1, s. 58 - 63. ISSN 1043-0679.

COSKUN, Z. K., et al. The prevalence and effects of pectus excavatum and pectus carinatum on respiratory function in children between 7 - 14 years old. *Indian J Pediatr.* 2010, 77, 9, s. 1017 - 1019. ISSN 0973-7693.

CRESWICK, H. A., et al. Family study of inheritance of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2006, 41, 10, s. 1699 - 1703. ISSN 0022-3468.

ČIHÁK, R.; GRIM, M. Anatomie 1, 2. uprav. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001. 497 s. ISBN 80-7169-970-5.

DEL FRARI, B.; SCHWABEGGER, A. H. Ten-year experience with the Musile split technique, biabsorbable plates, and postoperative bracing for correction of pectus carinatum: The Innsbruck protocol. *General Thoracic Surg.* 2011, 141, 6, s. 1403 - 1409. ISSN 0022-5223.

DERVEAUX, L., et al Mechanism of pulmonary function changes after surgical correction for funnel chest. *Eur Respir J.* 1988, 1, 9, s. 823 - 835. ISSN 1399-3003.

FENG, J., et al The biomechanical, morphologic, and histochemical properties of the costal cartilages in children with pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery.* 2001, 36, 12, s. 1770 - 1776. ISSN 0022-3468.

FONKALSRUD, E. W.; BUSTORFF-SILVA J. Repair of pectus excavatum and carinatum in adults. *Am J Surg.* 1999, 177, 2, s. 121 - 124. ISSN 0002-9610.

FONKALSRUD, E. W., et al. Pectus carinatum: The undertreated chest malformation. *Asian Journal of Surgery.* 2003, 26, 4, s. 189 - 192. ISSN 1758-5910.

GRILLO, H. C., et al. Tracheal compression caused by straight back syndrome, chest wall deformity, and anterior spinal displacement: techniques relief. *Ann Thorac Surg.* 2005, 80, 6, s. 2057 - 2062. ISSN 0003-4975.

HAECKER, FM; MAYR, J. The vakuum bell for treatment of pectus excavatum: an alternative to surgical correction? *Eur J Cardithorac Surg.* 2006, 29, 4, s. 557 - 561. ISSN 1010-7940.

HODGES, P. W., et al. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *J Physiol.* 2001, 537, 3, s. 998 - 1008. ISSN 0022-3751.

JAROSZEWSKI, D., et al. Current management of pectus excavatum: A review and update of therapy and treatment recommendation. *J Am Board Fam Med.* 2010,23, 2, s. 230 - 239. ISSN 1558-7118.

JOHNSON, J. N., et al. Cardiorespiratory function after operation for pectus excavatum. *J Pediatr.* 2008, 153, 3, s.359 - 364. ISSN 0022-3476.

KAPANDJI, I. A. The physiology of the joints: Vol.3. The trunk and the vertebral column. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1974. 251 s. ISBN 0-443-01209-1.

KOLÁŘ, P., et al. Rehabilitace v klinické praxi, 1. vyd., Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLÁŘ, P., et al. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *J Appl Physiol.* 2010, 109, 4, s. 1064 - 1071. ISSN 1439-6327.

KOUMBROULIS, A. C.; STOLAR, C. J. Lung grow and function in children and adolescents with idiopathic pectus excavatum. *Pediatr Pulmonol.* 2004, 38, 4, s. 339 - 343. ISSN 8755-6863.

KOUMBROULIS, A. C. Pectus excavatum: Pathophysiology and clinical characteristics. *Pediatric Respiratory Review.* 2009, 10, 1, s. 3 - 6. ISSN 1526-0542.



KOWALENSKI, J., et al. Cardiorespiratory function before and after operation for pectus excavatum, Medium - term results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1988, 13, 3, s. 275 - 279. ISSN 1010-7940.

KUBIAK, R., et al. Pulmonary function following completion of minimally invasive repair for pectus excavatum. *Eur J Pediatr Surg.* 2007, 17, 4, s. 255 - 260. ISSN 1010-7940.

KAMIYAMA, M., et al. Airway deformation in patients demonstrating pectus excavatum with an improvement after the Nuss procedure. *Pediatr Surg Int.* 2011, 27, 1, s. 61 - 66. ISSN 1437-9813.

LAWSON, M. L., et al. Impact of pectus excavatum on pulmonary function before and after repair with the Nuss procedure. *J Pediatr Surg.* 2005, 40, 1, s. 174 - 180. ISSN 0022-3468.

LEE, S. Y., et al. Effect of the compressive brace in pectus carinatum. *European J cardio-thoracic Surg.* 2008, 34, 1, s. 146 - 149. ISSN 1010-7940.

MÁČEK, M.; RADVANSKÝ, J. Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity. 1. vyd. Praha: Galen, 2011. 245 s. ISBN 978-80-7262-695-3.

