

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Lenka Hellebrandová

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

**OVLIVNĚNÍ RESPIRAČNÍCH PARAMETRŮ KOAKTIVACÍ BRÁNICE
S OSTATNÍMI SVALY TRUPU**

Diplomová práce

Autor: Lenka Hellebrandová, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Marcela Šafářová

Praha 2009

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Lenka Hellebrandová

Název diplomové práce:

Ovlivnění respiračních parametrů koaktivací bránice s ostatními svaly trupu

Pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Marcela Šafářová

Konzultant: MUDr. Miloš Matouš, MUDr. Jan Šulc, CSc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2009

Abstrakt:

Cílem diplomové práce „Ovlivnění respiračních parametrů koaktivací bránice s ostatními svaly trupu“ bylo konfrontovat dosavadní poznatky a souvislosti mezi posturální a dechovou motorikou, propojení těchto funkcí z hlediska řízení centrálním nervovým systémem a jejich zařazení do funkce během ontogeneze. Funkčním vyšetřením pohybové soustavy, spirometrickým a spiroergometrickým vyšetřením byl posouzen vliv dechového vzoru na respirační funkce a na souvislost mezi posturálním a dýchacím systémem v rámci patologie dechové funkce. Studie probíhala na souboru probandů, kteří byli vybráni na základě spirometrického a spiroergometrického vyšetření. Vybraní jedinci měli některé spirometrické parametry na hranici normy nebo mimo normu referenčních hodnot.

Klíčová slova: bránice, dechově-posturální funkce, plicní funkce, svalová koordinace

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografická identifikace v angličtině

Author's first name and surname: Lenka Hellebrandová

Title of the master thesis:

Affecting of respiratory parameters by co-activation of diaphragm with other trunk muscles

Department: Department of Rehabilitation and Exercise Medicine

Supervisor: Mgr. Marcela Šafářová

Consultant: MUDr. Miloš Matouš, MUDr. Jan Šulc, CSc.

The year of presentation: 2009

Abstract: The impact of the work „Affecting of respiratory parameters by co-activation of diaphragm with other trunk muscles” was to confront actual knowledge and relation between postural and respiratory kinesiology, observe interconnection of their control by the central nervous system and their participation during ontogenesis. The influence of respiratory motor pattern on respiratory functions and on relationship between postural and respiratory system within pathology of respiratory function was measured by a spirometric, a spiroergometric and a functional examination of locomotor system. The study was carried out using a group of probands, who were selected according to the spirometric and the spiroergometric examinations. Some of them had the values of spirometric parameters either at the limit or outside the limit of reference values.

Keywords: diaphragma, respiratory-postural function, lung function, muscle coordination

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Marcely Šafářové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze dne 16.4.2009

.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Marcelě Šafářové za cenné připomínky a čas, který mi věnovala při zpracování diplomové práce, MUDr. Janu Šulcovi za cenné rady a náměty, MUDr. Milošovi Matoušovi a Jitce Hanzlíkové, bez jejichž pomoci by tato práce nemohla být uskutečněna, za jejich spolupráci při realizaci výzkumu v rámci diplomové práce.

Seznam zkratek:

AT – anaerobic treshold – anaerobní práh

ATP – adenosintrifosfát

BR - breath rate, dechová frekvence

CNS – centrální nervový systém

CO₂ - oxid uhličitý

DR – dechová rezerva

EKG – elektrokardiogram

EMG – elektromyografie

EPF – expiratory peak flow

ERV - expirační rezervní objem

f-ce - funkce

FEV1 - – jednovteřinová vitální kapacita

FRC – funkční reziduální kapacita

FVC - forced vital capacity, usilovná výdechová kapacita

HKK – horní končetiny

HSSP - hluboký stabilizační systém páteře

IC – inspirační kapacita

IPF – inspiratory peak flow

IRV - inspirační rezervní objem

L - litr

Lp – bederní páteř

m. – musculus

MEF – maximální výdechové průtoky (rychlosti)

MIF50 – střední nádechový průtok na úrovni 50% nadechnuté FVC

mm – musculi

MMV – maximální minutová ventilace

MVV - maximal voluntary ventilation

O₂ - kyslík

p – hladina statistické významnosti

PEF – peak expiratory flow, vrcholová výdechová rychlost

PIF – maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu

Q – perfúze

RER - respiračním výměnným koeficientem

RSD - residual standard deviation

RV – reziduální objem

s – sekunda

SD – směrodatná odchylka

SF – srdeční frekvence

TF – tepová frekvence

ThL – thoracolumbální

Thp – hrudní páteř

Th5 – 5. hrudní obratel

TK - tlak krevní

VAT - ventilatory anaerobic threshold

VA – alveolární ventilace

VC – vitální kapacita

Vd - mrtvý prostor

VE - minutová ventilace VE/CO₂ - ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý

VE/VO₂ - ventilační ekvivalent pro kyslík

VO₂max – maximální příjem kyslíku

VP - ventilační práh

Vt – dechový objem

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ.....	12
2.1 KINEZIOLOGIE A BIOMECHANIKA DÝCHÁNÍ.....	12
2.1.1 Dýchací svaly.....	12
2.1.2 Dechový stereotyp.....	13
2.1.3 Dechová a posturální funkce bránice.....	14
2.1.4 Koordinace mezi dechovou a posturální funkcí na úrovni CNS.....	17
2.2 REGULACE DÝCHÁNÍ V KLIDU A V ZÁTĚŽI.....	19
2.3 ONTOGENEZE DECHOVÝCH A POSTURÁLNÍCH FUNKCÍ.....	23
2.4 FYZIOLOGIE A PATOFYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ.....	26
2.5 PATOKINEZIOLOGIE DECHOVÉ A POSTURÁLNÍ FUNKCE.....	31
2.6 OVLIVNĚNÍ DECHOVĚ - POSTURÁLNÍ FUNKCE METODAMI FYZIOTERAPIE.....	34
2.7 VLIV FYZICKÉ ZDATNOSTI A TĚLESNÉ AKTIVITY NA HODNOTY PLICNÍCH FUNKCÍ.....	36
2.8 FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ PLIC.....	38
2.8.1 Spirometrie.....	38
2. 8. 2 Spiroergometrie.....	45
3 CÍLE A HYPOTÉZY.....	51

4	METODIKA.....	52
4.1	CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU.....	52
4.2	PROTOKOL VYŠETŘENÍ.....	54
4.2.1	Výběr jednotlivých testů pro hodnocení funkce pohybové soustavy.....	54
4.2.2	Spirometrické a spiroergometrické vyšetření.....	59
4.2.3	Statistická analýza.....	61
4.3	POUŽITÉ METODIKY K OVLIVNĚNÍ DECHOVĚ-POSTURÁLNÍ FUNKCE.....	62
5	VÝSLEDKY.....	63
5.1	VÝSLEDKY TESTŮ HODNOTÍCÍCH FUNKCI HSSP.....	63
5.2	VÝSLEDKY TESTŮ SOMATOSTEZIE HRUDNÍKU.....	71
5.3	VÝSLEDKY TESTŮ PRUŽNOSTI HRUDNÍKU.....	75
5.4	VÝSLEDKY SPIROMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ.....	79
5.5	VÝSLEDKY SPIROERGOMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ.....	85
6	DISKUSE.....	90
7	ZÁVĚR.....	97
8	SOUHRN.....	99
9	SUMMARY.....	100
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	101
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	105

1 ÚVOD

Dýchání je jedna z hlavních vitálních funkcí. Plicní ventilace zajišťuje výměnu vzduchu mezi atmosférou a plicními alveoly. Závisí na průchodnosti dýchacích cest, objemu plic, elasticitě, poddajnosti plic a hrudní stěny, činnosti dýchacího centra a motorické inervaci dýchacích svalů. Dýchání je ovlivněno funkcí dechových svalů.

Dechová funkce je úzce spjata s funkcí posturální – jde o vzájemně závislé motorické funkce. Souvislost mezi těmito dvěma systémy je často zmiňována v rámci určité patologie v oblasti ventilace (Smolíková, Horáček, Kolář, 2001). Vycházíme-li z tvrzení, že ventilace může ovlivňovat posturální kontrolu, je pravděpodobné, že i postura bude mít určitý vliv na kontrolu respirace. Můžeme tedy očekávat i jejich propojení na úrovni řízení motorického programu (Gandevia et al., 2001). Hlavním dechovým svalem je bránice, která má významný podíl na stabilizační funkci bederní páteře. Tyto dvě funkce by měly být v rovnováze. V poslední době byla bránice často uváděna v souvislosti s porušenou stabilizací páteře – jako jeden ze svalů tzv. hlubokého stabilizačního systému (HSSP). Hluboký stabilizační systém páteře představuje svalovou souhru, která zabezpečuje stabilizaci páteře během všech pohybů a také významně participuje na dýchání (Kolář, Lewit, 2005). Dysfunkce HSSP je uváděna jako jeden z hlavních etiopatogenetických faktorů vertebrogenních potíží. Je-li porušena stabilizační funkce bránice, můžeme očekávat, že nebude optimální ani její hlavní – dechová funkce.

U pacientů indikovaných k fyzioterapii pro změnu ventilačních parametrů nalézáme právě funkční změny dechového stereotypu – a to jak ve smyslu diskoordinace dechových a břišních svalů, tak v oblasti hrudního koše. Stejně tak je narušena stabilizační funkce.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 KINEZIOLOGIE A BIOMECHANIKA DÝCHÁNÍ

2.1.1 Dýchací svaly

Dýchací svaly rozdělujeme na 2 hlavní skupiny – svaly inspirační a svaly expirační, dále pak na svaly hlavní a pomocné inspirační a expirační, které se do dechových pohybů zapojují při zvýšené zátěži. Dělení svalů na expirační a inspirační je spíše z didaktického hlediska, protože některé svaly se uplatňují jak při nádechu tak při výdechu.

Hlavní inspirační svaly: bránice, mm.intercostali externi, mm. levatores costarum

Pomocné inspirační svaly: svaly šíje, které mají inspirační funkci pouze v případě, že mají své punctum fixum na krční páteři: mm. scaleni, m, sternocleidomastoideus, mm. suprahyoidei, mm. infrahyoidei., mm. pectorales (mají-li punctum fixum na lopatce, kam se upínají), m. serratus anterior, m serratus posterior superior, mm. latissimus dorsi (při abdukované paži, které představuje punctum fixum pro inspirační pohyb), mm. iliocostalis, erector spinae, krátké hluboké svaly zádové.

Hlavní expirační svaly: mm. intercostales interni, mm. sternocostalis. Expirium je ve většině literatury považováno za pasivní děj, protože energie potřebná k expiriu je nakumulovaná z předchozího inspiria elasticitou vazivových struktur hrudníku a plic. Nezanedbatelný není ani účinek gravitace, který usnadňuje práci výdechových svalů (Kapandji, D'Aubigné, 2002; Newton, 1997). Další zdroje uvádějí tzv. negativní práci, kdy se jedná o zpomalování a jemnou kontrolu aktivních pohybů. Bránice, která je považována za hlavní inspirační sval, je aktivní během všech fází respirace. Během expirační a preexpirační fáze dochází k excentrické kontrakci, která brzdí prudké smrštění plic. Negativní práce inspiračních svalů zpomaluje rychlost výdechu a tím ji reguluje. Při forsírovaném dýchání se na výdechu spoluúčastní také expirační svaly (Hamilton, Luttgens, 2002; Máček, Smolíková, 1995).

Pomocné expirační svaly: břišní svaly – m. transversus abdominis, mm. obliqui abdominis externi et interni, mm. recti abdomini, m. quadratus lumborum a svaly

pánevního dna., zádové svaly – mm. iliocostalis (pars inferior), m. erector spinae, m. serratus posterior inferior. Tyto svaly se uplatňují při forsírovaném dýchání, ale z části i při dýchání nosem (Véle, 2006).

2.1.2 Dechový stereotyp

Hlavní funkcí dechové soustavy je ventilace plic – výměna plynů mezi okolní atmosférou a plícemi. Nemalý je vliv dechových pohybů na posturální funkci.

Hrudník se z funkčního hlediska dělí na tři sektory, ve kterých probíhá dýchání

- dolní sektor – břišní – od bránice po pánevní dno
- střední sektor – dolní hrudní – mezi Th5 až bránicí
- horní sektor – horní hrudní - od Th5 až po dolní krční páteř (Véle, 2006).

Dechové pohyby se neustále opakují ve dvou hlavních fázích. Dvě hlavní fáze – inspirium a expirium jsou doplněné o dvě kratší fáze preexpirium a preinspirium. **Preinspirační fáze** je krátká pauza mezi expirací a inspirací. Trvá asi 250 ms. Je to pauza expiračního pohybu, proto během této fáze stále přetrvává inhibiční vliv na svalovou aktivitu posturálně-lokomočního systému. Tuto fázi lze volně prodloužit a zvýraznit tak její inhibiční účinek. Během preinspirační fáze se začíná aktivovat bránice a na jejím konci se inhibiční vliv začíná měnit v excitační (Hamilton, Luttgens, 2002; Kapandji, D'Aubigné, 2002; Véle, 2006).

K **inspirační fázi** dochází činností inspiračních svalů, které zvětšují objem hrudníku posunem bránice kaudálně a žeber laterokraniálně, čímž dojde ke vzniku podtlaku v dutině hrudní. To vede k pasivnímu nasávání vzduchu do plic. Část energie inspiračních svalů se použije i k překonání pružného odporu hrudníku a plic. Inspirace má excitační vliv na nervosvalový systém. Inspirace začíná v dolním sektoru aktivitou bránice, dolní žebra se postupně rozvíjí do stran a dochází k mírné extenzi páteře. Nakonec se rozšiřují dechové pohyby i do horního sektoru. Osa rotace horních žeber je skloněna více horizontálně, a proto se pohybují více vzhůru než dolní žebra, jejichž osa je skloněna více vertikálně a pohybují se více do stran.

Preexpirační fáze je nejkratší fází dýchání, trvá asi 50 – 100 ms. Je to pauza inspiračního pohybu před tím, než se změní na pohyb expirační. Současně přetrvává mírná aktivita bránice a excitační vliv inspiria. Preexpirační fázi lze také volně prodloužit a zvýšit tak excitační vliv na pohybový systém. Toho lze využít třeba u Jendrassikova fenoménu při vyšetřování monosynaptických reflexů. Na konci preexpirační fáze přechází zvýšená excitabilita do inhibičního vlivu (Hamilton, Luttgens, 2002; Kapandji, D'Aubigné, 2002; Véle, 2006).

Expirium probíhá stejně jako inspirum od dolního sektoru směrem nahoru. Postupně se snižuje svalové napětí, objem hrudníku se zmenšuje, bránice se vyklenuje směrem vzhůru a vzduch proudí z hrudníku.

2.1.3 Dechová a posturální funkce bránice

Bránice je hlavní dýchací sval. Má kopulovitý tvar, kopulí směřuje nahoru, kde je centrum tendineum, k němuž směřují svalová vlákna bránice. Je upevněna z vnitřní části hrudníku po obvodu dolních žeber (11. - 12. žebro), ke kaudálnímu konci sternu a na těla obratlů z ventrální strany ve výšce thorakolumbálního přechodu. Její tvar není symetrický. Bránice vykonává asi 60% nádechové aktivity, obsahuje motorická vlákna tonická i fázická v poměru 50:50. Bránice nepředstavuje jeden homogenní sval, ale je složena z několika svalových funkčních jednotek. Jednotlivé svalové snopce se mohou aktivovat izolovaně. Aktivita a timing jednotlivých částí bránice je závislá na zátěži a posturálně-lokomoční situaci. Posun bránice je při klidovém dýchání cca 1-2 cm, při zátěži až 12 cm (Kapandji, D'Aubigné, 2002).

Bránice jako hlavní respirační sval se podílí aktivní kontrakcí na nádechu. Při výdechu aktivita bránice sice významně klesá, ale v excentrickém režimu zůstává aktivní jako kokontraktor (sval, který není hlavním při konkrétním pohybu, nefunguje jako antagonist, ale účastní se pohybu svojí současnou kontrakcí, kterou např. fixuje pohybový segment, brzdí rychlost pohybu, nastavuje kloub do správného postavení atd.).

Během inspiria zvětšuje bránice všechny tři rozměry hrudníku – vertikální – snížením centra tendinea, transverzální – rotací dolních žeber a anteroposteriorní –

rotací vyšších žeber a následným pohybem sterna. Sternum se pohybuje ventrálně. Není-li respirační a posturální funkce bránice v souladu, dochází k pohybu sterna kraniokaudálním směrem a k následné nadměrné aktivitě auxilárních dechových svalů a extenzorů páteře, které kompenzují tuto koordinační poruchu bránice s ostatními svaly (Kolář, 2006a). Během fyziologického nádechu je centrum tendineum stahováno směrem dolů, dolní žebra se rozvíjejí do stran a dochází k mírné extenzi páteře. Pohyb bránice je zpomalen a postupně zastaven, protože narůstá tlak v břišní dutině, na jehož zvýšení se podílí bránice, břišní svaly, které břišní dutinu přitlačují směrem k páteři. Aktivita se postupně přesouvá do oblasti dolního hrudníku, kde dochází aktivitou interkostálních svalů, ale i aktivitou bránice k rozvoji dolních žeber do stran. Dále se aktivita postupně přesune i na horní oblast hrudníku, hrudník se zvětšuje a dochází k pohybu směrem vzhůru a do stran. K tomu však dochází až během zvýšené zátěže. Při klidovém dýchání se dechová vlna rozvíjí přibližně do úrovně 5. mezižebří. Během optimálního dechového stereotypu jsou břišní svaly synergisty bránice, bez nichž by její inspirační funkce byla mnohem méně efektivní. Mírná kontrakce břišních svalů zpevněním břišní stěny vytvoří oporu pro vnitřní orgány a tím i pro další akci bránice. Optimální funkce břišního svalstva brání vyklenutí břišní stěny. Bez této funkce břišních svalů by orgány dutiny břišní byly stlačeny dolů a dopředu a neumožnily by tak dostatečnou stabilizaci bránice. Pokud je břišní stěna neaktivní, nádech jde pouze do břicha a do hrudníku již nepostupuje. Svaly pánevního dna brání průniku útrobního tlaku do pánevního otvoru, čímž se také podílí na zvýšení nitrobřišního tlaku, který stabilizuje oblast bederní páteře (Véle, 2006).

Při výdechu pracují břišní svaly čistě antagonisticky vůči bránici. Svou kontrakcí stahují hrudní koš kaudálním směrem a současně zmenšují i jeho anteroposteriorní rozměr. Při zvýšení nitrobřišního tlaku vytlačují břišní orgány směrem vzhůru a zvedají tak centrum tendineum. Zmenšují tedy všechny tři rozměry hrudníku – což je antagonistická funkce k funkci bránice (Kapandji, D'Aubigné, 2002).

Z výše uvedeného vyplývá nutnost synergické svalové práce dechových svalů – převážně bránice a břišních svalů. Je-li tato spolupráce porušena, ať už změnou koordinací dechových svalů a svalů břišních nebo jinými funkčními poruchami v oblasti hrudníku, krční páteře nebo pánve, můžeme očekávat, že tato změna se odrazí i na funkčních respiračních parametrech. Změněná koordinace dechových

svalů a svalů oblasti trupové se odrazí také na stabilizační funkci dané oblasti, na které se významně podílí také bránice.

Bránice svou posturální funkcí pomáhá stabilizovat oblast bederní páteře. Při vnitřní inkoordinaci dochází k omezení rotací celého trupu, změně stereotypu dýchání za horní, podklíčkové, s nárůstem dechového odporu a vzestupem dechové práce. Její funkce je významně závislá na dalších funkčních jednotkách pohybového systému (flexory kyčlí, extenzory bederní páteře, pomocné dechové svaly, postavení krční páteře, hlavy, pánve). Závislost dechové aktivity bránice na poloze těla a na poloze jednotlivých segmentů byla zkoumána a potvrzena několika autory (Čumpelík et al., 2006; Hodges., Gandevia, 2000; Krobot, 2007). Je-li koordinace bránice porušena, projeví se to zpětně přes inhibovaný hluboký stabilizační systém bederní páteře (Lp) a útlum břišní stěny i na dalších funkčních jednotkách (Skalka, 2002).

Bránice stejně jako ostatní svaly potřebují k vykonání pohybové funkce určitý pevný bod. Pro optimální funkci bránice a ostatních dechových svalů je nutná existence tohoto pevného bodu – punctum fixum. Zapojení bránice do stabilizační funkce je spojeno s biomechanikou hrudníku – s pohybem v kostovertebrálních kloubech. To jak bude bránice vykonávat svou funkci závisí mimo jiné na tvaru a pružnosti hrudníku a žeber (biomechanika hrudníku), osového orgánu, lopatek, postavení hlavy a pánve. Tyto struktury se stávají výchozími pevnými body pro funkci dechových svalů (Kolář, 2006a).

Posturální a dechová funkce se navzájem ovlivňují a překrývají, jde o vzájemně svázané funkce. Porušení jedné z funkcí – dechové či posturální se odrazí i na druhé funkci.

Aktivita bránice během posturální situace podmiňuje každou posturální činnost a intenzita její aktivace rozhoduje o tom, zda si dechová a posturální aktivita nekonkurují. Dechová a posturální funkce probíhá paralelně, kdy je dech synchronizován s posturálně náročnější situací. Při extrémně posturálně náročné situaci může dokonce nastat apnoická pauza, při které dojde k zapojení respiračního svalstva plně pro účel posturálního zajištění za cenu krátké hypoxie. Během zapojení bránice do stabilizační funkce dojde při dýchání k oploštění konvexní kontury bránice a dýchání probíhá při jejím zvýšeném tonickém napětí. Za fyziologické situace, kdy je dechová a posturální funkce bránice synchronizována,

probíhají respirační pohyby bránice při její oploštělé konvexní kontuře (poloha bránice je horizontální), tzn. při její bazální tonické aktivitě (Hodges., Gandevia, 2000; Kolář, 2006a).

2.1.4 Koordinace mezi dechovou a posturální funkcí na úrovni CNS

Vycházíme-li z tvrzení, že ventilace může ovlivňovat posturální kontrolu, můžeme předpokládat, že i postura bude mít určitý vliv na kontrolu respirace. Propojením dechové a posturální funkce na úrovni řízení motorického programu se zabývali australští autoři (Gandevia et al., 2001; Hodges, Heijnen, Gandevia, 2001).

Bránice jako hlavní inspirační sval s posturální funkcí je aktivována před vlastním zahájením fázického pohybu končetin. EMG (elektromyografický) diagram funkce bránice má 3 komponenty: zvyšující se tonickou aktivitu, fázickou modulaci s respirací a fázickou modulaci s pohybem (Hodges, Heijnen, Gandevia, 2001). Posturální funkce bránice a břišních svalů (převážně m. transversus abdominis a m. obliquus abdominis internus) je vykonávána bez ohledu na to, zda vlastní pohyb probíhá během nádechu nebo výdechu. Aktivace této stabilizační funkce nastává během vlastní fázické aktivity horní, respektive dolní končetinou, ke které dochází během zvýšeného nádechu nebo při aktivním výdechu pod úrovní FRC (funkční reziduální kapacita). Tento vliv respirace na stabilizační aktivitu břišních svalů se neprojevuje při klidovém dýchání (Hodges, Gandevia, Richardson, 1997).

Fázická modulace brániční aktivity spojené s dechovými požadavky na EMG ukazuje, že její dechová aktivita je velice nepravděpodobně převzata jinými svaly. Aktivace bránice při pohybu pokračuje i během výdechu (Gandevia et al., 2001).

Aktivita dechových svalů musí splnit požadavky na ventilaci při současném udržení stabilní postury, stejně tak jako zajištění volní kontroly takových aktivit jako je zpívání nebo mluvení. Zjednodušeně se zdá, že kromě primární respirační dráhy, dostávají inspirační motoneurony příkazy také v souvislosti s příkazem k pohybu. Tyto příkazy mohou být pak sumovány na úroveň motorického výstupu. Zatímco tohle zjednodušeně popisuje pozorovaný motorický vzor bránice během rychlých pohybů končetin, aktuální mechanismy produkující tento výstup jsou pravděpodobně komplexnější (Gandevia et al., 2001).

Existují 4 významné aferentní vstupy do motoneuronů nervus phrenicus. Sestupná dráha z dechového centra prodloužené míchy, dráha ze supraspinálních center zahrnujících motorický kortex, síť spinálních interneuronů a vstupy z periferních receptorů. Dechové komponenty aktivity bránice jsou odvozeny převážně z respiračních center. Na rozdíl od toho existuje několik zdrojů informací o posturálních vstupech. Pro jednotlivé opakované pohyby končetin existuje kontrolní systém „feedforward“ (aktivita nastává před vlastním zahájením fyzického pohybu – „dopředně“). Feedforward odpověď aktivuje bránici a je generována supraspinálními mechanismy (zahrnující kortex, bazální ganglia a mozeček) se současným provedením příkazů pro pohyby končetin. Souhlasně k tomu existují kortikospinální projekce lidské bránice a kortikální projekce k respiračnímu centru v prodloužené míše. Ke změně aktivity bránice dochází také vlivem aference z abdominální oblasti, dolních interkostálních svalů a kloubních mechanoreceptorů. Nakonec může dojít k ovlivnění aktivity bránice a břišních svalů vlivem aference z pánevního dna (Hodges, Heijnen, Gandevia, 2001). Kvůli klíčové úloze udržet dechové pohyby - tím také adekvátní ventilaci - je dána vysoká priorita neuromuskulární kontrole pro zajištění dechových funkcí ve spojení s dalšími funkcemi pohybového aparátu, jako je např. chůze (Gandevia et al., 2001). Tyto závěry předpokládají, že zvyšující se aference z respiračního centra v prodloužené míše může snížit posturální aktivitu bránice prostřednictvím „kódování“ informací o posturální situaci k phrenickému motoneuronu. Hodges et al. (2001) to vysvětlují tak, že dojde-li k náboru všech motoneuronů bránice během maximální inspirace, může to zabránit dalšímu náboru motorických jednotek pro posturální funkci. Tento „útlum“ posturální funkce bránice, při větších nárocích na respirační funkci (zvýšená fyzická zátěž, respirační onemocnění), způsobuje nižší zajištění stabilizace Lp a trupu, čímž se zvyšuje riziko přetížení či poranění této oblasti. Za zvýšené nároky na respirační funkci je považována také zvýšená tuhost v oblasti hrudníku a břicha (Hodges, Heijnen, Gandevia, 2001).

Naproti tomu existují situace, kdy dochází k omezení respirace ve prospěch posturální funkce – např. zvracení, kašel, situace s velkým nárokem na stabilizační funkci – Valsalvův manévr (Hodges., Gandevia, 2000).

2.2 REGULACE DÝCHÁNÍ V KLIDU A V ZÁTĚŽI

Klidové dýchání je funkcí mimovolní, probíhá na základě zpětnovazebního systému tak, aby došlo k souladu mezi metabolickými potřebami organismu a ventilací plic.

Na regulaci dýchání se uplatňují vlivy neuronální, chemické a metabolické.

Centrální vlivy na řízení dýchání

Dýchání je řízeno z dechového centra v prodloužené míše. Aktivita dechových svalů je zajišťována spontánní rytmickou aktivitou specializovaných oblastí neuronů. Jejich aktivita je neustále přizpůsobována aktuálním potřebám organismu. Tyto neurony můžeme jednoduše dělit na inspirační a expirační. Dýchání je také ovlivněno dalšími volnými i mimovolními aktivitami jako je fonace nebo kašel (McArdle, Katch, Katch, 2007; Trojan, spol., 2003).

Dýchání lze ovládat také volně, prostřednictvím korových oblastí. Při aktivitě sestupných nervových drah z mozkové kůry k respiračním svalům můžeme volně ovládat dechový rytmus – což běžně děláme během mluvení nebo zpívání. Nicméně tohle volní ovládání dechu nemůže být udržováno pokud působí mimovolní stimuly, jako např. vysoké množství CO₂. Nakonec je automatické řízení silnější. Také během náročných fyzických aktivit není možné kontrolovat dechovou práci a volně ji ovládat. Pokus kontrolovat nebo měnit dechový rytmus může dokonce zasahovat do dechového vzoru a zabraňovat tak pohybu, který vykonáváme (Newton, 1997). Nervové řídicí centrum v hypotalamu integruje vstupy ze sestupných drah vyšších řídicích center, aby ovlivnilo trvání a intenzitu dechového cyklu. Ve stejném okamžiku vzestupné nervové dráhy, aktivovány mechanickými nebo chemickými změnami v aktivních svalech, zajišťují zpětnou vazbu prostřednictvím mozečku do dechového centra tak, aby uspokojili metabolické potřeby organismu během fyzické aktivity (McArdle, Katch, Katch, 2007). Úlohou centrálního nervového systému (CNS) je integrace sensorických informací a modulace podnětů z inspiračního centra v prodloužené míše. Centrálním vlivem mohou být informace z periférie modifikovány. Na tomto principu pracují dechová cvičení. Ventilační odpověď na zátěž respektuje vysoký stupeň účinnosti a optimalizace práce dýchacích svalů.

Kortikální vlivy (volní úsilí) mohou být silnější než fyziologické regulační mechanismy (Máček, Vávra, 1988).

Mechanické vlivy na řízení dýchání

Centrální dechový rytmus je ovlivněn signály z periferie. Informace o napětí plic z plicních mechanoreceptorů je přenášena nervem vagem k dechovému centru, které ji vyhodnotí a sestupnými drahami vyvolá příslušnou reakci. Při rozpětí plic je inspirium reflexně inhibováno a dochází k zahájení expira. Naopak při poklesu objemu plic je zahájeno inspirium. Na regulaci dechového objemu se podílí také svalová vřeténka dechových a jiných svalů. Dechová centra zajišťují rytmickou ventilaci tak, aby dechová práce byla pro danou úroveň ventilace minimální, a aby se přizpůsobila aktuální fyzické aktivitě organismu (Trojan, spol, 2003).

Plicní ventilace je regulována v závislosti na chemickém složení krve tak, aby byla zajištěna stálost vnitřního prostředí. To zajišťuje **chemické řízení dýchání**. Vzestup koncentrace oxidu uhličitého a vodíkových iontů stimuluje centrální chemoreceptory v prodloužené míše. Změny parciálního tlaku kyslíku jsou registrovány periferními chemoreceptory v aortálních a karotických těliscích, které vysílají informace k dechovému centru (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Při vzestupu parciálního tlaku oxidu uhličitého v arteriální krvi (hyperkapnie) dochází k zvýšení minutové ventilace prostřednictvím zvýšení dechového objemu i dechové frekvence. Vzestup parciálního tlaku oxidu uhličitého např. dýcháním vzduchu s vysokou koncentrací oxidu uhličitého vyvolá dyspnoe – pocit dechové nedostatečnosti. Další zvyšování koncentrace oxidu uhličitého může zvýšit minutovou ventilaci až na 120 l/min. Je-li parciální tlak oxidu uhličitého v krvi vyšší než 70 mmHg, je inhibováno dechové centrum a ventilace klesá. Při delší hyperventilaci dojde k poklesu parciálního tlaku oxidu uhličitého v krvi, což může vyvolat až krátkodobou zástavu dechu. Zástava dechu nastává při určité hladině parciálního tlaku oxidu uhličitého v krvi, která se nazývá apnoický práh. Vzestup CO₂ nepůsobí na regulaci dýchání přímo, ale prostřednictvím změny pH, která je registrována buňkami v chemosensitivní oblasti prodloužené míchy. Ventilace se naopak zvyšuje při poklesu parciálního tlaku kyslíku v krvi. Odpověď je ale nižší než při vzestupu parciálního tlaku oxidu uhličitého. Změny parciálního tlaku kyslíku registrují periferní chemoreceptory, které také stimulují ventilaci během tělesné

zátěže, přestože redukce arteriálního tlaku O_2 normálně nenastává. Jde pravděpodobně o výsledek stimulačního efektu na karotidy, zvýšením tlaku CO_2 teploty, acidity a zvýšené koncentrace draslíku v krvi během zátěže (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Vliv tělesné zátěže na dýchání

Ventilace během tělesné zátěže se zvyšuje vlivem neurálních a nechemických regulačních faktorů. Na počátku zátěže dochází k regulaci dýchání v rámci anticipace pohybu, prostřednictvím kortikálních center. Dále se na zvýšené ventilaci podílí aference z mechanoreceptorů pracujících svalů a kloubů, v neposlední řadě dochází ke zvýšení ventilace vlivem stoupající tělesné teploty (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Změna ventilace během zátěže probíhá ve třech fázích: v 1. fázi, na začátku zátěže, se uplatňují hlavně kortikální vlivy a aference z pracujících svalů., ve 2. fázi dochází k exponenciálnímu zvyšování ventilace tak, aby došlo k uspokojení zvýšených metabolických nároků a během 3. fáze dochází k „doladění“ a stabilizaci ventilace prostřednictvím periferních mechanismů (McArdle, Katch, Katch, 2007). Během zotavení dochází k počátečnímu rychlému snížení ventilace po konci zátěže, které je způsobeno náhlým přerušením jak centrálního vlivu, tak vlivu pracujících svalů.

Ventilace se během zátěže zvyšuje proporčně s intenzitou zatížení. Náhle se při určitém zatížení začne (obvykle mezi 55% a 70% VO_{2max}) ventilace zvyšovat prudčeji (snaha vyloučit zvýšené množství CO_2 , který vzniká z kyseliny mléčné při její přeměně na laktát sodný a vodu). Tento bod se nazývá „ventilační zlom“(Wasserman, McIlroy, 1964). Wasserman a McIlroy zavedli termín „anaerobní práh“ jako náhlý posun metabolismu od převážně aerobního k anaerobnímu. Později byl anaerobní práh definován jako systematický vzestup VE/VO_2 (ventilační ekvivalent pro kyslík) bez doprovázejícího vzestupu VE/CO_2 (ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý). VE/CO_2 zůstává relativně stálý, protože ventilace odpovídá potřebám odstranit oxid uhličitý. VE/VO_2 stoupá pro odstranění oxidu uhličitého a nestačí se extrahovat kyslík, což způsobuje, že se ventiluje víc vzduchu než by to odpovídalo potřebám kyslíku (Wasserman, Beaver, Whipp, 1986).

Během zátěže dochází k poklesu pH, kdy následně musí dojít k respirační regulaci acidobazické rovnováhy. Pokles pH (vzestup CO_2 a H^+) zhoršuje svalovou

kontraktilitu a tvorbu ATP. Jakmile začne H^+ stoupat, inspirační centrum zvýší (prohloubí) respiraci. Tím se zvyšuje odstraňování CO_2 a klesá koncentrace H^+ . CO_2 je primárně transportován ve formě bikarbonátu, a jakmile je dopraven do plic, přemění se zpět na CO_2 a je dýcháním vyloučen. H^+ se rovněž váže na baze, které ho neutralizují (buffer = nárazník). Hlavními nárazníkovými substancemi jsou bikarbonáty, fosfáty a proteiny. Jakmile začne stoupat H^+ , bikarbonátové ionty v plazmě jej neutralizují, a tím předcházejí acidóze (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Více než 15% celkové spotřeby kyslíku během vysoké zátěže se může spotřebovat v respiračních svalech. Respirační svaly jsou odolnější proti únavě než kosterní svaly končetin.

Pulmonální ventilace není obvykle limitujícím výkonnostním faktorem ani při maximálním zatížení. U zdravých osob není limitujícím faktorem výkonnosti ani odpor ve vzduchových cestách ani difuze plynů, na rozdíl od osob se zúženými dýchacími cestami (chronická bronchitida, astma, atd.) (Máček, Vávra, 1988; McArdle, Katch, Katch, 2007; Trojan, spol, 2003).

2.3 ONTOGENEZE DECHOVÝCH A POSTURÁLNÍCH FUNKCÍ

Vývojové předpoklady

Během fylogeneze dochází k zásadní změně ve funkci bránice přechodem ze čtyř končetin na dvě a vzpřímením osy těla. Bránice v horizontální poloze je charakteristickým orgánem odlišujícím člověka od zvířete. V souladu s tím se zásadně mění také funkce chodidla, pánevního pletence a funkce břišní stěny. Tím, že se bránice během fylogeneze dostala do horizontální polohy, začala kromě respirační funkce plnit také funkci posturální, kdy se významně podílí na vzpřímeném držení těla a spolu se svaly pánevního dna a dalšími svaly hlubokého stabilizačního systému na stabilizaci páteře. Takto funguje pánevní dno a bránice u člověka jako u jediného živočišného druhu (Skalka, 2002). Jsou to funkce fixované ve fylogenezi relativně nedávno, z tohoto důvodu se jedná o funkce zranitelné i v ontogenezi. Proto snadno dojde k zastavení motorického vývoje na úrovni nižších motorických vzorů, nebo se při přetížení ke starším motorickým programům stav snadno vrací (Kolář, 2002).

Z fylogenetického hlediska je svalovina bránice součástí krčního svalstva (ze 4. krčního myotomu), odkud sestoupila do membranosní bránice. Stopou tohoto sestupu je průběh nervus phrenicu z krku hrudníkem, po bocích osrdečníku až k bránici (Čihák, 2001).

Vlastní funkce bránice a ostatních dechových a posturálních svalů se vyvíjí i v rámci ontogeneze. Dítě se rodí centrálně i morfologicky nezralé. K zařazení jednotlivých svalů do funkce dochází během vývoje zrání motorických programů CNS. Tyto motorické programy jsou geneticky naprogramované a druhově specifické, jsou obrazem zralosti CNS (Kolář, 1996). Tvar hrudníku se během ontogeneze vyvíjí v závislosti na aktivitě svalů, které se do funkce postupně zapojují. Novorozenec se nachází v asymetrické poloze, nemá zatím žádnou opěrnou bázi, nevyužívá tedy opěrné body. Nedošlo ještě ke koaktivaci ventrální a dorzální muskulatury, což se projeví také na dechovém stereotypu. Hrudník je v nádechovém postavení, páteř z hrudníku dorzálně prominuje. Během fyziologického vývoje respirační a stabilizační funkce je páteř do hrudníku jakoby vtlačena. Při opačné situaci – při nefyziologickém motorickém vývoji jsou zadní úhly žeber na úrovni nebo dokonce před osou páteře. Podobně může docházet k prominenci nepravých žeber,

což je často spojeno s břišní diastázou (Kolář, 1996, , 2006a; Vojta, 1993). Novorozenec se nadechuje v této asymetrii především bránicí. První část poklesu bránice během inspiria nevede k aktivitě břišní muskulatury, dochází k vyklenutí břišní stěny bez excentrické aktivity břišních svalů. Zvětšením nitrobřišního tlaku se rotací spodních žeber rozšíří dolní část hrudníku. Při další aktivitě bránice dojde k vtažení úponů bránice dovnitř hrudního koše, dochází k tzv. paradoxnímu dýchání – stejně se aktivita bránice projevuje i u parézy nervus phrenicus (Kováčiková, 1998; Palatka, 2006; Smolíková, Horáček, Kolář, 2001). Během 1. roku života dochází k posturální ontogenezi, kdy se dítě postupně vertikalizuje a směřuje k vývoji bipedální lokomoce. Součástí je vytváření opěrných bodů tak, že dochází k postupné stabilizaci polohy dítěte a následnému vývoji fázických funkcí, které jsou podmíněny právě stabilitou polohy.

V rámci zrání motorických programů CNS a následné změny posturálního chování dochází k výrazné změně dechové mechaniky a stabilizačních funkcí. Rozhodující věkové hranice, které hrají roli v kvalitě dýchání v pozdějším věkovém období jsou 4 týdny, kdy dojde k uvolnění predilekce hlavy a nastartování symetrického dýchání, v 6-ti až 8 týdnech se do držení těla zapojí svaly, které jsou ontogeneticky mladší. S nástupem vyšší úrovně řízení se prostřednictvím svalové koaktivity objevují rovnovážné mechanismy. Ve 3,5 - 4 měsících je dokončeno zapojení fázického systému svalů do držení těla, respektive dokončení rovnovážné funkce mezi systémem tonickým a fázickým (koaktivace antagonistů), bránice se dostává do horizontálního postavení. Vlivem koaktivace mezi extenční funkcí autochtonní muskulatury a flexory osového orgánu dojde k jeho napřímení v celém jejím rozsahu. Koaktivace mezi ventrální a dorzální muskulaturou je nezbytná pro stabilizační funkci (Kolář, 2002; Kolář, 2006a). Čápová tuto koaktivaci nazývá flekční synergii a také ji považuje za podmínku pro vývoj dechových a stabilizačních funkcí. Vývoj flekční synergie udává ve 3. měsíci a vrchol v 5. měsíci. Celá flekční synergie je startována funkční stabilizací lopatek, kdy mohou poskytnout punctum fixum pro další svaly zajišťující tuto flekční synergii. Hrudník je vlivem svalových tahů přitahován k lopatkám a dolní trup je přitahován k hrudnímu koši. Dále dojde k napřímení páteře, následné stabilizaci ThL přechodu a obvodovým úponům bránice (Čápová, 2008).

V 6-ti měsících je dokončeno hrudní dýchání, dochází k diferencované funkci břišní stěny v poloze na zádech. Významný vliv na utváření kvality dechových funkcí

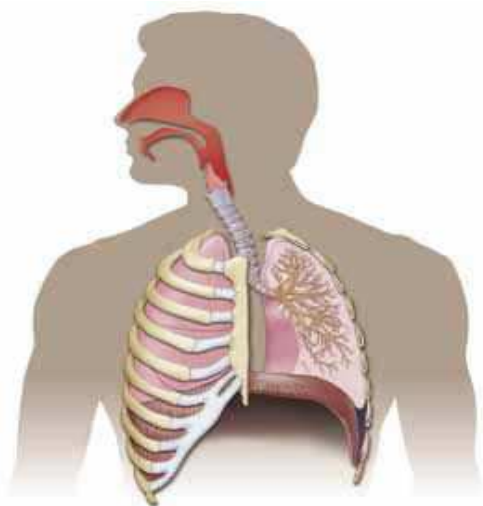
z kineziologického pohledu má postavení hlavy a celé páteře (Kováčiková, 1998). V 6. měsíci je dokončeno otáčení kolem extendované podélné osy těla, jsou aktivní oba šikmé břišní svalové řetězce, které mají punctum fixum na hrudníku. Vytvoření stabilizované polohy a zapojení svalů do opěrných funkcí je podmínkou pro vznik dechové vlny, při níž se při pokračujícím nádechu kraniálním směrem rotují postupně všechna žebra. Pro vývoj optimální dechové mechaniky musí být aktivní svaly pánevního dna, což není možné bez nastavení dolních končetin v abdukčním a zevně rotačním postavení. Během nádechu dojde prostřednictvím kontrakce bránice k zvýšení nitrobřišního tlaku, aktivita břišních svalů uvádí mm. intercostales externi do protažení, které vede při nádechu k elevaci žeber, vlivem autochtonní muskulatury dojde k protažení páteře. Napřímený osový orgán pak může poskytnout oporu rozvíjejícím se mezižebním prostorům, dochází k rozvinutí hrudníku ve směru laterolaterálním a ventrodorsálním. To vše za předpokladu, že koordinace bránice a břišní muskulatury je plně funkční (Vojta, 1993).

Funkce svalů zajišťující dechovou mechaniku během vývoje propojují horní a dolní trup a jsou součástí tzv. velkých diagonálních řetězců. Vytváření atitudy pro dechovou funkci poukazuje na posturální funkci bránice. Její aktivita během dechového stereotypu provokuje koordinovanou funkci břišních svalů a autochtonní muskulatury páteře, což se váže k vytvoření posturální stabilizace osového orgánu (Čápová, 2008).

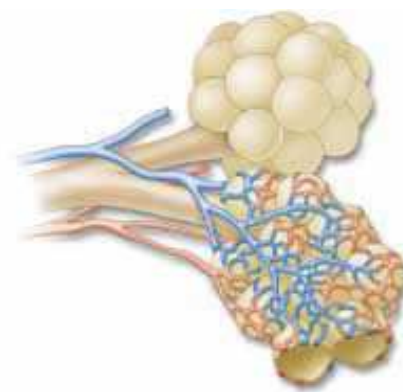
2.4 FYZIOLOGIE A PATOFYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ

Hlavní funkcí dechové soustavy je výměna dýchacích plynů mezi vnitřním a zevním prostředím. Někdy se používá pojem buněčné dýchání pro procesy spojené s tvorbou energie za spotřeby kyslíku v mitochondriích buněk. Činnost respiračního systému úzce souvisí s činností oběhového systému, proto se někdy mohou poruchy oběhového systému manifestovat jako poruchy respirace (Silbernagl, Lang, 2001).

Výměna dýchacích plynů probíhá prostřednictvím plicní ventilace. Vzduch vstupuje z atmosféry do vnitřního prostředí přes **horní cesty dýchací** (nos, nosohltan, hrtan), kde dochází k očištění, zvlhčování a ohřívání vzduchu. Dále pokračuje do **dolních cest dýchacích tracheou** do dvou **bronchů**, které z vnitřní strany vstupují do každé **plice**. Bronchy se dále dělí na četné **bronchioly**, které vedou k terminálním částem respiračního systému, což jsou **alveoly**. Plíce obsahují přes 300 miliónů alveol. Alveoly jsou místem, kde dochází k výměně plynů mezi alveolárním vzduchem a krví plicních kapilár (McArdle, Katch, Katch, 2007).