MARTINEZ-FERRO, M., et al. Dynamic compression system for the correction of pectus carinatum. *Semin Pediatr Surg.* 2008, 17, 3, s. 194 - 200. ISSN 1055-8586.

MAKARAWO, T. P., et al. Prothesi-free repair of pectus chest deformity. *British J Surg.* 2011, 98, 11, s. 1660 - 1665. ISSN 1365-2168.

MALEK, M. H., et al. Ventilatory and cardiovascular response to exercise in patients with pectus excavatum. *Chest.* 2003, 124, 3, s. 870 - 882. ISSN 1931-3543.

MORSHUIS, W. J., et al. Exercise cardiorespiratory function before and after one year after operation for pectus excavatum. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993, 107, 6, s. 1403 - 1409. ISSN 0022-5223.

NEVIERE, R., et al. Cardiopulmonary response following surgical repair of pectus excavatum in adult patients. *Eur J Cardio-thorac Surg.* 2011, 40, 2, s. 77 - 82. ISSN 1873-734X.

NEVIERE, R., et al. Pectus excavatum repair improves respiratory pump efficacy and cardiovascular function at exercise. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013, 145, 2, s. 605 - 606. ISSN 0022-5223.

PELLEGRINO R., et al. Interpretive strategies for lung function tests. *Eur Respir J.* 2005, 26, 5, s. 948 - 968. ISSN 0903-1936.

PILEGAARD, H. K.; LICHT, P. B. Can absorbable stabilizers be used routinely in Nuss procedure?. *European J Cardio-thoracic Surg.* 2009, 35, 4, s. 561 - 564. ISSN 1010-7940.

POULLIS, M. Modified Nuss repair for pectus carinatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010, 11, 3, s. 221 - 2. ISSN 1569-9285.

QUIGLEY, P. M., et al. Cardiorespiratory function before and after corrective surgery in pectus excavatum. *J Pediatr.* 1996, 128, 5, s. 638 - 643. ISSN 0022-3476.

RAVITCH, M. M. Repair of pectus excavatum in children under 3 years of age: A twelve-year experience. *The Annals of Thoracic Surgery.* 1977, 23, 4, s. 301. ISSN 0003-4975.

REDLINGER Jr., R. E., et al. Regional chest wall motion dysfunction in patients with pectus excavatum demonstrated via optoelectronic plethysmography. *J Pediatr Surg.* 2011, 46, 6, s. 1172 - 1176. ISSN 0022-3468.

- ROBICSEK, F., et al. Surgical repair of ectus excavatum and carinatum. *Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009, 21, 1, s. 64 - 75. ISSN 1043-0679.
- SCHALAMON, J., et al. Minimally invasive correction of pectus excavatum in adult patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006, 132, 3, s. 524 - 529. ISSN 0022-5223.
- SCHIER, F., et al. The vakuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery*. 2005, 40, 3, s. 496 - 500. ISSN 0022-3468.
- SCHOENMAKERS, M. A. G. C., et al. Physiotherapy as an adjuvant to the surgical treatment of anterior chest wall deformities. *J Pediatr Surg*. 2000, 35, 10, s. 1440 - 1443. ISSN 0022-3468.
- SIGALET, D. L., et al. Cardiopulmonary effects of closed repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2003, 38, 3, s. 380 - 385. ISSN 0022-3468.
- SIGALET, D. L., et al. Long term cardiopulmonary effects of closed repair of pectus excavatum. *Pediatr Surg Int*. 2007, 23, 5, s. 493 - 497. ISSN 0179-0358.
- SILBERNAGL, S.; LANG, F. Atlas patofyziologie člověka. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001. 404 s. ISBN 80-7169-968-3.
- SMEJKAL, M., et al. The importance of the diaphragm in the etiology and the possibility of its use in the treatment of GERD. *In Kongres Kagoshima, Japan*. 2010.
- SMOLÍKOVÁ, L.; MÁČEK, M. Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace. 1. vyd., Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských oborů, 2010. 194 s. ISBN 976-8-7013-527-3.
- SWANSON, J. W.; COLOMBANI, P. M. Reactive pectus carinatum in patients treated for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2008, 43, 8, s. 1468 - 1473. ISSN 0022-3468.

TANG, M., et al. Improved cardiopulmonary exercise function after modified Nuss operation for pectus excavatum. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012, 41, 5, s. 1063 - 1067. ISSN 1010-7940.

TROJAN, S., et al. Lékařská fyziologie. 4. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5.

VÉLÉ, F. Kineziologie, Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. 2. rozšíř. a přeprac. vyd., Praha: TRITON, 2006. 375 s. ISBN 80-7254-837-9.

WYNN, S. R., et al. Exercise cardiorespiratory function in adolescents with pectus excavatum - Observation before and after operation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990, 99, 1, s. 41 - 47. ISSN 0022-5223.