Obr. č. 1: Hlavní struktury dechové soustavy
(McArdle, Katch, Katch, 2007)



Obr. č. 2: Pohled na ventilační systém ukazující
alveoly a plicní žíly a kapiláry
(McArdle, Katch, Katch, 2007)

Hlavní funkce dýchacího systému je ventilace, difúze a perfúze. Vlastní funkce plic- **ventilace** - je výměna plynů mezi okolní atmosférou a alveoly. K zvýšení ventilace dochází fyziologicky při tělesné zátěži, patologicky k ní může dojít např. při metabolické acidóze nebo při neadekvátní aktivitě neuronů dechového centra. Ke snížení ventilace může dojít při poruše nervosvalového přenosu, ale také při onemocnění dýchacích svalů nebo při omezené pohyblivosti hrudníku (Trojan, Druga, Pfeiffer, 1990).

Perfuze je výměna plynů mezi krví a alveolárním vzduchem. Probíhá jen tehdy, pokud dochází ke kontaktu krve a vzduchu na dostatečně velké ploše alveolokapilární membrány po dostatečně dlouhou dobu. Ke zvýšení perfuze dochází např. při tělesné zátěži, ke snížení může dojít při nedostatečnosti oběhového systému nebo při konstrikci plicních cév. Při zvýšené perfuzi bez změněné ventilace dochází k zvýšenému příjmu kyslíku, který je úměrný průtoku krve. Výdej CO_2 je na perfuzi plic méně závislý než příjem O_2 (Silbernagl, Lang, 2001).

Během **difúze** přechází látky z prostředí s vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací. Na rychlosti difúze, respektive difúzním toku, se podílí vlastnosti membrány, koncentrační gradient a velikost plochy. Vůči různým plynům se difúzní membrána chová různě. Oxid uhličitý difunduje snáze než kyslík. Při chorobných stavech bývá postižen přestup kyslíku 20x více než přestup CO_2 . O porušené difúzi mluvíme při sníženém poměru difúzní kapacity a prokrvení plic (resp. srdečního výdeje). Difúzní kapacita se snižuje při prodloužené difúzní vzdálenosti (edém plic, plicní fibróza, zánět - dilatace cév, anémie) nebo při zmenšení difúzní plochy (resekce jedné plíce, ztráta alveolárních sept při plicním emfyzému, výpadek alveolárních sept při tuberkulóze, ..). Porucha difúze se projeví hlavně při velkém srdečním výdeji, kdy krev protéká plícemi rychle, čímž se snižuje doba kontaktu krve v alveolech. Porucha difúze se projeví v první řadě na přenosu kyslíku (Silbernagl, Lang, 2001).

Rozhodující význam pro výměnu dýchacích plynů v plicích má vzájemný poměr ventilace (V_A) a perfuze (Q). V ideálním případě je poměr ventilace k perfuzi (V_A/Q) ve všech alveolech stejný. Při hypoxii dochází ke kontrakci plicních cév, a tím taky přizpůsobení perfuze k aktuální ventilaci. Vlivem gravitace je při vzpřímeném držení těla ventilace a perfuze v bazálních plicních partiích větší než v oblasti apexu plic. O poruše **distribuce** hovoříme při funkčně významném narušení poměru ventilace –

perfuze jednotlivých alveolů. Důvodem může být buď omezená perfuze kvůli uzavřením cév (plicní embolie), nebo odtlačení kapilár zbytnělou vazivovou tkání při plicní fibróze. K omezení perfuze může také dojít zánikem alveolárních sept, kdy současně dochází k vymizení kapilárního zásobení alveolů (plicní emfyzém). Při nedostatečné ventilaci dochází k nedostatečnému sycení krve O_2 . Při extrémních situacích může dojít ke vzniku arteriovenóznímu zkratu (Silbernagl, Lang, 2001).

Dechový objem

Při klidovém dýchání se v plicích jedním dechem vymění asi 0,5 l vzduchu, což představuje dechový objem (V_t). V klidu představuje dechový objem jen asi 15% vitální kapacity plic (VC). K nárůstu dechového objemu, nejdříve z inspiračního rezervního objemu, později i z expiračního dechového objemu, dochází při intenzivní zátěži, avšak nepřevyšuje 50-60% VC. Součástí dechového objemu je mrtvý prostor, což je objem vzduchu obsažený v dýchacích cestách, který se přímo nepodílí na výměně dýchacích plynů. Tento objem činí asi 150-200 ml, nazývá se anatomický mrtvý prostor. Znamená to, že z celkového dechového objemu se na alveolární ventilaci podílí pouze 350 ml vzduchu, zbytek zůstává v dýchacích cestách. Nejsou-li některé alveoly využity pro výměnu vzduchu (porucha perfúze, nedostatečná difúze přes alveolokapilární membránu, apod.), hovoříme o tzv. funkčním mrtvém prostoru (Smolíková, Máček, 2002).

Ke změně dechového objemu stačí jen malý pokles nitrohruďního tlaku, tedy malá dechová práce, která je dána hlavně funkcí dechových svalů. Křivka vztahu tlak-objem (P-V) má esovitý tvar – tzn., že změna objemu v krajních polohách vyžaduje velkou změnu tlaku, pro kterou je potřeba zvýšená dechová práce svalů, které potřebují větší množství kyslíku. Využívání těchto poloh je tedy neekonomické z hlediska svalové práce. Dechové svaly při klidové dýchání spotřebují 3-5% celkové spotřeby kyslíku, při zátěži to je až 15-25% celkové spotřeby kyslíku (Máček, Vávra, 1988; Smolíková, Máček, 2002).

Dechová práce

Aby byla dechová práce co neekonomičtější, je při každé úrovni minutové ventilace optimální určitá dechová frekvence. Dechová frekvence závisí na několika faktorech, jako je poddajnost plic, plicní odpory v dýchacích cestách, velikost mrtvého prostoru a v neposlední řadě dechový vzor. Při rychlém povrchové dýchání je potřeba energie na překonání odporu dýchacích cest větší a současně se zvětšuje také objem ventilace mrtvého prostoru. Pomalé prohloubené dýchání naopak snižuje nároky na překonání odporů dýchacích cest. Na ekonomice dýchání se také podílí postavení a pružnost hrudníku. Při nádechovém postavení s vyšší funkční reziduální kapacitou a protažením inspiračních svalů, stejně tak jako při snížené pružnosti hrudníku, se ekonomika dechové práce snižuje (Smolíková, Máček, 2002).

Mechanismus ventilace plic

Mechanismus ventilace plic je dán silami a odpory mezi hrudníkem a plícemi, které vznikají v souvislosti s dýcháním. Tyto odpory jsou dány mechanickými vlastnostmi dýchacího ústrojí. Pružné vlastnosti plic jsou dány elastickými elementy plicní tkáně a povrchoým napětím na rozhraní mezi vnitřním povrchem alveolů a alveolárním vzduchem, které společně vytváří **retrakční sílu plic** směřující k hilu. Tato síla je kompenzovaná silou vygenerovanou pružností hrudníku (danou skeletem, svalstvem upínajícím se na hrudník a měkkými tkáněmi), která směřuje na opačnou stranu. Mezi plícemi a hrudníkem je interpleurální štěrbina, kde je nižší tlak než je tlak atmosferický – interpleurální tlak (Trojan, spol, 2003).

Mezi retrakční silou plic a pružností hrudníku, bez aktivní účasti dechových svalů, se ustálí rovnováha v tzv. klidové expirační poloze, kdy je v plících objem vzduchu odpovídající funkční reziduální kapacitě. Činností inspiračních svalů se zvětšují síly, které vedou k rozšiřování dutiny hrudní. Interpleurální tlak se tak stává ještě více negativní a díky komunikaci plic s okolní atmosférou přes dýchací cesty dochází k nasávání vzduchu ve směru tlakového gradientu z okolní atmosféry do plic. Proudění vzduchu trvá tak dlouho, dokud se nevyrovnají retrakční síly plic a síly rozpínající hrudník. Tento děj se nazývá **inspirace**.

Při ukončení aktivity inspiračních svalů je rovnováha mezi silami plic a hrudníku opět narušena ve prospěch retrakčních sil plic, interpleurální tlak se stává vyšší než tlak atmosferický, čímž dochází opět proudění vzduchu ve směru tlakového gradientu – tzn. z plic do okolní atmosféry. Tento děj představuje **expiraci** (Trojan, spol, 2003).

Střídání inspirace a expirace představuje dechový cyklus, který se při klidovém dýchání opakuje frekvencí asi 16 dechů za minutu. Během zátěže dochází k zvýšenému napětí inspiračních svalů, čímž dochází k většímu poklesu intrapleurálního tlaku, a tím i k větší inspiraci. Tak dochází k zvýšení dechového objemu, kdy při zvětšující se minutové ventilaci dochází současně k zvýšení dechové frekvence (Trojan, spol, 2003).

2.5 PATOKINEZILOGIE DECHOVÉ A POSTURÁLNÍ FUNKCE

Dýchání za normálních okolností probíhá automaticky, bez našeho vědomí. Při porušeném stereotypu dýchání, jak už z vnitřních nebo zevních příčin, dochází k tomu, že některé svaly používáme nadměrně a jiné svaly z funkce vynecháváme. Tím pak dochází k chronickému přetěžování určitých oblastí, což může mít za následek i strukturální změny.

Pohybové stereotypy si vytváříme během prvních let našeho života. V průběhu života jsou pak tyto pohybové stereotypy ovlivňovány dalšími faktory. Ať už to je v důsledku působení zevních příčin - životní styl, kulturní vlivy nebo v důsledku vnitřních příčin – např. patologie dechové soustavy či porucha řízení z CNS. Vlivem těchto faktorů vzniká nociceptivní dráždění (Trojan, Druga, Pfeiffer, 1990). Nejčastějším zdrojem nocicepce je decentrované postavení v kořenových kloubech. Centrovaným postavením rozumíme takové držení v kloubu, kdy jsou svaly s antagonistickou funkcí v koaktivaci, kloubní plochy jsou v maximálním kontaktu, čímž je zajištěno dokonalé statické zatížení, které odpovídá příslušnému kloubu (Kolář, 2006b).

Na nociceptivní dráždění reaguje CNS tak, aby zabránilo poškození segmentu. Nocicepce je zpracována prostřednictvím přeprogramovaných posturálních funkcí, kdy je tento adaptační proces vázán na globální motorický vzor zabezpečující automatické držení polohy. Tato globální motorická odpověď je vždy pod nejvyšší řídicí rovinou CNS (Kolář, 2006b). Nocicepce, která se vytváří během života, tvoří individuální soubory reakcí – tzv. náhradní pohybové vzory. Tyto náhradní pohybové vzory mají na počátku protektivní charakter, později se však samy mohou stát zdrojem nocicepce. Jednotlivé funkční změny představují určitý „nouzový provoz“, který jde mimo ideální průběh řízení senzomotorických funkcí. Za tento „nouzový provoz“ platí organismus nižší ekonomizací svalové práce, snížením výkonu a rizikem přetížení některých struktur (Čech, 2006). Vytváření a schopnost přebudování fixovaných pohybových stereotypů závisí na kvalitě centrálních nervových struktur a plasticitě korových funkcí (Kolář, Lewit, 2005).

Na ekonomice jednotlivých pohybových stereotypů se také podílí tzv. tělesné schéma (to, jak vnímáme vlastní tělo). Tělesné schéma je tvořeno po vzájemné integraci pohybového systému s multimodálními sensorickými vstupy včetně

proprioceptivních, vestibulárních, somatosenzorických a zrakových (Yamamotová, Papežová, 2002). Funkci významné integrační komponenty tělesného schématu plní parietální kůra CNS. Centrální reprezentace tělesného schématu může být periferními faktory významně modifikována. Změnou aferentních vstupů může být primární motorická kůra přemapována (Schwoebel et al., 2001). Při fyziologických experimentech bylo zjištěno, že vnímání velikosti určité části těla je relativně labilní a mění se v závislosti na množství aferentních stimulů přicházejících z dané oblasti (Gandevia, Phegan, 1999).

Oslabená nebo zesílená nocicepce, která pozměňuje tělesné schéma, ovlivňuje ve svém důsledku pohybovou aktivitu nebo chování vůbec. Čím více se tělesné schéma liší od reality, tím jsou pohyby méně účelné a ekonomické (Feldenkrais, 1996). Náhradní pohybové vzory vznikají také v rámci dechově-posturální motoriky. Většinou převládá stereotyp, kdy dochází k zapojení auxiliárních svalů (mm. pectorali, mm. scapulari, m.sternocleidomastoideus), které aktivují další svaly (např. suboccipitální svaly) pro stabilizaci těchto pomocných svalů. Do dýchání se tak zapojují i svaly, které s dechovým pohybem nemají žádnou biomechanickou souvislost. Často můžeme spatřovat typickou vývojovou absenci ventrodorzální svalové koordinace na osovém orgánu, kdy bránici chybí punctum fixum pro vykonávání dechové a posturální funkce. Není-li respirační a posturální funkce bránice v souladu, dochází k pohybu sternu kraniokaudálním směrem a k následné nadměrné aktivitě auxiliárních dechových svalů a extenzorů páteře, které kompenzují tuto koordinační poruchu bránice. V opačném případě může být patrna hyperaktivita přímého břišního svalu, dochází k nekoordinované aktivitě celé břišní muskulatury, kdy přímý břišní sval předbíhá aktivitou ostatní svaly účastnící se na dechové a posturální funkci (Kolář, 2008). Touto porušenou svalovou koordinací je znemožněno plné využití plicních funkcí. Tyto změny svalové funkce se pak odrážejí na struktuře (např. postavení a pružnost hrudníku).

Jako reakce na tuto situaci pak dochází ke kompenzačnímu zapojení tzv. periferních mechanismů dýchání, ke kterým patří jazyk, oči, horní končetiny, dolní končetiny (Smolíková, Máček, 2002). Změněný dechový stereotyp se projeví na funkčních parametrech dechové soustavy.

Krobot častou poruchu koaktivace bránice s ostatními svaly trupu nazývá konfliktem posturální a ventilační funkce bránice – tzv. „neparetická paréza bránice“ (Krobot, 2007).

Stejně tak jako můžou vznikat změny dechového stereotypu v důsledku narušení dechové funkce, může dojít k narušení dechové funkce v důsledku změny dechového stereotypu.

Vliv pohybové soustavy na respirační funkce byl nejvíce zkoumán u pacientů se skoliózou a deformitami hrudníku, kdy byla prokázána snížená kapacita během maximální zátěže (Barrios et al., 2006; Koumbourlis, 2006; Mitić-Milikić, 2005).

2.6 OVLIVNĚNÍ DECHOVĚ - POSTURÁLNÍ FUNKCE METODAMI FYZIOTERAPIE

Terapeut má vždy na výběr, zda použije přímý přístup intervence, která osloví kortikální úroveň řízení a volní přispění pacienta (volní reedukace pohybu) nebo nepřímé vstupy (reflexní stimulace pohybu), což vede více k ovlivnění subkortikálních úrovní CNS. Tyto přístupy k ovlivnění funkce můžeme kombinovat.

Cílem fyzioterapie je odstranit nocicepci – změnit aferenci, potažmo i tělesné schéma. Změnou aference pak dochází ke změně motorického výstupu, na jehož základě můžeme budovat ekonomické pohybové stereotypy – tzn. takové, kterých se účastní pouze svaly potřebné pro realizaci vlastního pohybu.

Jedním z možností ovlivnění dechově-posturální funkce je neurofyziologický přístup vyplývající z vývojové kineziologie. Cílem je aktivace hlubokého stabilizačního systému a následné oslovení bránice v její posturální funkci. Zařadí-li se bránice do posturální funkce, bude to mít vliv také na dechovou funkci (Smolíková, Horáček, Kolář, 2001). Pohybový záměr se realizuje pod vlivem několika faktorů: limbický systém, dřívější zkušenost, stav vnitřního a zevního prostředí a stav nocicepce (Trojan, Druga, Pfeiffer, 1990). Všechny tyto faktory pak využíváme během terapie, kdy reflexně oslovujeme subkortikální struktury CNS.

V terapii využíváme cíleně orientovanou posturu, tzv. atitudu. Atituda je aktivní nastavení pro realizaci pohybu, je účelová – nese v sobě informaci o pohybovém záměru. Udržení optimální postury v průběhu pohybu je závislé na schopnosti organismu dynamicky stabilizovat jednotlivé segmenty. Při terapii nezasahujeme do vlastního průběhu pohybu, nýbrž korigujeme výchozí atitudu. Atitudou a aferentním vstupem se snažíme oslovit motorické vzory, které jsou druhově specifické a geneticky předprogramované. Tyto motorické vzory jsou základními stavebními kameny lidské lokomoce (Čápková, 2008).

Atituda vzniká automaticky zpracováním veškeré aference. Při výběru polohy vědomě startujeme aferenci, která zcela automaticky vyvolá dechovou reakci. Pro řetězovou reakci dechově pohybového vzoru je nastavení polohy spouštěcím okamžikem (Smolíková, Horáček, Kolář, 2001). Sumace aferentních vstupů se projevuje následnou změnou nejen postury, ale i změnou dechového motorického vzoru. Dechový vzor je vázán na přesně definovanou výchozí polohu – atitudu a je oslovitelný určitou kombinací aferentních vstupů – jak v nastavení klíčových kloubů,

tak konkrétní skladbou opěrných bodů na podložce. Nastavením atitudy je možné vyvolat globální reakci pohybového systému. Nastavení kořenových a hlavových kloubů v centrovaném postavení zajistí šíření globální vzoru v jeho fyziologické podobě. Stejně tak, budou-li segmenty nastaveny ve výchozí pozici v necentrovaném postavení, dojde k svalové nerovnováze, kdy se bude tento nefyziologický vzor šířit do ostatních segmentů těla (Kolář, 2002; Vojta, 1993).

Při vlastní terapii nejdříve reflexně oslovíme subkortikální řízení pohybu, kdy na základě výše zmíněných principů vyvoláme fyziologický motorický vzor, který se dále snažíme dostat pod volní kontrolu pacienta. Z mimovolní aktivity na subkortikální úrovni řízení se stává přesně cílená, volní dynamická dechová práce na korovém stupni řízení (Trojan, Druga, Pfeiffer, 1990).

Atitudy vychází z poloh vývojové kineziologie, kdy jsou klíčové klouby v centrovaném postavení, čímž dochází k facilitaci pohybového vzoru. Pro facilitaci motorického vzoru můžeme také využít stimulaci spoušťových zón, opěrné body poloh těla nebo klademe izometricky odpor proti směru plánovaného lokomočního pohybu, čímž sumujeme vyvolanou reakci (Smolíková, Horáček, Kolář, 2001; Vojta, 1993). Prostřednictvím tohoto přístupu můžeme do dechové mechaniky cíleně zasahovat a volně ji modifikovat. Dechová mechanika pak přímo i nepřímo ovlivňuje funkci plic.

Před reedukací dechově-posturální funkce je potřeba manuálně ošetřit jednotlivé struktury – rozvolnit pohyb v oblasti dolních žeber, mezižeberní prostory, korigovat postavení hrudníku, uvolnit přetížené auxiliární dechové svaly, případně odstranit blokády žeber a páteře.

2.7 VLIV FYZICKÉ ZDATNOSTI A TĚLESNÉ AKTIVITY NA HODNOTY PLICNÍCH FUNKCÍ

Hodnoty plicních funkcí jsou citlivými ukazateli při diagnostice většiny restriktivních a obstrukčních onemocnění. Spirometrické vyšetření u vrcholových sportovců ukázalo, že hodnoty plicních funkcí nejsou závislé na tělesné zdatnosti. Při vyšetřování olympijských zápasníků, běžců a netrénovaných zdravých osob v prepubescentním věku nebyly nalezeny rozdíly v hodnotách FVC (forced vital capacity, usilovná výdechová kapacita). Hráči profesionálního fotbalového týmu měli jen 94% z referenčních hodnot FVC a hráči obrany dokonce jen 83% normy FVC (Hagberg, Yerg, Seals, 1988).

Nemožnost určit fyzickou výkonnost zdravých jedinců z měření plicních funkcí byla demonstrována také na velké skupině chlapců a dívek ve věku 13-17 let, přičemž součástí skupiny byli i jedinci, kteří měli pravidelný vytrvalostní trénink. Při vyšetření plicních objemů a kapacit vztahovaných na tělesnou výšku a hmotnost se ukázalo, že nejsou rozdíly mezi jedinci s rozdílnou trénovaností (Cummings, 1969). Stejně tak nebyly nalezeny rozdíly mezi hodnotami plicních funkcí u vytrvalostních běžců a populace se sedavým způsobem života. Když byla zvažována variabilita tělesné velikosti, nebyl nalezen rozdíl mezi VO_{2max} a kteréhokoli z dvou ukazatelů – FVC a maximálních ventilačních objemů u zdravých, netrénovaných osob (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Vyšší hodnoty statických plicních funkcí než jsou referenční hodnoty byly nalezeny u profesionálních plavců a potápěčů. To může být dáno tím, že při těchto sportech musí nádechové svaly pracovat proti zvýšenému odporu vody, který je kladen na hrudník (Clanton et al., 1987).

Ačkoli je únava při vytrvalostní fyzické aktivitě často spojována s „nedostatkem dechu“, předpokládá se, že plicní ventilace není limitem fyzické výkonnosti. Větší plicní objemy a kapacity u některých atletů mohou být pravděpodobně považovány za vliv genetické predispozice (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Únava dechových svalů může nastat jako výsledek prolongované zátěže vysoké intenzity. Zatímco fyzický trénink může mít malý efekt na statické a dynamické parametry dechových funkcí, je přínosný pro zlepšení schopnosti výdrže na úrovni

submaximální ventilace. Vytrvalostní trénink zlepšuje stabilitu vnitřního prostředí během standardní doby submaximální zátěže. Také dechové svaly mohou přímo profitovat z fyzického tréninku. Například 20-ti týdenní trénink pravidelným během zvyšuje výkonnost dechových svalů (menší acidóza způsobená zvýšenou ventilací během cvičení) přibližně u 16% zdravých mužů a žen (McArdle, Katch, Katch, 2007). Toto zlepšení funkce může být očekáváno částečně vzhledem k dokumentovanému zvýšení hladin aerobních enzymů (účastní se energetických procesů v mitochondriích za přítomnosti kyslíku) a oxidační kapacity respiračních svalů vlivem tréninku. Výzkumy dále ukázaly zvýšení kapacity respiračních svalů pro generaci síly a udržení dané úrovně inspiračních tlaků, které následuje po fyzickém tréninku. Tato adaptace může redukovat úroveň laktátové acidózy způsobené respiračními svaly u netrénovaných jedinců, kteří ventilují na úrovni těžké fyzické zátěže. To může taky redukovat pocity lokálního plicního diskomfortu a pocitu nedostatku dechu často nastupující u netrénovaných jedinců během prolongované zátěže. Zvýšení odolnosti respiračních svalů, kombinované s redukcí ventilace v submaximální zátěže tréninkem, vede k nástupu únavy bránice, která často nastupuje u obou – jak u krátkodobé, tak u vytrvalostní zátěže (McArdle, Katch, Katch, 2007).

2.8 FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ PLIC

2.8.1 Spirometrie

Spirometrie patří k základním vyšetřením v diagnostice onemocnění plic a dýchacích cest. Je to laboratorní metoda, která posuzuje kvantitu i kvalitu jednotlivých plicních funkcí. Funkční vyšetření plic má nezastupitelnou úlohu v diferenciální diagnostice hlavně plicních onemocnění. Vyšetřujeme jak plíce plní své základní funkce, jsou-li postiženy patologickým procesem, případně jak velké jsou funkční rezervy. Funkční vyšetření plic je indikováno za účelem stanovení diagnózy, vyšetření zda se jedná o ventilační poruchu, stanovení typu ventilační poruchy, zda je přítomná porucha reverzibilní, eventuálně jak se funkční hodnoty mění během léčby. Dále se funkční vyšetření zaměřuje na monitorování průběhu a prognózy onemocnění, jako součást předoperačního vyšetření a pro posudkové účely. Vyšetření musí být prováděna kvalifikovaným personálem a standardizovanými postupy (Radvanský, 1998).

Metody funkčního vyšetření plic rozdělujeme do tří základních skupin:

- 1. vyšetření základní – vyhledávací:** měření vrcholové výdechové rychlosti a její variability, screeningovou spirometrii (orientační vyšetření FVC, FEV1) a pulzní oxymetrie.
- 2. vyšetření základní – rozšířené:** klasická spirometrie včetně křivky průtok-objem, bronchomotorické testy.
- 3. vyšetření specializovaná:** provádí se v laboratořích funkčního vyšetřování plic nebo na samostatných odděleních funkční diagnostiky. Do této skupiny zařazujeme vyšetření v celotělovém bodypletysmografu, které umožňuje stanovit nepřímo měřitelné statické ventilační parametry a odpory v dýchacích cestách., vyšetření difúzní plicní kapacity pro CO, plicní poddajnosti, spiroergometrické vyšetření či vyšetření funkce dýchacích svalů.

Dnes se nejčastěji používají přístroje s otevřeným okruhem, kde dochází k integraci průtoku vzduchu na objem elektronickou cestou u úst pomocí pneumotachografu. Výstupem je grafické znázornění v souřadnicovém systému, kde lze odečíst přímo měřitelné dynamické a statické objemy a kapacity. U dynamických objemů sledujeme

vztah k času, u statických parametrů čas není sledován. Plicní kapacity se skládají ze dvou či více dílčích objemů. Hodnoty plicních objemů a kapacit ukazují na ventilační (mechanickou) funkci plic, tzn. proudění vzduchu mezi atmosférou a alveoly. Dokonalá ventilace alveolů je základní podmínkou pro výměnu plynů v plicích (McArdle, Katch, Katch, 2007; Palatka, 2006).

Naměřené hodnoty se srovnávají s hodnotami referenčními a vyjadřují se v procentu referenční hodnoty. Velikost odchylky od normálu (obvykle 80-120%) pak určuje tíži poruchy. Naměřené hodnoty a to, jak se mění v čase jsou důležité pro stanovení strategie léčby, posouzení dalšího vývoje a prognózy onemocnění (Palatka, 2006).

Spirometrická křivka (křivka objem – čas)

Samotná spirometrie se provádí vsedě ve vzpřímené poloze. Mezi zuby se vkládá náustek, který je držen rty, nutný je nosní klip. Vyšetření se provádí opakovaně, za validní hodnoty se považují nejlepší ze tří technicky dobrých manévřů. Naměřené parametry jsou zaznamenány do tzv. spirometrické křivky neboli spirogramu, který v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost změny objemu v čase. Ze spirogramu jsou stanoveny následující parametry:

dechový objem (V_t) = 0,5 l - objem vzduchu vdechnutý nebo vydechnutý jedním normálním vdechem nebo výdechem

expirační rezervní objem (ERV) = 1,1 l - objem vzduchu, který lze vydechnout maximálním úsilím po klidném výdechu

inspirační rezervní objem (IRV) = 3 l - objem vzduchu, který lze nadechnout maximálním úsilím po klidném nádechu

vitální kapacita (VC): objem vzduchu, který lze vydechnout maximálním úsilím po maximálním nádechu

$$VC=V_T+IRV+ERV$$

výpočet normální hodnoty vitální kapacity v ml:

$$\text{muži: } VC = [27,63 - (0,112 \times \text{věk(roky)})] \times \text{výška(cm)}$$

$$\text{ženy: } VC = [21,78 - (0,101 \times \text{věk(roky)})] \times \text{výška(cm)}$$

Z plicních příčin nalézáme sníženou VC při maximálním výdechu u zánětů plicního parenchymu, zvýšeném prokrvení plic, především venózní oblasti. Z mimoplicních příčin je snížení VC při deformitách hrudníku, páteře, žeber, nebo při tekutině v pohrudniční dutině či srůstech. Zvýšený stav bránice obdobně snižuje % VC, a to jak fyziologických příčin (gravidita, meteorismus), tak i při obrně dýchacího svalstva, obezitě, atd.

Při opakované fyziologickém nálezů nízkých hodnot VC se zaměřuje na vytrvalostní trénink, kterým dosahujeme zvýšení vitální kapacity. Dechová cvičení, která ovlivňují elasticitu hrudníku a stažlivost bránice vedou k výraznému zvýšení VC. Po extrémní nebo vysoké tělesné zátěži nacházíme snížení VC, což je odrazem únavy dechových svalů.

IC – inspirační kapacita je maximální objem vzduchu, který lze nadechnout z klidového výdechu ($VT + IRV$)

Křivka průtok-objem

Metodika je podobná s vyšetřením křivky objem-čas, manévry se však provádí s použitím maximálního úsilí. V souřadnicovém systému je graficky znázorněn vztah mezi průtokem vzduchu dýchacími cestami a objemem usilovně vydechnutého a nadechnutého vzduchu. Vyšetření charakterizuje základní dynamické ventilační parametry a také hodnoty výdechových průtoků. Hodnotíme následující parametry (Hyatt, 2000):

FVC - usilovná vitální kapacita - takové množství vzduchu, které může vyšetřovaný po maximálním vdechu co nejprudčeji vydechnout, na rozdíl od vitální kapacity se však vydechuje co nejrychleji.

FEV₁ – jednovteřinová vitální kapacita - objem vzduchu vydechnutý za první vteřinu usilovného výdechu po maximálním nádechu., udává kolik procent VC je vydechnuto během jedné sekundy. Měla by být větší než 75 % normy pro vyšetřovanou osobu. Snížení FEV₁ při normální hodnotě FVC ukazuje na obstrukční ventilační poruchu, ke snížení FEV₁ dochází i u restričních ventilačních poruch, kde se zároveň snižuje FVC (viz níže), index FEV₁/FVC% tím pádem zůstává v normě. Parametr FEV₁ je často používán ke kvantifikaci obstrukční ventilační poruchy.

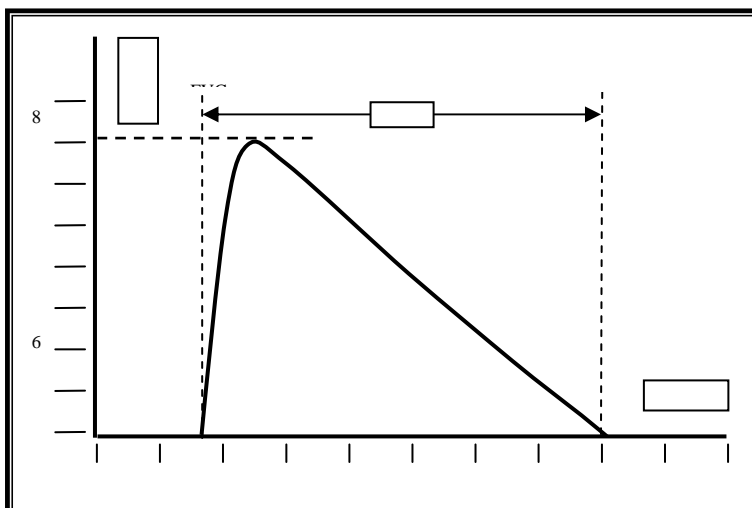
FEV1/FVC (%) – Tiffeneauův index - jednovteřinová vitální kapacita vyjádřená jako podíl z vitální kapacity., normální hodnota: 80 %, na základě posouzení poměru **FEV1** a **FVC** (**Tiffeneauův index**) lze hodnotit druhy plicních vad.

PEF – vrcholová výdechová rychlost – PEF (peak expiratory flow) - vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu začínajícího z TLC. Je přínosná u astmatu ke sledování aktuální závažnosti obstrukce, která se u tohoto onemocnění (na rozdíl od např. chronické obstrukční plicní nemoci) může velmi rychle měnit (to je podkladem akutních astmatických záchvatů). Přístroje pro měření samotné PEF pracují na jiném principu než laboratorní spirometry, jsou malé, přenosné, jednodušší a levnější. Mohou být využívány samotnými pacienty k monitorování aktuálního stavu ventilace (Palatka, 2006).

MEF – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75%, 50% a 25% FVC) . Je to průměrná rychlost proudění vydechovaného vzduchu mezi 25% a 75% vydechnuté usilovné vitální kapacity. Snížení tohoto parametru při normálních hodnotách FEV₁ bývá považováno za citlivý ukazatel obstrukce periferních dýchacích cest malého kalibru (small airways). Statistické rozložení hodnot FEF_{25-75%} v populaci (nejde o tzv. normální neboli gaussovské rozdělení) však ztěžuje stanovení vhodných referenčních rozmezí a interpretaci výsledků a poněkud snižuje výpovědní hodnotu tohoto parametru (McArdle, Katch, Katch, 2007; Radvanský, Matouš, 1999).

PIF – maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu

MIF50 – střední nádechový průtok na úrovni 50% nadechnuté FVC

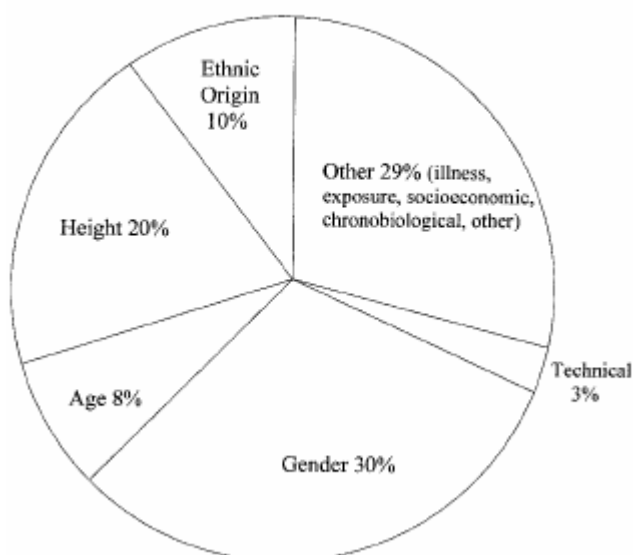


Obr. č. 3: Křivka průtok / objem u zdravého jedince (přepřacováno podle (Máček, Smolíková, 1995)

Interpretace spirometrického vyšetření

Pro interpretaci spirometrického vyšetření je důležitý výběr přínosných spirometrických parametrů. Hodnocení příliš širokého spektra parametrů zvyšuje riziko falešně pozitivních výsledků. Mnohé naměřené hodnoty jsou závislé na dobré spolupráci pacienta, proto je po skončení vyšetření nutné zhodnotit kvalitu záznamu, ujistit se, že pacient vynaložil adekvátní úsilí a vyloučit případné artefakty. Jako známku špatné spolupráce považujeme např. velké rozdíly mezi opakovanými záznamy usilovného výdechu vitální kapacity. Záznamy špatné kvality musí být hodnoceny obezřetně, nebo by neměly být hodnoceny vůbec a je třeba vyšetření zopakovat (Crapo, Jensen, 2003).

Vztah mezi spirometrickými a antropometrickými parametry v dané populaci vyjadřují tzv. regresivní rovnice, které byly vytvořeny na základě vyšetření velkého množství zdravé populace. Regresní rovnice jsou stanovovány zvlášť pro muže a ženy, ale někdy i pro příslušníky různých věkových skupin či etnik. Obr. 8 znázorňuje odhad podílu různých faktorů na variabilitě spirometrických parametrů. Největšími zdroji rozdílů jsou pohlaví, výška jako základní antropometrický ukazatel velikosti těla, věk a etnický původ (Crapo, Jensen, 2003).

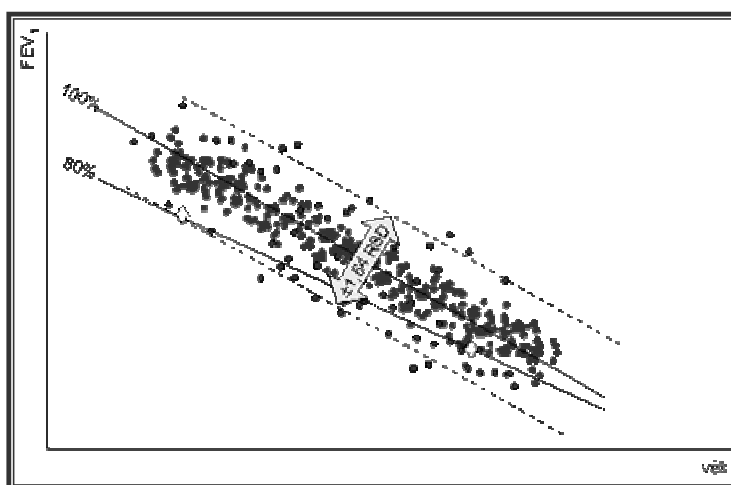


Obr. č. 4: Faktory podílející se na variabilitě spirometrických parametrů v populaci. (Crapo RO, Jensen RL. Standards and interpretative issues in lung function testing. *Respiratory Care* 2003; 48(8):764-772.)

Hodnoty spirometrického vyšetření bývají vztahovány i k dalším ukazatelům, jako je velikosti těla, hmotnost, tělesný povrch, nebo beztuková tělesná hmota (reprezentovaná hlavně kosterními svaly). Vyšší podíl svalové hmoty je spojen s větší silou inspiračních svalů a zvyšuje IC (inspirační kapacitu), současně však snižuje ERV (pravděpodobně se uplatňuje větší efekt klidového svalového napětí, který snižuje objem vzduchu v plicích na konci klidného výdechu – FRC). Efekt podílu svalové hmoty je rozdílný u mužů a u žen. U mužů je efekt na IC pravděpodobně významnější než efekt na ERV, proto vyšší podíl svalové hmoty ve výsledku zvyšuje VC. U žen se zdá, že efekty na IC a ERV jsou podobné, takže podíl svalové hmoty VC ve výsledku výrazně neovlivňuje. U obézních pacientů je bránice nitrobřišním tukem vytlačována vzhůru, proto se s rostoucím podílem tělesného tuku se snižuje RV a FRC a tedy i VC (Crapo, Jensen, 2003).

Tzv. náležité hodnoty vznikají dosazením antropometrických parametrů (věk a výška) vyšetřovaného jedince do regresních rovnic. Většinou je patologický stav spojen s poklesem hodnoty spirometrického parametru (opačně tomu může být např. u RV a FRC). Naměřená hodnota je obvykle vyjádřena jako procento náležité hodnoty a je považována za patologickou, leží-li pod 80% náležité hodnoty (Crapo, Jensen, 2003).

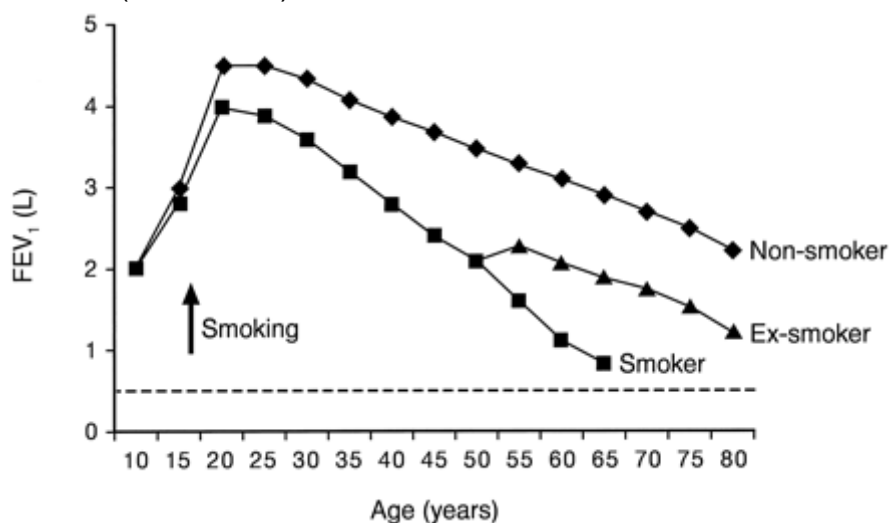
Další možností hodnocení spirometrických parametrů je porovnat naměřenou hodnotu s tzv. dolním limitem normy. Obr. 9 znázorňuje použití těchto dvou přístupů (80% náležité hodnoty a dolní limit normy) u parametru FEV₁. Černé body znázorňují hodnoty naměřené ve zdravé populaci různého věku.



Obr. č. 5: Dolní limit normy versus 80% náležité hodnoty (přepřacováno podle Crapo RO, Jensen RL. Standards and interpretative issues in lung function testing. Respiratory Care 2003; 48(8):764-772.).

Čára označená jako 100% odpovídá náležité hodnotě získané pomocí regresní rovnice. Přerušované čáry odpovídají hornímu a dolnímu limitu normy a jsou určeny pomocí statistického parametru RSD (residual standard deviation), který popisuje rozptyl sledované hodnoty. Jen 5% zdravé populace má hodnotu FEV₁ o více než 1,64-násobek RSD menší než je náležitá hodnota a leží pod dolním limitem normy, podobně pouze 5% populace má FEV₁ o 1,64-násobek RSD větší než je náležitá hodnota a leží nad horním limitem normy. Je tedy málo pravděpodobné, že vyšetřovaný jedinec je zdravý, pokud jeho FEV₁ je menší než dolní limit normy. Oblast mezi horním a dolním limitem normy je stejně široká u starších i mladších jedinců. Prázdné kosočtverce jsou hodnoty naměřené u dvou pacientů. U obou dosahuje FEV₁ 80% náležité hodnoty. Zatímco u mladšího pacienta leží FEV₁ na dolní hranici normy, u staršího pacienta je FEV₁ v oblasti odpovídající značné části zdravé populace. Použitím kritéria 80% náležité hodnoty se tak starší pravděpodobně zdravý pacient dostává na hranici patologického stavu. To ukazuje na rozdílnost obou možností hodnocení spirometrických parametrů (Crapo, Jensen, 2003).

Respirační parametry se mění s věkem. Obr. 10 ukazuje závislost FEV₁ na věku: po rychlém vzestupu trvajícím asi do 20 let věku (u žen končí dříve než u mužů) dochází k obrácení tendence a asi od 30 let FEV₁ klesá přibližně o 30 ml za rok. Na obrázku je také zřejmé, jak pokles FEV₁ výrazně urychluje kouření a příznivý vliv zanechání kouření (Celli, 2000).



Obr. 6: Závislost FEV₁ (FEF₁) na věku a kouření (převzato z Celli BR. The importance of spirometry in COPD and asthma: Effect on approach to management. Chest 2000;117: 15S-19S.).

2. 8. 2 Spiroergometrie

Spiroergometrie je dynamický zátěžový test s analýzou plicní ventilace a výměny O_2 a CO_2 . Umožňuje zachytit a posoudit řadu patofyziologických plicních funkcí, závažnost poruch i kompenzační mechanismy v podmínkách zvýšených nároků kladených fyzickým zatížením. Spiroergometrie se nejčastěji vyšetřuje na bicyklovém ergometru/ event. běhátku či rumpálu/. Nejčastější indikací je určení tolerance zátěže a faktorů, které zátěž limitují /pozátěžový bronchospasmus, kardiovaskulární omezení/, vyšetření z posudkových důvodů /určení pracovní zdatnosti/, v rámci předoperačního vyšetření /plicní resekce, plicní transplantace/, rehabilitační programy. Jsou vyšetřovány ventilační parametry, analyzován vydechovaný vzduch /maximální spotřeba kyslíku - VO_{2max} , monitorace TK, EKG, pulzní oxymetrie event. vyšetření krevních plynů či laktátu. Je to neinvazivní diagnostika onemocnění srdce a plic s určením maximálního příjmu kyslíku, který patří k nejdůležitějším funkčním ukazatelům zátěžového vyšetření, představuje kapacitu transportního systému (dýchací a kardiovaskulární) (Popelková, 2006).

Během zátěže dochází se změnami oběhu i ke změnám ventilace – dýchání se prohlubuje a zrychluje. Růst těchto funkcí je v první minutě prudký, v dalších se postupně vyrovnává s intenzitou zátěže, a s výjimkou maximálního zatížení, se ustálí v rovnovážném stavu (Máček, Vávra, 1988). Na počátku je vzestup jak ventilace, tak i spotřeby kyslíku (O_2) a výdeje oxidu uhličitého (CO_2) lineární se stupňováním intenzity zátěže, ale asi v 60% maxima se rychleji zvyšuje ventilace než roste spotřeba kyslíku. Tento bod se nazývá ventilační práh (VP) neboli anaerobní práh (anaerobic threshold AT) a jeho určení je v počítačovém programu moderních plynových analyzátorů. U zdravých osob je zátěž této intenzity (na úrovni VP) vhodná pro pohybovou aktivitu a sportovní trénink. S postupným zvyšováním adaptace se poloha VP mění – měla by stoupat a dosahovat až 70% maxima. U trénovaných vytrvalostních sportovců dosahuje až 80% maxima (Máček, Vávra, 1988).

Sledované parametry a jejich význam

Spotřeba kyslíku

Spotřeba kyslíku (VO_2) vyjadřuje asi do 80% maxima nejpřesnější měřítko intenzity vydávané energie. Maximální spotřeba kyslíku VO_{2max} vyjadřuje výkonnost a tělesnou zdatnost vyšetřovaného - maximální schopnost aerobně produkovat makroergní fosfáty. Spotřeba kyslíku je globálním ukazatelem výkonnosti celého transportního systému pro dýchací plyny od zevního prostředí až po intracelulární transport. VO_{2max} ukazuje na schopnost pacienta zapojit najednou velmi intenzivně co nejvíce motorických jednotek a krátkodobě vzdorovat ochranným centrálním inhibičním reflexům - centrální i periferní akutní únavě. Hlavním předpokladem je, aby do činnosti byla zapojena co možná největší část svalové hmoty těla, protože hlavním orgánem podílejícím se na zvýšení spotřeby kyslíku proti klidu jsou příčně pruhované svaly. Další podmínkou je kontinuální trvání činnosti alespoň několik minut, při nichž hodnoty měřených ukazatelů prudce stoupají. Hodnoty naměřené na konci vyšetření lze považovat za maximální., vedle VO_{2max} , také SF, Q_{max} a maximální ventilaci. VO_{2max} je vysoce hodnocen zvláště u sportovců, u který je vytrvalost rozhodující pohybovou vlastností (McArdle, Katch, Katch, 2007; Radvanský, 1998).

Přenos kyslíku z atmosférického vzduchu ke svalovému vláknu je výsledkem koordinované funkce několika fází:

1. **Ventilace** - schopnost zajistit dostatek vzduchu k výměně dýchacích plynů v alveolech.
2. **Difúze alveokapilární membránou** - pasivní proces, který závisí na stavu membrány, velikosti styčné plochy a rozsah kapilárního řečiště.
3. **Cirkulace** - schopnost transportovat kyslík ke svalům., závisí na čerpací práci srdce a distribuci plynů na periférii.
4. **Difúze krve do mitochondrie svalu**

Limitujícím faktorem může být každá z etap tohoto řetězu. U zdravých osob není ventilace limitujícím faktorem, zatímco u nemocných znatelně snižuje získané

hodnoty předčasnou únavou dýchacích svalů, které musí překonávat zvýšené statické i dynamické odpory.

Dalším limitujícím faktorem jsou oběhové parametry. Neschopnost zvyšovat SF do maxima při snížení výkonnosti myokardu je hlavní příčinou nízkých hodnot, vedle toho mohou snižovat dodávku kyslíku svalům i periferní faktory, jako omezení perfuze vlivem svalové kontrakce (Máček, Vávra, 1988).

Maximální dosažitelná spotřeba kyslíku v zátěži je považována za relativně nej přesnější numerické vyjádření celkové schopnosti pacienta podstoupit dlouhodobou tělesnou zátěž a zregenerovat po namáhavém výkonu, aby v běžné činnosti stačil vrstevníkům. Je do určité míry funkcí použitého zátěžového protokolu a měla by být vždy uváděna s respiračním výměnným koeficientem (RER), jako mírou motivace a schopnosti odolávat akutní únavě. Za maximální zátěž lze v praxi u dítěte považovat R v rozsahu 0,97 až 1. VO_{2max} se nejčastěji vyjadřuje ve vztahu k tělesné hmotnosti. Vzhledem k vyššímu emočnímu ovlivnění během zátěžového vyšetření je výsledek u dětského pacienta proti dospělému podstatně více závislý na jeho momentálním psychickém stavu. V porovnání s parametry dospělé zátěžové fyziologie, musíme parametry vyšetření u dětí do jisté míry považovat za odvozené - z emočního ladění a motivace dítěte během testu (Radvanský, Matouš, 1999).

Tím dochází také k horší reproducibilitě a k většímu rozptylu normálních hodnot dětské zátěžové fyziologie. V případě maximální spotřeby kyslíku je při opakovaném vyšetření dětí rozptyl hodnot při identickém postupu vyšetření podstatně vyšší než rozdíl mezi měřeními v maximálním rovnovážném stavu (VO_{2max}) a použitím strmě zvyšované zátěže (VO_{2peak}). Diskuse o tom co je a co není " VO_{2peak} ", " VO_{2max} " je tedy v dětské zátěžové fyziologii proti dospělým méně významná (Radvanský, 1998).

Termínu VO_{2peak} se také používá pro maximální hodnotu spotřeby kyslíku před vznikem symptomů, pro které bylo nutno zátěž ukončit (McArdle, Katch, Katch, 2007)

Technika měření spotřeby kyslíku a její sporná místa

VO₂max měříme pomocí analyzátorů koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého, které využívají různé fyzikální principy. Důležitou vlastností je (kromě přesnosti, stability a odolnosti proti rychlým změnám tlaku a vlhkosti) jejich reakční doba. Rychlost ustálení s dostatečnou přesností je u pomalých kyslíkových analyzátorů i desítky sekund. Výkonnější analyzátory s krátkou dobou měření umožňují analyzovat přímo (dech po dechu) rozdíl koncentrace plynů ve vdechovaném a vydechovaném vzduchu (Radvanský, 1998).

Anaerobní práh (anaerobic treshold AT)

AT můžeme definovat (u zdravého člověka) jako hraniční intenzitu zátěže, jejíž překročení vede k ochranné fyziologické únavě během desítek sekund až několika minut, zatímco při intenzitách zátěže pod AT nastává únava podstatně později. Dříve byl v praxi AT měřen jako taková intenzita zátěže v rovnovážném stavu, při které dochází k překročení kritické hladiny krevního laktátu; u dospělých se za tuto hladinu považuje hodnota nad 4 mmol. Invazivní stanovení dynamiky vzestupu krevního laktátu bylo v 80. letech nahrazeno neinvazivním hodnocením dynamiky parametrů výměny dýchacích plynů a srdeční frekvence v průběhu zvyšující se zátěže (ventilatory anaerobic threshold, VAT, ventilační práh VP). AT se nejčastěji stanovuje ze změn dynamiky minutové ventilace, spotřeby kyslíku, výdeje oxidu uhličitého a změn respiračního výměnného koeficientu (respiratory exchange ratio RER, okamžitý poměr vydechovaného množství CO₂ ke spotřebovanému O₂). Dalšími parametry používanými k neinvazivnímu stanovení anaerobního prahu jsou tepová frekvence a utilizace kyslíku, případně ventilační ekvivalent kyslíku (Kváča, Radvanský, Čermák, 1998).

Dle Brooxe je nutno na AT hledět jako na hraniční stav, po jehož překročení dochází k "nouzové" redistribuci krve s relativní (vzhledem k metabolickým nárokům) nedokrevností jater. Teprve poté nastává vzestup laktátu v krvi. Ventilační odpověď, ze které se dnes běžně AT zjišťuje, pak není projevem kompenzačním, ale regulačním, probíhajícím časově shodně s redistribucí krve (Broox, 1985). AT je ve

většině případů stanovován neinvazivně, nejčastěji za použití rychlých analyzátorů výměny dýchacích plynů spolu s měřením tepové frekvence a za použití zátěžového protokolu s kontinuálně zvyšovanou zátěží (Kváča, Radvanský, Čermák, 1998; Radvanský, Matouš, 1999).

Využití kyslíku (utilizace O₂)

Utilizaci kyslíku je rozdíl v průměrné inspirační a expirační koncentraci. Nejedná se o tlakově ani teplotně závislý parametr. Nízká utilizace kyslíku v maximální zátěži může nepřímo svědčit o několika situacích: o vysoké chemosenzitivitě respiračního systému na oxid uhličitý a/nebo o vysokém stupni metabolické acidózy v maximu a/nebo o vysoké motivaci pacienta a/nebo o hyperventilaci, jako zvýhodňujícím prvku pro oběh (hrudní pumpou) (Radvanský, 1998).

Ventilační ekvivalent pro kyslík, ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý

Ventilační neboli dechový ekvivalent (VE), který vyjadřuje objem proventilovaného vzduchu na množství spotřebovaného kyslíku. Udává kolikrát větší je ventilace oproti spotřebě (pro), respektive proti výdeji (pro CO₂) dýchacího plynu.

VE/O₂ je tedy poměr mezi množstvím vydechovaného vzduchu za danou časovou jednotku a objemem spotřebovaného kyslíku ve stejném časovém intervale (dříve ml/min, nyní mmol/min). VE/O₂ ukazuje, kolik kyslíku bylo spotřebováno z vdechnutého vzduchu. Snížení ventilačního ekvivalentu nacházíme u hypoventilace, zvýšení u hyperventilace. Čím je zdatnost pulmonálního systému horší, tím více stoupá VE. Odpovídá to potřebě většího množství vzduchu k získání stejného objemu kyslíku. Normální hodnoty se u zdravého jedince pohybují v rozmezí 561 - 567 mmol/min, což je 25 ± 3 ml/min (Popelková, 2006).

Minutová ventilace (VE) [$l \cdot \text{min}^{-1}$]

Minutová ventilace – minutový objem je množství vzduchu vyměněné v plicích během jedné minuty klidového dýchání (ventilace). Je násobkem dechového objemu a frekvence dýchání (cca 12 – 14 dechů/ min). Minutová ventilace je v klidu asi 8 litrů za minutu (Trojan, spol, 2003). VE nebývá v dětské zátěžové fyziologii příliš využívána, s výjimkou změn dynamiky pro stanovení anaerobního prahu. Směrodatná odchylka normálních hodnot zdravé dětské populace je často i přes 30% průměru - a to i po znormování na věk, pohlaví a hmotnost Proto se do rozmezí normálních hodnot vejdou jak vrcholoví sportovci, tak i pacienti s těžkou poruchou transportu či výměny dýchacích plynů (Radvanský, 1998).

Poměr mrtvý prostor / dechový objem (Vd/Vt)

Objem mrtvého prostoru – Vd udává, jaký díl z Vt se nepodílí na respiraci. Poměr mrtvého prostoru a dechového objemu je ukazatel ekonomiky dýchání, je závislý na poměru ventilace a perfuze, u zdravých v klidu asi 1/3 dechového objemu, při zátěži klesá na 1/5 (Popelková, 2006).

Jedná se o relativně spolehlivý a rychle změřitelný parametr svědčící o regulaci poměru ventilace perfuze při stoupajících nárocích na kardiopulmonální systém během zvyšované intenzity zátěže. Měří se kapnometrem s krátkou dobou odezvy (řádu desetin sekundy). Neklesá-li v zátěži poměr mrtvý prostor/dechový objem proti klidu, je to známka nepoměru ventilace/perfuze v zátěži (Radvanský, Matouš, 1999).

MMV – maximální minutová ventilace - maximální množství vzduchu, které může být při maximálním úsilí proventilován plicemi za 1 minutu

DR – dechová rezerva (breath reserve) – určuje, jak je vyšetřovaný schopen zvýšit výkon plic v případě potřeby. Jedná se o poměr minutové ventilace k maximální minutové ventilaci (l/min a v % méně než 30% náležité hodnoty)

Dechová frekvence (breath rate –BR) - počet dechů za 1 minutu

3 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem diplomové práce je:

- Konfrontovat dosavadní poznatky a souvislosti mezi posturální a dechovou motorikou, propojení těchto funkcí z hlediska řízení centrálním nervovým systémem a jejich zařazení do funkce během ontogeneze.
- Funkčním vyšetřením pohybové soustavy, spirometrickým a spiroergometrickým vyšetřením bude posouzen vliv dechového vzoru na respirační funkce a na souvislost mezi posturálním a dýchacím systémem v rámci patologie dechové funkce.

Stanovili jsme si následující hypotézy:

1. U pacientů indikovaných k fyzioterapii na základě vyšetření dechové soustavy budou přítomny změny v:
 - a) oblasti pohybového systému (osového orgánu, hrudníku, lopatky, HSSP)
 - b) dechovém stereotypu
2. Po fyzioterapeutické intervenci (reedukace dechového stereotypu a harmonizace dechově-posturální funkce svalů v oblasti trupu) dojde ke změně sledovaných respiračních parametrů při spirometrickém a spiroergometrickém vyšetření.
3. Po fyzioterapeutické intervenci (reedukace dechového stereotypu a harmonizace dechově-posturální funkce svalů v oblasti trupu) dojde ke změně výsledků v testech hodnotící funkci pohybové soustavy provedených během klinického vyšetření fyzioterapeutem.
4. Při srovnání skupiny zařazené do terapie s kontrolní skupinou budou rozdíly mezi výstupním spirometrickým a spiroergometrickým vyšetřením.
5. Při srovnání skupiny zařazené do terapie s kontrolní skupinou budou rozdíly mezi výstupním klinickým vyšetřením fyzioterapeuta.

4 METODIKA

4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Výzkumný soubor tvořily sportující děti, které byly vyšetřeny v rámci preventivní sportovní prohlídky na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství FNM. Součástí prohlídky bylo spirometrické a spiroergometrické vyšetření v zátěžové laboratoři. Každý jedinec pravidelně sportuje v rámci tréninkové přípravy.

Jedinci měli zátěžovou dušnost a některé parametry spirometrického a spiroergometrického vyšetření byly mimo nebo na hranici referenčních norem.

Zákonní zástupci všech zúčastněných probandů dali informovaný souhlas k účasti na této studii.

Skupinu, která byla zařazena do terapie tvořili 3 dívky a 9 chlapců: 5 tenistů, 5 fotbalistů, 1 hokejista a 1 veslař.

Charakteristika skupiny zařazené do terapie:

věk 13-17 let, průměrný věk 15 let, SD 1,29

rozmezí tělesné výšky: 155 cm – 194 cm, průměr 173,5 cm (při vstupním vyšetření), resp. 175 cm (při výstupním vyšetření)

rozmezí tělesné váhy: 40,1 – 78 kg, průměr 60 kg (při vstupním vyšetření), resp. 62,3 kg (při výstupním vyšetření)

(viz tabulka č. 1, příloha č. 1)

Kontrolní skupinu tvořili původně 3 dívky a 9 chlapců: 7 fotbalistů, 3 tenisti, 1 snowbordista a jedna dívka provozující vrcholově aerobic. Z původní skupiny nebylo možné kontrolně vyšetřit 3 probandy (chlapce - 2 fotbalisty a 1 tenistu), byly tedy ze skupiny vyřazeny.

Charakteristika kontrolní skupiny:

věk 11-17 let, průměrný věk 14 let, SD 2,29

rozmezí tělesné výšky: 150 – 183 cm, průměr 163,5 cm (při vstupním vyšetření),
resp. 166,4 cm (při výstupním vyšetření)

rozmezí tělesné váhy: 38,4 – 67 kg, průměr 51,6 kg (při vstupním vyšetření), resp.
55,2 kg (při výstupním vyšetření)

(viz tabulka č. 2 příloha č. 1)

4.2 PROTOKOL VYŠETŘENÍ

Klinické vyšetření:

Obsahem vlastního vyšetření je podrobně odebraná anamnéza včetně sportovní anamnézy (jaký sport, od kolika let, jak často, jak intenzivně, pravidelnost, kompenzační sporty, jak probíhá trénink., historie úrazů), dále pak vyšetření aspekci a palpaci., vyšetření aktivní hybnosti., vyšetření stereotypu dýchání, měření obvodů hrudníku v maximálním nádechu a maximálním výdechu, měření hloubky hrudníku pelvimetrem, vyšetření dvoubodové diskriminace v oblasti Thp. Byly provedeny jednotlivé funkční testy pro vyšetření hluboké stabilizace páteře tak, jak jsou popsány níže. Výsledky jednotlivých testů jsou zaznamenány v tabulkách č.1 – 8.

4.2.1 Výběr jednotlivých testů pro hodnocení funkce pohybové soustavy

Použité testy byly zvoleny tak, aby co nejvíce přibližovaly funkční stav pohybového aparátu ve vztahu k dechové a posturální funkci.

Funkční testy pro vyšetření hluboké stabilizace páteře dle doc. Koláře (Kolář, Lewit, 2005)

Pro vyšetření hluboké stabilizace páteře byly zvoleny testy dle doc. Koláře. Při vyšetřování funkce hlubokého stabilizačního systému sledujeme koordinaci (nábor) svalů, která je závislá na řídicích procesech CNS. V diagnostice využíváme toho, že reaktivní stabilizační funkce probíhá automaticky. Při hodnocení vycházíme z kineziologie posturální ontogeneze, kdy sledujeme charakteristické odchylky ve stabilizační funkci ve srovnání s vývojovým vzorem či vzorem, který můžeme mimovolně vyvolat při reflexní lokomoci podle Vojty. Sledujeme zapojení svalů v konkrétní situaci pomocí testů, které hodnotí kvalitu způsobu náboru svalů během stabilizace. Jednotlivé testy nehodnotí svalovou sílu, ale hodnotí kvalitativní způsob jejich zapojení. Pomocí těchto testů můžeme identifikovat insuficienci některých svalů při stabilizaci, a na straně druhé nadměrné zapojení svalů, které tuto insuficienci kompenzují (Kolář, Lewit, 2005). Validita výsledků závisí na zkušenosti vyšetřujícího.

Brániční test:

Test nám ukáže, jak je pacient schopen aktivovat koordinovaně bránici, břišní lis a svaly pánevního dna. Sledujeme také symetrii – asymetrii v zapojování svalů a schopnost změnit dechový stereotyp. Při vlastním vyšetření vyšetřovaný sedí s napřimým držením páteře, hrudník je ve výdechovém postavení. Vyšetřující palpuje laterálně pod dolními žebry a mírně tlačíme proti laterální skupině břišních svalů. Vlastní palpaci současně kontrolujeme pohyb a postavení dolních žeber. Po jedinci chceme, aby provedl proti našim palpujícím prstům protitlak s roztažením dolní části hrudníku, který se nesmí pohybovat kraniálním směrem – předozadní osa spojující pars lumbalis a pars costalis je nastavena téměř horizontálně. Páteř je po celou dobu vyšetření napřimena, nesmí dojít k flexi hrudní oblasti.

Hodnocení:

- 1) *Optimální provedení:* aktivita laterální skupiny břišních svalů proti palpaci vyšetřujícího, dojde k rozšíření hrudníku laterálně, rozšiřují se mezižeberní prostory, nedochází ke kraniálnímu pohybu žeber.
- 2) *Insuficience:* nedostatečná nebo žádná aktivita svalů proti palpaci vyšetřujícího, při aktivaci dochází ke kraniálnímu pohybu žeber, proband nedokáže udržet kaudální postavení hrudníku., dochází k aktivaci auxilárních dechových svalů, příp. ke kraniálnímu souhybu ramen.

Test flexe trupu:

Při vyšetření hodnotíme koordinaci svalů trupu. Sledujeme kraniální souhyby hrudníku a klíční kosti, pohyb žeber a laterální skupinu břišních svalů během flexe hlavy a trupu v supinační poloze.

Výchozí poloha: leh na zádech

Provedení : vyšetřovaný provede pomalou flexi krku a postupně i trupu. Vyšetřující palpuje dolní nepravá žebra v medioklavikulární linii a hodnotí jejich souhyb a chování hrudníku během flexe trupu.

Hodnocení:

- 1) *optimální provedení:* během flexe trupu zůstává hrudník v kaudálním postavení a aktivují se laterální skupiny břišních svalů
- 2) *insuficience:* při flexi trupu dochází ke kraniálnímu souhybu hrudníku a klíční kosti, při nedostatečné stabilizaci páteře dochází během flexe trupu k laterálnímu pohybu žeber a ke konvexnímu vyklenutí laterální skupiny břišních svalů. Hrudník je během flexe trupu v nádechovém postavení, přítomnost břišní diastázy, aktivita m. rectus abdominis a m. externus abdominis při flexi trupu, flexe se neúčastní bránice a laterální skupina břišních svalů.

Test náklonu

Test se zaměřuje na dynamickou stabilizační funkci lopatek, postavení ramen, krční páteře.

Výchozí poloha: vzpor klečmo, akra horních končetin jsou pod rameny, kaudální posun lopatek a ramen., napřímění páteře, kolenní klouby jsou přímo pod kyčelními klouby, hlava je v prodloužení páteře

Provedení: vyšetřovaný je vyzván přesunout těžiště těla a váhu dopředu tak, aby se ramena dostala před ruce a kyčelní klouby před kolena. Hlava má zůstat v prodloužení páteře, nesmí dojít k flexi ani extenzi horní krční páteře.

Sledujeme, jak je vyšetřovaný v poloze sporu klečmo, při přesunutí těžiště dopředu, schopen udržet lopatky ve stabilizované poloze, respektive v neutrální pozici ve smyslu abdukce/addukce, elevace/deprese, rotace dolního úhlu lopatky. Tato funkce vyžaduje koordinovanou funkci svalů lopatky a trup.

Hodnocení:

- 1) *Optimální provedení:* lopatky jsou během pohybu fixované k hrudnímu koši, nedochází ke kraniální migraci ramen, páteř zůstává napříměná
- 2) *Insuficience:* postavení lopatek v addukci, elevaci, rotace dolního úhlu lopatek zevně, oslabení dolní fixace, dochází k hyperextenzi krční páteře a ke kraniálnímu posunu ramen.

Extenční test:

Při mírné extenzi hlavy a trupu v pronační poloze sledujeme koordinaci v zapojení zádových svalů, převážně povrchových extenzorů a laterálních skupin břišních svalů.

Výchozí poloha: leh na břicho s horními končetinami podél těla

Vyšetřovaný dostane pokyn k zvednutí hlavy nad podložku a provede mírnou extenzi páteře.

Hodnocení:

- 1) *Optimální provedení:* při extenzi se aktivuje paravertebrální svalstvo v rovnováze s laterální skupinou břišních svalů.
- 2) *Insuficience:* při extenzi se výrazně aktivuje paravertebrální svalstvo s maximem v oblasti dolní hrudní a horní bederní páteře. Neaktivuje se nebo jen minimálně dolní část laterální skupiny břišních svalů. Projevem je konvexní vyklenutí laterální skupiny břišních svalů, a to především v jejich dolní porci. Horní úhly lopatek jsou taženy prostřednictvím středního a horního trapézového svalu kraniálně a do addukce. Dolní úhly lopatek se naopak nastavují do abdukce.

Test břišního lisu:

Při vyšetření sledujeme zapojení břišních svalů a chování hrudníku. Vyšetřovaný leží na zádech s dolními končetinami nad podložkou v trojfelkčím postavení. Kyčelní klouby jsou ve flexi (ca 90 st.), v abdukci, která je přibližně v šíři ramen a v mírné zevní rotaci. Dolní končetiny opírá vyšetřující svou horní končetinou. Hrudník je pasivně nastaven do kaudálního postavení. Postupně odstraňujeme oporu dolních končetin a vyšetřovaný musí udržet dolní končetiny samostatně.

Hodnocení:

- 1) *Optimální provedení:* při zapojení břišních svalů sledujeme jejich rovnoměrnou aktivaci. Hrudník je stále v kaudálním postavení, předozadní (osa mezi pars lumbalis a pars sternalis bránice) osa úponů bránice zůstane téměř vertikálně. Hrudník se v dolní části rozšíří laterálně.

2) *Projevy insuficience*: aktivace břišních svalů není rovnoměrná, převládá aktivita horní části m. rectus abdominis. Při palpaci v oblasti laterální skupiny břišních svalů je minimální nebo žádná aktivita, a to především v jejich dolní porci. Umbilicus mírně migruje kraniálně a nad úroveň tříselního vazů se objeví konkávní vyklenutí břišní stěny. Hrudník se staví do inspiračního postavení a výrazně se zvyšuje aktivita paravertebrálních svalů. Břišní diastáza se objevuje v důsledku nekoordinované aktivity břišní stěny.

Test měření rozdílu obvodů hrudníku během maximálního inspira a expira byl zvolen pro stanovení pružnosti hrudníku, jako jednoho z parametrů ovlivňující dechovou funkci. Obvody hrudníku jsou měřeny přes xifosternale. Rozměry jsou měřeny pásovou mírou v cm, můžeme tedy předpokládat určitou validitu výsledků nezáviselí pouze na zkušenosti vyšetřujícího.

Provedení: vyšetřovaný sedící svlečený s napřímením držení páteře dostal pokyn, aby se co nejvíce nadechl – byl změřen obvod hrudníku přes xifosternale, následoval pokyn k co největšímu výdechu a byl opět změřen tentýž obvod. Vyšetření bylo provedeno 3x pásovou mírou v cm, za validní se považoval nejlepší dosažený výsledek. Hodnoceno bylo procentuální zvětšení obvodu hrudníku mezi maximálním inspiem a maximálním expiém, přičemž největší obvod při maximálním inspiu byl považován za 100%.

Vyšetření somatostezie hrudníku: při tomto testu bylo cílem zjistit, jakou má vyšetřovaný jedinec představu o hloubce svého hrudníku. Test byl zvolen proto, abychom zjistili, jakou má vyšetřovaný představu o svém těle (tělesné schéma) a jak tato představa koreluje s klinickým nálezem. Při vyšetření byl hodnocen rozdíl mezi tím, jak si vyšetřovaný představuje hloubku hrudníku a skutečnou hloubkou hrudníku změřenou pelvimetrem. Hloubka hrudníku byla zvolena v souvislosti s vyšetřováním dechově posturální funkce, která se právě na této oblasti projeví nejvíce.

Provedení: vyšetřovaný byl vyzván, aby v sedě se zavřenýma očima, s předpaženými horními končetinami - 90° flexe v ramenních kloubech, extenze loktů, dlaně otočené k sobě, extendované prsty, vymezil dlaněmi ve vertikále hloubku

svého hrudníku. Následně byla změřena vzdálenost daktylionů a porovnána se skutečnou hloubkou hrudníku, která byla změřena pelvimetrem (vzdálenost mezi středem sternu a Th5).

Test dvoubodové diskriminace – schopnost rozlišit dotyk ve dvou bodech při současné taktilní stimulaci na dvou různě vzdálených místech v oblasti Thp – paravertebrálně (jakou nejmenší vzdálenost vnímá ještě mezi dvěma body – kdy je ještě vnímá jako dva a kdy už nerozliší, že nejde jen o jeden bod). Test byl vybrán pro posouzení, jak si vyšetřovaný jedinec uvědomuje podněty z vyšetřované oblasti.

Provedení: při vyšetření ležel jedinec na břiše, s hlavou otočenou na stranu, se zavřenými očima. Byl vyzván, aby řekl, kolika body se ho vyšetřující dotýká v oblasti paravertebrálních svalů na Thp. Vzdálenost byla postupně zvětšována od 1cm, dále pak se zvětšovala vždy o 0.5 cm až k vzdálenosti, ve které byl jedinec schopen rozlišit dva body. Vyšetření bylo nejdříve provedeno na pravé straně, pak na levé.

4.2.2 Spirometrické a spiroergometrické vyšetření

Spirometrické a spiroergometrické vyšetření by mělo do určité míry objektivizovat funkčnost respiračního systému v kontextu a případně korelaci s klinickým vyšetřením dechově-posturální funkce. Vyšetření probíhalo na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství v laboratoři zátěžového vyšetření.

Spirometrie (vyšetření pomocí spirometru MedGraphics-Cardiorespiratory Diagnostic System®)

Před každým vyšetřením byla provedena kalibrace průtokového senzoru a senzorů pro pO_2 a pCO_2 . Probandovi byl vysvětlen průběh testu a jaká spolupráce se od něj vyžaduje, byla snaha rozptýlit jeho obavy z dýchání přes náustek a zacpání nosu klapkou.

Vyšetření bylo provedeno přístrojem s otevřeným okruhem, kde dochází k integraci průtoku vzduchu na objem elektronickou cestou u úst pomocí pneumotachografu. Výstupem je grafické znázornění v souřadnicovém systému, kde

odečítáme přímo měřitelné statické a dynamické objemy a kapacity. U statických parametrů není, na rozdíl od dynamických, sledován vztah k času. Hodnoty plicních objemů a kapacit charakterizují ventilační (mechanickou) funkci plic, tzn. proudění vzduchu mezi atmosférou a alveoly. Naměřené hodnoty byly srovnány s hodnotami náležitými neboli referenčními a vyjádřeny v procentu náležité hodnoty, stejně tak v absolutních číslech.

Hodnoty získané při spirometrickém vyšetření závisí na spolupráci vyšetřovaného, celý postup vyšetření byl předem vyšetřovanému vysvětlen.

Vyšetření se provádí vsedě ve vzpřímené poloze. Vyšetřovaný byl v uvolněné poloze, ve volném oblečení, aby nebránilo v pohybu hrudníku a bránice. Náustek se vkládá mezi zuby a je držěn rty, nutný je nosní klip.

Měření křivky průtok – objem

Provedení:

Měření se startuje kliknutím na symbol křivky průtok-objem. Vyšetřovaný nejdříve klidně dýchal. Pak byl vyzván k maximálnímu pomalému výdechu, k maximálnímu hlubokému nádechu, k maximálnímu prudkému usilovnému výdechu až do konce jeho schopností výdechu (manévr FEV₁, MEF 50).

Toto vyšetření je náročné především na přesnosti pokynů. Úkolem obsluhy přístroje je „dostat maximum“ z dechových schopností vyšetřované osoby!

Vyšetření bylo provedeno 3x s odstupem minimálně 30 sekund, za validní hodnoty byly považovány nejlepší ze tří technicky dobrých manévrů. Naměřené parametry byly zaznamenány do tzv. spirometrické křivky neboli spirogramu, který v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost změny objemu v čase. Ze spirogramu jsme si pro hodnocení odečetli následující parametry: FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, FEF Max, FIV (parametry byly hodnoceny jak před zátěží, tak po zátěži).

Naměřené hodnoty plicních objemů v určitých proměnných podmínkách označujeme ATPS (symbol ATPS označuje ventilační hodnoty skutečné, tedy dosud nekorigované. Je to označení pro plyn nasycený vodní parou za okolní teploty a tlaku). Pro standardizaci je korigujeme na podmínky BTPS (body temperature

pressure, saturated - teplota 37°C, atmosferický tlak 101,3 kPa = 760 mmHg, průměrná saturace vodními parami).

Spirometrické vyšetření bylo provedeno před zátěžovým vyšetřením na bicyklovém ergometru a znovu pak po zátěžovém vyšetření.

Spiroergometrie

Spiroergometrické vyšetření bylo provedeno na bicyklovém ergometru Cardio Control, bylo monitorováno 12-ti svodové EKG s nalepovacími elektrodami pro neklidové podmínky. V průběhu zátěže byl monitorován TK manžetou na pravé horní končetině, saturace hemoglobinu byla registrována pulzním oxymetrem, analýza vydechovaných plynů dech od dechu, poměr mrtvý prostor/dechový objem rychlým kapnometrem. Získané údaje byly počítačově zpracovány.

Protokol měření – „rampový test“ – kontinuálně stoupající zátěž do dosažení subjektivního maxima.

Po vyřazení odporu pohyboval vyšetřovaný pedály dvě minuty ve volném tempu. Byla provedena kontrola a editace naměřených údajů.

Sledovali jsme následující parametry spiroergometrického vyšetření: VO_2/kg , VE BTPS, V_t BTPS, RR – všechny parametry byly hodnoceny na úrovni anaerobního prahu a na úrovni VO_{2max} .

4.2.3 Statistická analýza

Pro statistickou analýzu parametrů spirometrického, spiroergometrického vyšetření, testů hodnotících somatostezii hrudníku a pružnost hrudníku byl použit program SPSS 12,0 pro Windows, párový T-test pro srovnání vstupních a výstupních parametrů v rámci jedné skupiny. Hodnota významnosti $p < 0,05$ byla považována za statisticky signifikantní. Hodnocení testů HSSP bylo popsáno deskriptivní statistikou.

4.3 POUŽITÉ METODIKY K OVLIVNĚNÍ DECHOVĚ-POSTURÁLNÍ FUNKCE

Cílem fyzioterapie byla aktivace bránice tak, aby došlo k harmonizaci její dechové a posturální funkce a obnovení antagonisticko-synergického vztahu bránice a břišních svalů.

Probandi, kteří byli zařazeni do terapie, v průběhu 4 měsíců docházeli na individuální fyzioterapii, frekvence návštěv byla uzpůsobena individuálním potřebám každého jedince. Terapie vycházela z neurofyziologických aspektů vývojové kineziologie. Během individuální terapie jsme se věnovali ovlivnění mobility hrudníku a páteře technikami manuální medicíny, relaxaci auxilárních dechových svalů, nácviku dechového stereotypu a dechově-posturální funkci bránice. Pro facilitaci dechové - posturální funkce bránice bylo pracováno se změnou aferentního vstupu nastavením osového orgánu a klíčových kloubů. Byly využity polohy z reflexní lokomoce a z vývojové kineziologie, čímž byla facilitována fyziologická reakce. Dále byla využívána práce s oporou a odporem proti pohybu v jednotlivých polohách. Po vybavení fyziologického vzoru dýchání a stabilizace byla snaha přenést tuto aktivitu pod volní kontrolu. Do terapie byla zahrnuta práce s eidetickou představou (skoro stejně přesná jako vjem – „tady a teď“) pohybu.

Jednotlivcům byly doporučeny cviky, kterým se měli pravidelně věnovat během domácího cvičení, popř. během tréninkového procesu. Obsahem domácího cvičení byly cviky na rozvolnění hrudníku a páteře, dále nácvik harmonizace dechové a stabilizační funkce. V indikovaných případech byla věnována pozornost také funkci nohy.

Každému probandovi byl jednoduše vysvětlen princip dechově-posturální funkce a jeho podstata v rámci ADL a tréninkového procesu.

5 VÝSLEDKY

5.1 VÝSLEDKY TESTŮ HODNOTÍCÍCH FUNKCI HSSP

Výsledky testů skupiny zařazené do terapie

PROBAND	BRÁNIČNÍ TEST		TEST FLEXE TRUPU		EXTENČNÍ TEST	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní
1	-dx / -sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
2	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
3	-dx / -sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin
4	-dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
5	- dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin
6	- dx / -sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	- dx / -sin	- dx / -sin
7	+dx / +sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
8	+dx / +sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
9	+dx / +sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
10	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
11	- dx / -sin	+dx / +sin	- dx / -sin	- dx / -sin	- dx / -sin	- dx / -sin
12	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin

Tabulka č.1: výsledky testů hodnotících funkci HSSP- skupina zařazená do thp

PROBAND	TEST NÁKLONU		TEST BŘÍŠNÍHO LISU	
	vstupní	Výstupní	vstupní	Výstupní
1	-dx / -sin	+dx / -sin	-dx / -sin	+dx / +sin
2	-dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
3	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
4	-dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
5	-dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin
6	+dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin
7	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
8	- dx / -sin	+dx / -sin	-dx / -sin	+dx / +sin
9	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin
10	+dx / -sin	+dx / +sin	- dx / - sin	+dx / +sin
11	+dx / +sin	+dx / +sin	- dx / -sin	+dx / +sin
12	+dx / -sin	+dx / -sin	- dx / - sin	+dx / +sin

Tabulka č. 2: výsledky testů hodnotících funkci HSSP- skupina zařazená do thp

Legenda k tabulkám č. 1 a 2: dx – pravá strana

sin – levá strana

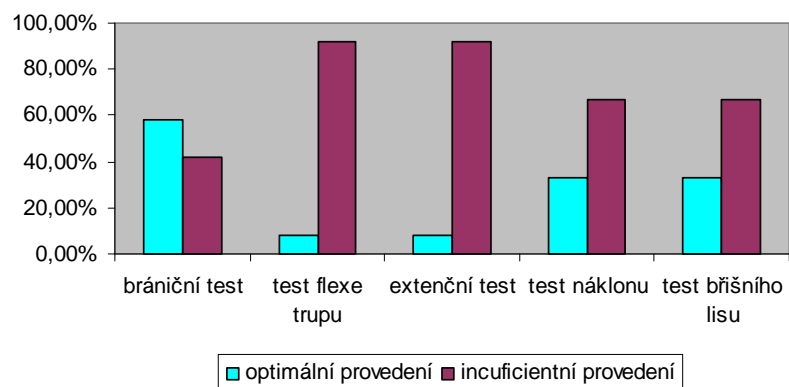
- - insuficience v provedení daného testu

+ - optimální provedení daného testu

Testy hodnotící funkci HSSP:

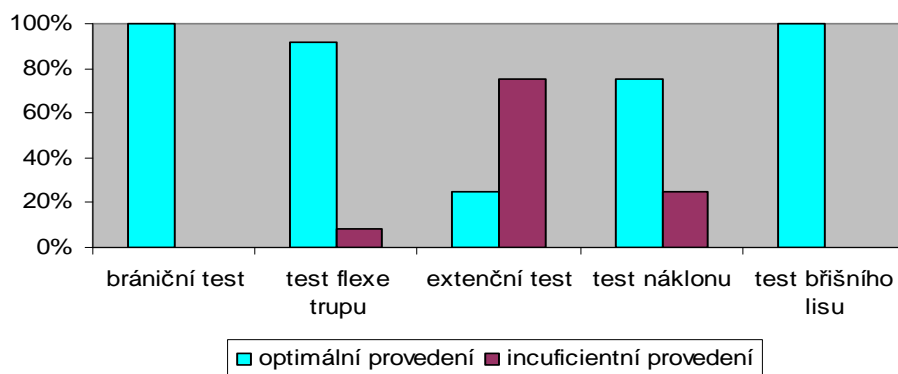
- Brániční test:** při vstupním vyšetření mělo 5 z 12 probandů insuficientní provedení. Při výstupním vyšetření došlo k zlepšení tohoto testu u všech 5 probandů (ve 100%).
- Test flexe trupu:** při vstupním vyšetření mělo 11 z 12 probandů insuficientní provedení. Při výstupním vyšetření došlo k zlepšení tohoto testu u 10 probandů (91%), u 1 zůstalo provedení nezměněno.
- Extenční test:** při vstupním vyšetření mělo 11 z 12 probandů insuficientní provedení. Při výstupním vyšetření došlo k zlepšení tohoto testu u 3 probandů (v 27%).
- Test náklonu:** při vstupním vyšetření měli 3 jedinci insuficientní provedení bilaterálně, 5 jedinců mělo patologickou funkční odpověď jednostranně, z čehož ve 3 případech se jednalo o insuficienci vlevo a ve 2 případech o insuficienci vpravo. U 2 ze 3 původně bilaterálních insuficiencí došlo při výstupním vyšetření k jednostranné úpravě, kdy zůstalo patologické provedení na jedné straně – v obou případech vlevo. U jednoho jedince původně s bilaterální insuficiencí došlo ke zlepšení bilaterálně. U 4 z 5-ti původně jednostranných insuficientních provedení testu došlo při výstupním vyšetření k úpravě, u jednoho jedince zůstala jednostranná insuficience. Celkově došlo tedy k zlepšení (jednostrannému nebo oboustrannému) výstupních výsledků u 7 jedinců z 8 (87,5%).
- Test břišního lisu:** při vstupním vyšetření mělo 8 z 12 probandů insuficientní provedení, při výstupním vyšetření došlo ke zlepšení u všech 8 probandů (ve 100%).

VSTUPNÍ VYŠETŘENÍ - HSSP



Graf č. 1: znázornění vstupního vyšetření testů hodnotících f-ci HSSP u skupiny zařazené do thp

VÝSTUPNÍ VYŠETŘENÍ - HSSP



Graf č.2: znázornění výstupního vyšetření testů hodnotících f-ci HSSP u skupiny zařazené do thp

Výsledky testů kontrolní skupiny

PROBAND	BRÁNIČNÍ TEST		TEST FLEXE TRUPU		EXTENČNÍ TEST	
	Vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	Výstupní
1´	-dx / -sin	-dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
2´	-dx / -sin	-dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
3´	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
4´	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
5´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
6´	-dx / -sin	-dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
7´	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	+dx / -sin	+dx / +sin	+dx / +sin
8´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
9´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin

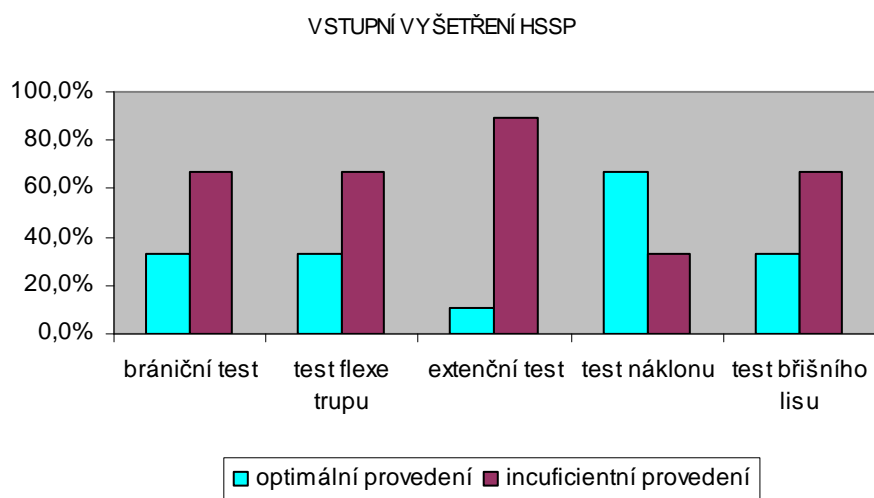
Tabulka č. 3: výsledky testů hodnotících funkci HSSP-kontrolní skupina

PROBAND	TEST NÁKLONU		TEST BŘIŠNÍHO LISU	
	vstupní	výstupní	vstupní	Výstupní
1´	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
2´	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
3´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
4´	-dx / -sin	-dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
5´	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin	-dx / -sin
6´	+dx / +sin	-dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
7´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	-dx / -sin
8´	-dx / -sin	-dx / +sin	+dx / +sin	+dx / +sin
9´	+dx / +sin	+dx / +sin	-dx / -sin	+dx / +sin

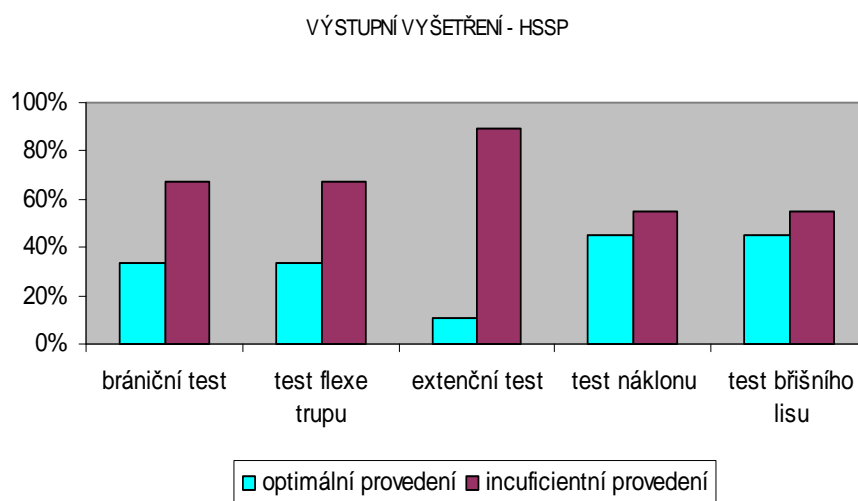
Tabulka č. 4: výsledky testů hodnotících funkci HSSP-kontrolní skupina

Testy hodnotící funkci HSSP:

- Brániční test:** při vstupním vyšetření mělo 6 z 9 probandů insuficientní provedení. Při výstupním nedošlo ke změně ani u jednoho probanda.
- Test flexe trupu:** při vstupním vyšetření mělo 6 z 9 probandů insuficientní provedení. Při výstupním vyšetření došlo k jednostrannému zlepšení u jednoho probanda.
- Extenční test:** při vstupním vyšetření mělo 8 z 9 probandů insuficientní provedení. Při výstupním nedošlo ke změně ani u jednoho probanda.
- Test náklonu:** při vstupním vyšetření měli 3 jedinci insuficientní provedení bilaterálně. Při výstupním vyšetření došlo k jednostrannému zlepšení u 2 ze 3 probandů, u jednoho jedince došlo k oboustrannému zhoršení a u jednoho jedince, který měl při vstupním vyšetření bilaterálně optimální provedení testu došlo k jednostrannému zhoršení.
- Test břišního lisu:** při vstupním vyšetření mělo 6 z 9 probandů insuficientní provedení, při výstupním vyšetření došlo ke zlepšení u 1 probanda.



Graf č. 3: znázornění vstupního vyšetření testů hodnotících f-ci HSSP u kontrolní skupiny



Graf č. 4: znázornění výstupního vyšetření testů hodnotících f-ci HSSP u kontrolní skupiny

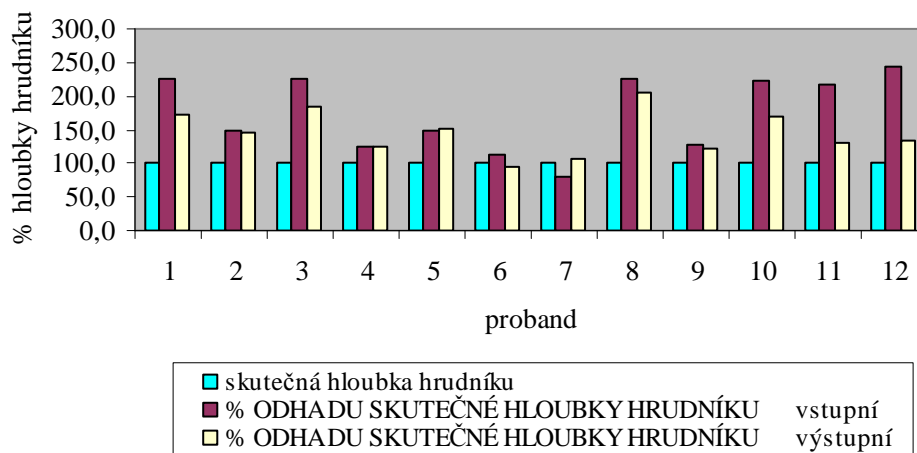
5.2 VÝSLEDKY TESTŮ SOMATOSTEZIE HRUDNÍKU

Výsledky testů skupiny zařazené do terapie

PROBAND	VNÍMANÁ HLOUBKA HRUDNÍKU A [cm]		SKUTEČNÁ HLOUBKA HRUDNÍKU B [cm]	% ODHADU SKUTEČNÉ HLOUBKY HRUDNÍKU	
	vstupní	výstupní		vstupní	Výstupní
1	40,6	31,0	18,0	225,0	172,0
2	27,0	26,0	18,0	150,0	144,4
3	37,0	30,0	16,4	225,6	182,9
4	25,0	25,0	20,0	125,0	125,0
5	36,0	37,0	24,2	148,8	152,9
6	26,0	22,0	23,0	113,0	95,7
7	16,6	22,0	20,5	81,0	107,3
8	44,0	40,0	19,5	225,7	205,1
9	23,0	22,0	18,0	127,8	122,0
10	38,0	29,0	17,0	223,5	170,1
11	37,0	22,0	17,0	217,6	129,4
12	45,0	25,0	18,5	243,2	135,1
průměr				175,5	145,2
				p - 0,023	

Tabulka č. 5: výsledky testů hodnotících somatostezii hrudníku – skupina zařazená do thp

SOMATOSTEZIE HRUDNÍKU



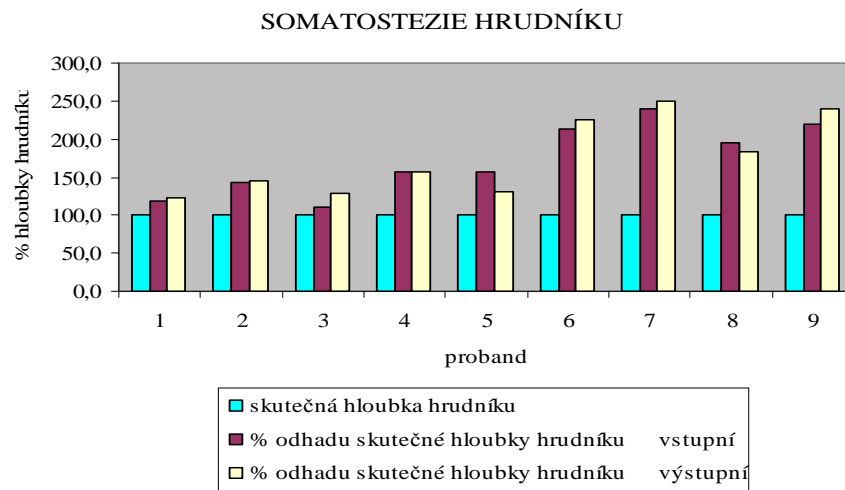
Graf č. 5: znázornění vyšetření somatostetických f-cí při vstupním a výstupním vyšetření – skupina zařazená do thp

Při výstupním vyšetření somatostezie hrudníku došlo k signifikantní změně, kdy se probandi odhadem hloubky hrudníku přiblížili skutečnému rozměru hloubky hrudníku průměrně o 30,3 procentních bodů ($p = 0,023$, $SD 39,76$)

Výsledky testů kontrolní skupiny

PROBAND	VNÍMANÁ HLOUBKA HRUDNÍKU [cm]		SKUTEČNÁ HLOUBKA HRUDNÍKU [cm]	% ODHADU SKUTEČNÉ HLOUBKY HRUDNÍKU	
	vstupní	výstupní		vstupní	výstupní
1´	26	27	22	118,2	122,7
2´	33	32	23	143,5	145,5
3´	30	27	21	111,1	128,6
4´	33	33	21	157,1	157,1
5´	25	21	16	156,3	131,3
6´	34	36	16	212,5	225
7´	43	45	18	238,9	250
8´	35	33	18	194,4	183,3
9´	33	36	15	220	240
průměr				172,4	175,9
				p - 0,485	

Tabulka č. 6: výsledky testů hodnotících somatostezii hrudníku – kontrolní skupina



Graf č. 6: znázornění vyšetření somatostetických funkcí při vstupním a výstupním vyšetření – kontrolní skupina

Při výstupním vyšetření somatostezie hrudníku nedošlo k signifikantní změně při oproti vyšetření vstupnímu. Probandi se odhadem hloubky hrudníku vzdálili skutečnému rozměru hloubky hrudníku průměrně o 3,4 procentních bodů ($p = 0,485$, SD 14,35).

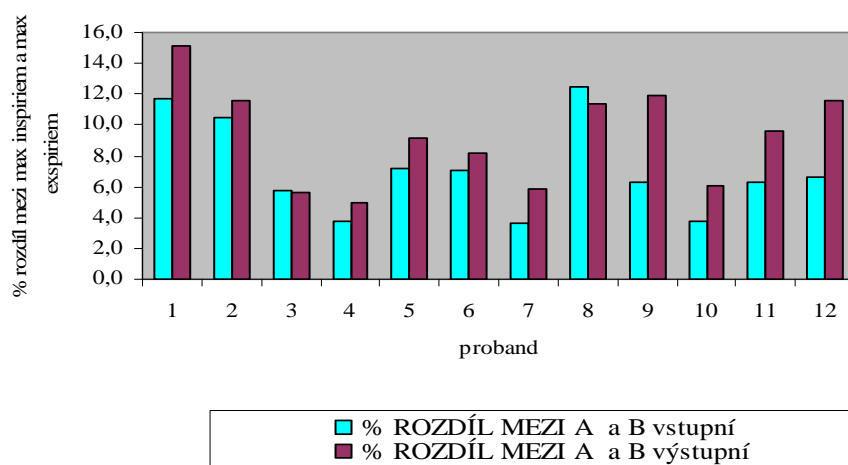
5.3 VÝSLEDKY TESTŮ PRUŽNOSTI HRUDNÍKU

Výsledky testů skupiny zařazené do terapie

PROBAND	OBVOD HRUDNÍKU V MAX INSPIRIU A [cm]		OBVOD HRUDNÍKU V MAX EXPIRIU B [cm]		% ROZDÍL MEZI A a B	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní
1	94,0	99,0	83,0	84,0	11,7	15,2
2	81,5	86,0	73,0	76,0	10,4	11,6
3	70,0	71,0	66,0	67,0	5,7	5,6
4	80,0	81,0	77,0	77,0	3,8	4,9
5	98,0	98,0	91,0	89,0	7,1	9,2
6	85,0	86,0	79,0	79,0	7,1	8,1
7	82,0	85,0	79,0	80,0	3,7	5,9
8	88,0	88,0	77,0	78,0	12,5	11,4
9	80,0	83,0	75,0	75,0	6,3	12,0
10	76,0	78,0	71,0	69,0	3,9	6,4
11	81,0	83,0	78,0	78,0	6,2	9,6
12	79,0	84,0	74,0	74,0	6,3	10,7
průměr					7,1	9,2
					p - 0,003	

Tabulka č. 7: výsledky testů hodnotících pružnost hrudníku – skupina zařazená do thp

PRUŽNOST HRUDNÍKU



Graf č. 7: znázornění vyšetření pružnosti hrudníku při vstupním a výstupním vyšetření – skupina zařazená do thp

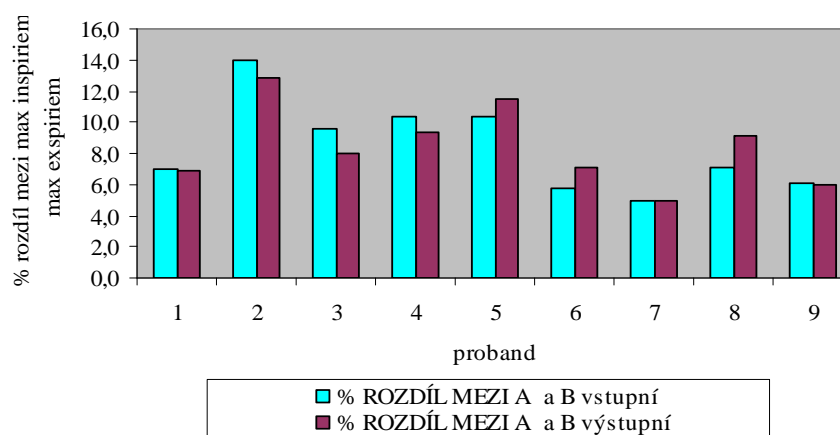
Při výstupním hodnocení pružnosti hrudníku došlo k signifikantní změně, kdy se pružnost hrudníku zvýšila průměrně o 2,2 procentních bodů ($p = 0,003$, $SD 1,94$). Za 100% hloubky hrudníku je považován obvod hrudníku v max nspiriu.

Výsledky testů kontrolní skupiny

PROBAND	OBVOD HRUDNÍKU V MAX INSPIRIU A [cm]		OBVOD HRUDNÍKU V MAX EXPIRIU B [cm]		% ROZDÍL MEZI A a B	
	Vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	Výstupní
1´	86	87	80	81	7,0	6,9
2´	86	86	74	75	14,0	12,8
3´	84	88	76	81	9,5	8,0
4´	87	86	78	78	10,3	9,3
5´	77	78	69	69	10,4	11,5
6´	70	70	66	65	5,7	7,1
7´	81	80	77	76	4,9	5,0
8´	70	77	65	70	7,1	9,1
9´	82	83	77	78	6,1	6,0
průměr					8,3	8,4
					p - 0,830	SD 1,15

Tabulka č. 8: výsledky testů hodnotících pružnost hrudníku – kontrolní skupina

PRUŽNOST HRUDNÍKU



Graf č. 8: znázornění vyšetření pružnosti hrudníku při vstupním a výstupním vyšetření – kontrolní skupina

Při výstupním hodnocení pružnosti hrudníku se pružnost hrudníku zvýšila průměrně o 0,1 procentních bodů. Nedošlo k signifikantní změně při výstupním vyšetření proti vstupnímu vyšetření ($p = 0,830$, $SD 1,15$). Za 100% hloubky hrudníku je považován obvod hrudníku v max inspiriu.

5.4 VÝSLEDKY SPIROMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ

Výsledky skupiny zařazené do terapie

PROBAND	FVCpre [L]		FVCpost [L]		FEV1pre [L]		FEV1post [L]		FEV1/FVCpre [%]	
	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup
1	5,32	5,68	5,21	5,61	4,87	5,08	5,16	5,11	92	90
2	3,78	4,58	3,93	4,42	3,77	4,06	3,73	4,26	100	89
3	3,23	3,31	3,17	3,13	2,75	2,73	2,45	2,67	85	83
4	4,39	4,89	4,2	5,11	3,78	4,17	3,71	4,31	86	86
5	7,26	7,3	7,12	7,48	6,16	6,25	6,56	6,5	85	86
6	4,24	4,96	4,38	4,9	3,77	4,21	3,85	4,44	89	85
7	2,85	3,12	3,12	3	2,34	2,56	2,54	2,48	82	82
8	5,22	5,05	5,21	4,79	4,72	4,14	3,81	4,32	90	82
9	3,1	3,84	3,24	3,5	2,49	3,21	2,65	2,96	80	83
10	3,43	4,14	3,24	3,79	2,93	3,54	2,98	3,18	86	85
11	3,37	3,36	3,09	3,24	2,99	2,96	2,95	2,78	89	88
12	4,68	4,72	4,52	4,6	4,18	4,16	4,14	4,18	89	88
průměr	4,2	4,6	4,2	4,5	3,7	3,9	3,7	3,9	87,8	85,6
Hladina významnosti	p - 0,006		p - 0,027		p - 0,078		p - 0,020		p - 0,079	

Tabulka č. 9: hodnoty spirometrického vyšetření skupiny zařazené do terapie. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnilly statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

PROBAND	FEV1/FVCpost [%]		FEF Maxpre [L/sec]		FEF Maxpost [L/sec]		FIVCpre [L]		FIVCpost [L]	
	vstup	Výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup
1	99	91	8,54	8,54	8,79	9,55	5,11	5,62	5,24	5,55
2	95	96	8,23	8,73	8,06	9,04	3,83	4,59	3,77	4,05
3	84	85	4,52	5,02	5,12	5,23	3,04	3,26	3,11	3,11
4	88	85	7,11	8,26	7,03	8,08	4,46	4,72	4,41	4,82
5	92	87	11,15	12,43	10,4	12,48	7,13	6,46	6,96	6,96
6	88	91	6,97	8,25	6,88	9,48	4	4,93	4,19	5
7	82	83	4,17	4,52	4,7	4,32	2,73	3,07	2,88	3,01
8	73	90	8,58	8,41	8,33	7,54	4,92	5,07	4,54	4,76
9	82	85	4,32	6,39	4,4	6,3	3,15	3,82	3,27	3,39
10	92	84	4,92	6,56	4,66	6,68	3,45	3,2	3,36	2,6
11	96	86	4,81	5,22	5,5	4,29	2,51	3,13	2,24	3,05
12	92	91	7,04	7,17	6,96	7,26	4,34	4,59	4,07	4,16
průměr	88,6	87,8	6,7	7,5	6,7	7,5	4,1	4,4	4,0	4,2
Hladina významnosti	p - 0,724		p - 0,003		p - 0,048		p - 0,031		p - 0,115	

Tabulka č. 10: hodnoty spirometrického vyšetření skupiny zařazené do terapie. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnilo statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

Tabulka č. 9 a 10 popisuje výsledky spirometrického vyšetření u skupiny zařazené do terapie. Došlo k statisticky významnému zlepšení: FVC před zátěží se zvýšilo průměrně o 0,4 L ($p = 0,006$ a $SD 0,35$), FVC po zátěži se zlepšilo průměrně o 0,3 L ($p = 0,027$, $SD 0,36$), FEV1 po zátěži o 0,2 L ($p = 0,020$, $SD 0,28$). Dále došlo k statisticky významnému zlepšení FEF Max před zátěží průměrně o 0,8 L/sec ($p = 0,003$, $SD 0,70$), FEF Max po zátěži průměrně o 0,8 L/s ($p = 0,048$, $SD 1,22$), FIVC před zátěží se při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření zvýšilo průměrně o 0,3 L ($p = 0,031$ $SD 0,44$).

Zvýšení FEV1 před zátěží o 0,2 L neprokazuje statistickou významnost ($p = 0,078$ $SD 0,34$), stejně tak zvýšení FIVC po zátěži o 0,2 L ($p = 0,115$, $SD 0,41$).

Statisticky nevýznamné zhoršení nastalo proti vstupnímu vyšetření u parametrů FEV1/FVC před zátěží o 2,2 procentních bodů ($p = 0,079$, $SD 3,8$) a FEV1/FVC po zátěži o 0,8 procentních bodů ($p = 0,724$, $SD 7,17$).

Výsledky kontrolní skupiny

PROBAND	FVCpre [L]		FVCpost [L]		FEV1pre [L]		FEV1post [L]		FEV1/FVCpre [%]	
	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	Výstup
1´	4,37	4,62	4,63	4,62	4,31	3,91	4,2	4,51	99	85
2´	2,38	2,65	2,4	2,57	2,34	2,61	2,34	2,5	98	98
3´	5,38	5,34	5,11	5,47	4,74	4,75	4,72	4,86	88	89
4´	4,15	4,3	4,16	4,29	3,84	4,03	4,04	4,1	93	94
5´	3,09	3,2	3,07	3,29	2,29	2,39	2,35	2,49	74	75
6´	2,6	2,61	2,6	2,67	2,4	2,39	2,42	2,39	92	92
7´	4,24	4,4	3,96	3,53	3,29	3,79	3,61	2,77	78	86
8´	2,87	2,9	2,76	2,82	2,36	2,45	2,24	2,44	82	84
9´	3,22	3,21	3,27	3,3	3,01	2,96	3	2,87	93	92
průměr	3,6	3,7	3,6	3,6	3,2	3,3	3,2	3,2	88,6	88,3
Hladina významnosti	p - 0,025		p - 0,385		p - 0,371		p - 0,992		p - 0,911	

Tabulka č. 11: hodnoty spirometrického vyšetření kontrolní skupiny. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů, které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnilly statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

PROBAND	FEV1/FVCpost [%]		FEF Maxpre [L/sec]		FEF Maxpost [L/sec]		FIVCpre [L]		FIVCpost [L]	
	vstup	Výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	Výstup
1´	97	98	8,29	6,42	7,98	7,1	4,5	3,76	4,2	3,55
2´	97	97	5,78	5,77	5,56	5,56	2,53	2,68	2,4	2,56
3´	92	89	8,32	8,18	9,23	8,42	5,41	5,11	4,97	5,35
4´	97	96	7,79	7,9	7,95	8,21	3,85	4,04	3,63	4,16
5´	76	76	4,41	4,8	5,18	5,19	2,93	3,06	2,83	3,05
6´	93	90	5,35	5,34	5,65	5,65	2,45	2,55	2,47	2,58
7´	91	78	4,57	5,58	4,33	4,53	4,06	4,35	3,7	3,58
8´	81	86	5	5,23	4,95	5,11	2,91	2,9	2,79	2,76
9´	92	87	5,08	5,1	4,82	4,9	3,1	3,2	2,93	2,9
průměr	90,7	88,6	6,1	6,0	6,2	6,1	3,5	3,5	3,3	3,4
Hladina významnosti	p - 0,240		p - 0,910		p - 0,467		p - 0,927		p - 0,589	

Tabulka č. 12: hodnoty spirometrického vyšetření kontrolní skupiny. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnilly statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

Tabulka č. 11 a 12 popisuje výsledky spirometrického vyšetření u kontrolní skupiny. Při výstupním vyšetření došlo k statisticky významnému zlepšení FVC o 0,1 L ($p = 0,025$ SD 0,11) proti vstupnímu vyšetření.

Zvýšení FEV1 před zátěží o 0,1 L neprokazuje statistickou významnost ($p = 0,371$, SD 0,25), stejně jako parametr FIVC po zátěži, který se zvýšil při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření o 0,1 L ($p = 0,589$, SD 0,34).

Statisticky nevýznamné zhoršení výstupního vyšetření oproti vstupnímu vyšetření je u parametru FEV1/FVC před zátěží, průměrně o 0,3 procentních bodů ($p = 0,911$, SD 1,78) a u stejného parametru po zátěži průměrně o 2,1 procentních bodů ($p = 0,240$, SD 4,99). K nevýznamnému zhoršení došlo u parametru FEF Max před zátěží a po zátěži.

5.5 VÝSLEDKY SPIROERGOMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ

Výsledky skupiny zařazené do terapie

PROBAND	AT		VO2max		AT		VO2max	
	VO2/kg [ml/min/kg]		VO2/kg [ml/min/kg]		VE BTPS [L]		VE BTPS [L]	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní
1	36,2	44,9	54	57,7	77,3	92,9	144,9	152,6
2	37,4	46,8	54,8	59,5	72	86,9	141,7	147,7
3	35,8	38,7	51	57,3	38,8	45	67,4	91,7
4	47,2	48,9	66,2	66,8	62,2	85,5	125,1	129,8
5	42,2	45,9	60,2	62,3	96,3	111	200,3	206,9
6	42,3	45,2	56,3	57,6	79,2	103	143,5	159,9
7	38,8	34,2	41,5	40,7	50,9	53,6	50	72,4
8	53,2	53,5	71,2	75,8	77,3	77,8	136,4	137,7
9	40,1	43,6	57,3	59,7	45,6	57,3	94,4	95,4
10	44,9	41,2	55,3	49,6	46,9	43,5	77,1	57,3
11	35,9	39,8	50,4	53,7	45,1	55,3	76,8	85,6
12	35,4	35,4	54,1	47,4	56,4	66,8	124,1	127,4
průměr	40,8	43,2	56,0	57,3	62,3	73,2	115,1	122,0
Hladina významnosti	p - 0,072		p - 0,280		p - 0,001		p - 0,061	

Tabulka č. 13: hodnoty spiroergometrického vyšetření skupiny zařazené do thp. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnily statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

PROBAND	AT		VO2max		AT		VO2max	
	Vt BTPS [ml]		Vt BTPS [ml]		RR [dechů/min]		RR [dechů/min]	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní
1	2057	2094	2674	2636	38	44	54	58
2	1642	2058	2205	2093	44	42	64	71
3	1104	1115	1638	1621	35	30	41	57
4	1552	2199	2104	2379	40	39	59	55
5	2968	3190	2759	2955	32	35	73	67
6	1638	2095	1928	2076	48	49	74	77
7	1220	1672	1145	1462	42	32	44	49
8	2546	2773	2759	2663	30	28	49	46
9	1608	1807	1628	1846	28	32	58	51
10	1439	1307	1665	1481	33	33	46	39
11	1187	1405	1679	1829	38	39	46	47
12	1552	1954	2112	2344	36	34	59	52
průměr	1709,4	1972,4	2024,7	2115,4	37,0	36,4	55,6	55,8
Hladina významnosti	p - 0,002		p - 0,092		p - 0,642		p - 0,937	

Tabulka č. 14: hodnoty spiroergometrického vyšetření skupiny zařazené do thp. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnilly statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$.

Tabulka č. 13 a 14 popisuje výsledky spiroergometrického vyšetření u skupiny zařazené do terapie. Došlo k statisticky významnému zvýšení minutové ventilace (VE) na úrovni anaerobního prahu (AT), průměrně o 10,9 L ($p=0,001$, SD 8,40), dechového objemu (V_t) na úrovni AT, průměrně o 263,4 ml ($p=0,002$, SD 222,23).

Došlo k posunu AT na úroveň 43, 2 VO_2 /kg/min z původních 40,8 VO_2 /kg/min ($p=0,072$, SD 4,17).

Další parametry se zlepšily nevýznamně, jisté tendence prokazuje zvýšení minutové ventilace (VE) na úrovni VO_{2max} o 6,9 L ($p = 0,061$, SD 6,89).

Výsledky kontrolní skupiny

PROBAND	AT		VO2max		AT		VO2max	
	VO2/kg [ml/min/kg]		VO2/kg [ml/min/kg]		VE BTPS [L]		VE BTPS [L]	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	Výstupní
1'	38,6	34,5	49,2	58,5	74,2	69,8	116	135,3
2'	38,7	35,4	55,7	48,2	55,2	52,2	101,1	87,6
3'	39,5	31,6	50,2	45,4	66,7	54,7	121,6	131,2
4'	41,6	38,3	63,4	52,5	55,5	57,3	108,8	96,4
5'	45,8	45,4	57	55,4	37	52,7	61,2	70,3
6'	39,9	46,6	57,7	59,6	43,8	68	79,2	93
7'	35,6	29,3	39	35,6	53,8	48,1	64,3	68,1
8'	37,2	34,4	56,4	47,6	37,6	45,1	80,9	75,1
9'	39,4	38,9	54,2	55,6	54,2	51,4	83,1	78,2
průměr	39,5889	37,1556	53,6444	50,93333	53,111	55,4778	90,6889	92,8
Hladina významnosti	p - 0,120		p - 0,231		p - 0,553		p - 0,605	

Tabulka č. 15: Hodnoty spiroergometrického vyšetření kontrolní skupiny.
Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$

PROBAND	AT		VO2max		AT		VO2max	
	Vt BTPS [ml]		Vt BTPS [ml]		RR [dechů/min]		RR [dechů/min]	
	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	Výstupní
1´	2211	2167	2331	2399	34	32	50	56
2´	1104	1266	1378	1566	50	41	73	56
3´	2854	2327	2847	2539	23	23	43	52
4´	1888	1716	2115	1952	29	33	51	49
5´	1248	1381	1440	1506	30	38	42	47
6´	1252	1392	1390	1442	35	49	57	65
7´	1740	2137	1774	2181	31	23	36	31
8´	1130	1266	1273	1442	33	36	64	52
9´	1029	1008	1399	1288	53	52	59	60
průměr	1606,22	1628,89	1771,89	1812,778	35,333	36,3333	52,7778	52
Hladina významnosti	p - 0,801		p - 0,579		p - 0,692		p - 0,804	

Tabulka č. 16: hodnoty spiroergometrického vyšetření kontrolní skupiny. Zelenou barvou jsou vyznačeny průměry parametrů které se zlepšily, červenou parametrů, které se zhoršily. Tučně jsou vyznačeny hodnoty průměrů, které se změnily statisticky významně. Za statisticky významnou hodnotu je považováno $p < 0,05$

Tabulka č. 15 a 16 popisuje výsledky spiroergometrického vyšetření u kontrolní skupiny. U kontrolní skupiny nedošlo k žádné statisticky významné změně při výstupním vyšetření proti vstupnímu vyšetření.

6 DISKUSE

Posturální a dechové funkce člověka jsou sice jednotlivě detailně studovány, ale prací zabývajících se jejich vzájemným propojením a souvislostmi nacházíme již méně. Souvislostmi mezi respiračním a posturálním systémem se zabývají práce věnující se konkrétní patologii v oblasti deformit osového orgánu (Koumbourlis, 2006; Mitić-Milikić, 2005).

Na významnost harmonizace dechové a posturální funkce stabilizačních svalů poukazuje ve svých pracích Kolář (1996, 2005, 2006), Čápková (2008), Shirley et al. (2003), Hodges et al. (2001) a Krobot (2007). Kolář (2006, 2007; Kolář & Lewit 2005) mimo jiné zdůrazňuje postavení a biomechaniku hrudníku, a tím i roli bránice při stabilizačních funkcích. Hlavním spojujícím článkem je sledování vývoje obou funkcí v průběhu posturální ontogeneze 1. roku života. Tématikou se zabýval hlavně Kolář, Vojta, Čápková, v zahraniční literatuře se s pohledem na tuto problematiku z hlediska posturální ontogeneze takřka nesetkáváme. Vzhledem k funkčnímu vztahu posturálního a respiračního systému se nabízí otázka propojení těchto funkcí z hlediska řízení centrálním nervovým systémem, která však zatím není jasně zodpovězena. Touto problematikou se zabývali australští autoři (SC Gandevia, JE Butler, PW Hodges and JL Taylor 2000).

Fyzioterapie hraje významnou roli v terapii respiračních onemocnění, proto se i v literatuře setkáváme s poměrně velkým množstvím studií zabývajících se tímto tématem. Většina autorů se zaměřuje na efekt posilování respiračních svalů, nejčastěji u pacientů s primární respirační insuficiencí nebo u neurologicky nemocných. Klefbeck & Hamrah (2003) zjistili, že 10-ti týdenní IMT (inspiratory muscle training), prováděný u pacientů s roztroušenou sklerózou, zlepšuje sílu inspiračních svalů, zmírňuje únavu a subjektivní vnímání fyzické výkonnosti (Klefbeck, Hamrah, 2003). Uijl et al (1999) prováděli IMT u 9 osob s částečnou transverzální míšní lézí v úrovni C3-C7 po dobu 6-ti týdnů. Trénink dýchacích svalů vedl ke zlepšení jejich vytrvalostní kapacity a zvýšení aerobní kapacity, přičemž spirometrické hodnoty inspirační vitální kapacity (IVC) a jednosekundové vitální kapacity (FEV1) se nezměnily. Další studie (Stiller, Huff, 1999) došly k závěru, že IMT zlepšuje sílu a vytrvalost dýchacích svalů, zlepšuje kvalitu života a snižuje morbiditu. Dále tyto studie ukázaly, že posilování svalů šíje a horních částí hrudníku

u tetraplegiků může vést k zvýšení vitální kapacity (VC) a po omezenou dobu umožňuje ventilaci bez přístroje (Uijl et al., 1999).

Galvan a Cataneo (2007) sledovali efekt speciálního tréninkového programu na posílení respiračních svalů u kuřáků se změněnými plicními funkcemi. Po tréninku inspiračních svalů nedošlo ke změně FVC a FEV₁, došlo však k významnému zvýšení IPF, EPF (inspiratory, expiratory peak flow), MVV (maximum voluntary ventilation) (Galvan, Cataneo, 2007).

V současnosti bohužel nejsou k dispozici studie, které by dokumentovaly vliv respirační rehabilitace na konkrétní parametry plicních funkcí u pacientů s respiračním onemocněním. Navzdory tomu se objevují výzkumy, které předpokládají, že respirační fyzioterapie přináší významné benefity na ventilaci v zátěži (Niederman et al., 1991). Je pravděpodobné, že k zlepšení ventilace v zátěži dojde zvýšením oxidační kapacity a možným zkvalitněním dechového stereotypu vlivem fyzioterapie (O'Donnel et al., 1998).

Studie zabývající se efektem rehabilitačních programů na parametry plicních funkcí nejsou průkazné. Na druhou stranu Niederman et al (1991) došli k závěru, že fyziologické a psychologické benefity, které přináší respirační fyzioterapie pacientům s respiračním onemocněním nejsou příliš závislé na parametrech plicních funkcí a respirační fyzioterapie je tedy nedílnou součástí terapeutické péče všech pacientů s respiračním onemocněním nebo plicní dysfunkcí.

Vědecké práce (EBM - evidence based medicine) zabývající se koordinací dechových svalů s ostatními svaly trupu a jejího vlivu na plicní funkce, prakticky nejsou. Respirační fyzioterapie tak, jak je pojmána ve většině studií, se nevěnuje přímým souvislostem mezi posturální a dechovou funkcí. Dle našeho názoru je důležité dívat se na tyto funkce v rámci jejich propojení – a z tohoto pohledu přistupovat také k diagnostice a terapii.

Skupina, na které probíhala naše studie, byla vybrána na základě spirometrického a spiroergometrického vyšetření, kdy daní jedinci měli některé spirometrické parametry na hranici normy nebo mimo normu referenčních hodnot (nejčastěji se jednalo o snížené dechové objemy a výdechové rychlosti). Tito jedinci byli následně vyšetřeni fyzioterapeutem. Skupinu zařazenou do terapie tvořilo 12 jedinců, z původních 12-ti jedinců kontrolní skupiny nebylo možné 3 jedince podrobit

výstupnímu vyšetření, byli proto ze skupiny vyřazeni. Sportující jedinci byli vybráni pouze z praktických důvodů, kdy se očekávala jistá adherence k terapii a určitý předpoklad k pohybovým dovednostem, díky čemuž mohlo dojít k ovlivnění koordinace svalových funkcí v časovém horizontu 4 měsíců.

Součástí klinického vyšetření fyzioterapeutem bylo hodnocení stabilizačních funkcí v oblasti trupu, somatostezie hrudníku, hodnocení pružnosti hrudníku a schopnost diferenčního čítí. Diferenční čítí se v průběhu vyšetřování ukázalo jako velice proměnlivé a pro naše hodnocení nevhodný parametr, rozhodli jsme se ho proto z hodnocených parametrů vyřadit.

Při hodnocení funkce hlubokého stabilizačního systému páteře měli jedinci nejčastěji insuficienci při testu flexe trupu a při extenčním testu, kdy ve skupině zařazené do terapie prokazovalo insuficienci 11 z 12-ti jedinců u obou testů, v kontrolní skupině 6 z 9 jedinců.

Extenční test se ukázal také jako nejméně ovlivněný během čtyřměsíční fyzioterapeutické intervence u skupiny zařazené do terapie. K jistému zlepšení došlo u většiny jedinců, ale stále nemohlo být provedení tohoto testu považováno za optimální. Optimální provedení při výstupním vyšetření jsme mohli pozorovat pouze u 3 z původně 11 jedinců s insuficientním provedením. Tento výsledek svědčí o náročnosti dané funkce, kdy při insuficienci HSSP dochází nejčastěji k přetížení oblasti Lp vlivem převahy aktivity extenzorů i s jejími důsledky na strukturu. Insuficience při testu flexe trupu u vyšetřovaných skupin byla ve velké části způsobená porušenou koordinací, kdy aktivita přímého břišního svalu předbíhala aktivitu ostatních svalů, které se při optimální situaci mají podílet na dané funkci. Hlavní důvod této porušené koordinace vidíme v tréninku jednotlivců, kdy je kladen důraz na posílení přímého břišního svalu. U jedinců, u kterých se porušená koaktivace ventrodorsální muskulatury projevuje ve smyslu hyperaktivity přímého břišního svalu, dochází k nekoordinované aktivitě celé břišní muskulatury, kdy přímý břišní sval předbíhá aktivitou ostatní svaly účastníci se na dechové a posturální funkci. Svou hyperaktivitou stahuje oblast dolních žebér, a neumožňuje tak bránici uplatnit svou funkci v celém rozsahu. Současně je patrna hyperaktivita horních částí mm. obliqui abdomini externi při insuficienci mm. obliqui abdomini interni a specifických částí m. transversus abdominis, které tuto dysfunkci v koordinaci svalů celé trupové oblasti ještě zvyrazňují. Tento typ insuficience se vyskytoval u 10 z 12

probandů skupiny zařazené do terapie a u 6 z 9 probandů kontrolní skupiny. V druhém případě je tato koordinace porušená tak, že chybí jakákoli aktivita ventrální muskulatury. Spatřujeme typickou vývojovou absenci ventrodorzální svalové koordinace na osovém orgánu, kdy bránici chybí punctum fixum pro vykonávání dechové a posturální funkce. Respirační a posturální funkce nejsou v souladu, dochází k pohybu sternu kраниokaudálním směrem a k následné nadměrné aktivitě auxilárních dechových svalů a extenzorů páteře, které kompenzují tuto koordinační poruchu bránice tak, jak to popisuje Kolář (Kolář, 2006a). Paralelu tohoto motorického vzoru můžeme najít u dítěte v novorozeneckém období, kdy ještě není ve funkci koaktivace ventrální a dorzální muskulatury, což se projeví také na dechovém vzoru. Hrudník je v nádechovém postavení, bránice plní pouze funkci dechovou. Tuto insuficienci jsme vyšetřili u 2 z 12 probandů skupiny zařazené do terapie a u 3 z 9 probandů kontrolní skupiny.

V obou případech dochází k nesouladu mezi respirační a stabilizační funkcí, což se projeví jak na funkci HSSP, tak na parametrech respiračních funkcí.

Nejlepší výsledky při testování HSSP byly zhodnoceny u obou skupin při bráničním testu, což ukazuje na schopnost těchto jedinců změnit dechový stereotyp, navzdory tomu, že volně využívaný dechový stereotyp neodpovídá optimálnímu provedení. Ve skupině zařazené do terapie došlo k zlepšení u všech jedinců s původním dysfunkčním provedením bráničního testu.

Při hodnocení testů HSSP musíme brát na vědomí problém objektivizace funkčního vyšetření. Vzhledem k tomu, že se jedná o hodnocení svalové koordinace, tedy funkce řídicí, je obtížné tyto testy přesněji objektivizovat. Vlastní hodnocení je závislé na aktuálním stavu vyšetřovaného jedince, kdy se svalová koordinace může snižovat např. s únavou či aktuálním psychickým stavem. V neposlední řadě je hodnocení funkčních testů závislé na schopnostech a zkušenostech terapeuta.

Při hodnocení těchto testů vycházíme z kineziologie posturální ontogeneze 1. roku života, kdy sledujeme charakteristické odchylky ve stabilizační funkci ve srovnání s vývojovým vzorem či vzorem, který můžeme mimovolně vyvolat při reflexní lokomoci podle Vojty. Sledujeme zapojení svalů v konkrétní situaci pomocí testů, které hodnotí kvalitu způsobu náboru svalů během stabilizace (Kolář, Lewit, 2005).

Při hodnocení výsledků (porovnávání skupin párovým t-testem) pružnosti hrudníku došlo u skupiny zařazené do terapie při výstupním vyšetření k statisticky významné změně, kdy se pružnost hrudníku zvýšila průměrně o 2,2 procentních bodů ($p = 0,003$, SD 1,94). Tento výsledek můžeme přičíst vlivu terapie, při které byl kladen důraz na oblast osového orgánu (hlava, hrudník, páteř) a kořenových kloubů. Kromě manuálního ovlivnění osového orgánu a hrudníku můžeme připisovat tuto změnu také změněnému stereotypu dýchání, kdy při kostálním dýchání dochází k mobilizaci jednotlivých segmentů a ovlivnění elasticity měkkých tkání vlivem vlastní dechové aktivity.

Test hodnotící somatostezii hrudníku měl ukázat, jak jsou jednotlivci schopni vnímat své tělo. Při vstupním vyšetření nadhodnocovalo hloubku hrudníku 11 z 12 jedinců skupiny zařazené do terapie a všech 9 jedinců kontrolní skupiny. U skupiny zařazené do terapie došlo k signifikantnímu zlepšení, kdy se probandi odhadem hloubky hrudníku přiblížili skutečnému rozměru hloubky hrudníku průměrně o 30,3 procentních bodů ($p = 0,023$, SD 39,76), u kontrolní skupiny k této změně nedošlo. Tato schopnost nebyla u jedinců skupiny zařazené do terapie vyloženě nacvičována. Vzhledem k tomu, že z velké části terapie jsme se věnovali oblasti trupu a kořenových kloubů, bylo pracováno s eidetickou představou, která vyžaduje vysokou úroveň somatostezie a kinestezie, můžeme předpokládat, že jedinci tím získali určité povědomí o svém těle.

Výsledky klinického vyšetření, kdy se u skupiny zařazené do terapie všechny testy posunuly směrem k optimálnímu provedení se statistickou významností, korelují s výsledky spirometrického a spiroergometrického vyšetření (porovnávání skupin párovým t-testem). U skupiny zařazené do terapie došlo k zlepšení v následujících parametrech: FVC, FEV1, FEF max, FIV vše před i po zátěži. Z toho se statisticky významně ($p < 0,005$) zlepšily následující parametry: FVC před zátěží se zvýšilo průměrně o 0,4 L ($p = 0,006$ a SD 0,35), FVC po zátěži se zlepšilo průměrně o 0,3 L ($p = 0,027$, SD 0,36), FEV1 po zátěži o 0,2 L ($p = 0,020$, SD 0,28). Dále došlo k statisticky významnému zlepšení FEF Max před zátěží průměrně o 0,8 L/sec ($p = 0,003$, SD 0,70), FEF Max po zátěži průměrně o 0,8 L/s ($p = 0,048$, SD 1,22), FIVC před zátěží se při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření zvýšilo průměrně o 0,3 L ($p = 0,031$ SD 0,44). U parametru FEV1/FVC – před i po zátěži došlo k mírnému zhoršení, které však není statisticky významné. Toto zhoršení připisujeme

změně poměru mezi FVC a FEV1, kdy se parametr FVC výrazně zvýšil, čímž se snížil poměr FEV1/FVC. Tento poměr FEV1/FVC však byl i nadále u všech jedinců v rámci referenčních norem. U kontrolní skupiny se signifikantně zlepšil jen jeden spirometrický parametr – FVC před zátěží, průměrně o 0,1 L ($p=0,025$, SD 0,11).

Při výstupním spiroergometrickém vyšetření došlo k zlepšení všech sledovaných parametrů, kromě dechové frekvence (RR), která zůstala stejná jako při vstupním vyšetření. Statisticky významně ($p=0,001$, SD 8,40) se zvýšila minutová ventilace (VE), průměrně o 10,9 L na úrovni anaerobního prahu (AT), zvýšení VE na úrovni VO_{2max} o 6,9 L ($p=0,061$, SD 6,89) se blížilo signifikantnímu rozdílu. Současně došlo k posunu AT, kdy při vstupním vyšetření byl průměrně při 40,3 $VO_2/kg/min$ a při výstupním vyšetření při 43,2 $VO_2/kg/min$ ($p=0,072$, SD 4,17). Dechový objem (V_t) se na úrovni anaerobního prahu zvýšil oproti vstupnímu vyšetření průměrně o 263,4 ml ($p=0,002$, SD 222,23), zvýšení V_t na úrovni VO_{2max} o 90,7 ml neprokazuje statistickou významnost, ale blíží se signifikantnímu rozdílu ($p=0,092$, SD 170,2). Vezmeme-li v úvahu signifikantní zvýšení minutové ventilace (VE) při současném posunutí úrovně AT při výstupním vyšetření, kdy dechová frekvence zůstala na stejné úrovni jako při vstupním vyšetření, můžeme toto zvýšení minutové ventilace přičíst zvýšenému dechovému objemu. Zvýšený dechový objem považujeme za výsledek ovlivnění svalové koordinace dechově-posturální funkce, který vede k většímu využití respirační kapacity prostřednictvím koordinované svalové aktivity.

Došlo k signifikantnímu zlepšení výše zmíněných parametrů, což lze považovat za výsledek fyzioterapeutické intervence, vzhledem k tomu, že u kontrolní skupiny došlo k signifikantnímu zlepšení jen jednoho parametru – FVC. V kontrolní skupině došlo k průměrnému zvýšení FVC o 0,1 L, ve skupině zařazené do terapie o 0,4 L. Statistická významnost u tohoto parametru – FVC před zátěží byla však větší u skupiny zařazené do terapie ($p=0,006$, SD 0,35) oproti statistické významnosti u skupiny kontrolní ($p=0,025$, SD 0,11), to však může být dáno mimo jiné menším počtem probandů v kontrolní skupině.

Výsledky naší studie potvrzují to, co uvádí ve svých publikacích Hagberg et al (1988), McArdle et al (2007), že výkonnost a fyzický trénink nemají vliv na parametry plicních funkcí. Jak skupina zařazená do terapie, tak kontrolní skupina se skládala z aktivních sportovců trénujících 4x a více týdně. Při spiroergometrickém vyšetření kontrolní skupiny nedošlo k signifikantnímu zlepšení ani jednoho ze

sledovaných parametrů. Na skutečnost, že změna parametrů plicních funkcí nebyla ovlivněna sportovním tréninkem, poukazují studie výše zmíněných autorů a s tímto tvrzením korelují i výsledky spirometrického a spiroergometrického vyšetření skupiny zařazené do terapie a skupiny kontrolní. Mezi frekvencí tréninků u kontrolní skupiny a skupiny zařazené do terapie nebyly významné rozdíly. Z těchto výsledků můžeme usuzovat efekt terapie, která byla zaměřena na koordinaci bránice s ostatními svaly trupu. Terapie zaměřená na zlepšení stabilizační funkce se současně projevila na funkci dechové – to dokazuje propojení těchto funkcí.

Při práci s jednotlivci skupiny zařazené do terapie jsme vycházeli z předpokladu, že se nejedná o respirační insuficienci z důvodu patologie plicních funkcí, ale z důvodu porušené svalové koordinace v trupové oblasti a porušené harmonizace dechové a posturální funkce. Terapie byla zaměřena právě na harmonizaci respirační a posturální funkce. Vzhledem k tomu, že stabilizační funkce je funkcí automatickou, stejně tak jako funkce dechová, bylo z počátku pracováno s podkorovými mechanismy řízení pohybových funkcí. Při volbě terapeutických postupů jsme vycházeli z posturální ontogeneze, kdy byla snaha dosáhnout zapojení funkčních svalových řetězců tak, jak to vidíme u dětí v průběhu 1. roku posturálního vývoje (Kolář, 2006b). Předpokladem efektu terapie byla spolupráce a motivace jedinců zařazených do terapie, kdy největší význam byl kladen na ovlivnění dechové a posturální funkce v rámci ADL a sportu u jednotlivých probandů. Jedincům bylo také navrženo domácí cvičení, které ne všichni dodržovali.

Při kladení hypotéz jsme vycházeli z předpokladu, že narušený dechový stereotyp, snížená elasticita a pohyblivost hrudníku neumožní využít kapacitu pro respirační funkci. Zasáhne-li na této úrovni, předpokládáme ovlivnění těchto funkcí prostřednictvím ovlivnění motorického vzoru. Studie byla prováděna na jedincích s mírnou patologií plicních funkcí, kterou však nemůžeme označit za onemocnění s primární či sekundární respirační insuficiencí. Otázkou zůstává, do jaké míry lze tímto přístupem ovlivnit parametry plicních funkcí u onemocnění s respirační insuficiencí. Fyzioterapie sama o sobě nedovede léčit kauzální příčinu onemocnění respiračního systému, může však z velké míry ovlivnit funkční deficit prostřednictvím pohybových funkcí. Tato práce nabízí jeden z přístupů, kterým lze hypoteticky respirační funkce ovlivnit.

7 ZÁVĚR

V teoretické části práce jsou shrnuty dosavadní poznatky a souvislosti mezi posturální a dechovou motorikou z dostupných literárních zdrojů. Praktická část měla za cíl prověřit propojení dechových a posturálních funkcí v rámci určité patologie respiračního systému. Cíle, které byly stanoveny na začátku práce byly splněny.

Skupina, na které probíhala tato studie, byla vybrána na základě spirometrického a spiroergometrického vyšetření, kdy daní jedinci měli některé spirometrické parametry na hranici normy nebo mimo normu referenčních hodnot. Tito jedinci byli následně vyšetřeni fyzioterapeutem. Součástí klinického vyšetření fyzioterapeutem bylo hodnocení stabilizačních funkcí v oblasti trupu, somatostezie hrudníku a hodnocení pružnosti hrudníku. Skupina jedinců byla rozdělena na skupinu zařazenou do terapie a na kontrolní skupinu.

Při vstupním vyšetření byla potvrzena hypotéza č. 1 - u pacientů indikovaných k fyzioterapii na základě vyšetření dechové soustavy byly přítomny změny v oblasti pohybového systému (osového orgánu, hrudníku, lopatky), stabilizačních funkcích a v dechovém stereotypu.

Při práci s jednotlivci skupiny zařazené do terapie jsme vycházeli z předpokladu, že se nejedná o respirační insuficienci z důvodu patologie plicních funkcí, ale z důvodu porušené svalové koordinace v trupové oblasti a porušené harmonizace dechové a posturální funkce. Terapie byla zaměřena především na harmonizaci těchto dvou funkcí.

Výsledky studie prokázaly souvislost mezi posturálním a dechovým systémem. U skupiny zařazené do terapie došlo k statisticky významnému zlepšení jak v testech při klinickém vyšetření, tak u šesti parametrů spirometrického (FVC před i po zátěži, FEV1 po zátěži, FEFmax před i po zátěži a FIVC před zátěží) a dvou parametrů spiroergometrického vyšetření (VE na úrovni AT, Vt na úrovni AT). U kontrolní skupiny došlo k statisticky významné změně jen u parametru FVC (usilovné výdechové kapacity) a to v menší míře, než u skupiny zařazené do terapie, ostatní parametry a klinické vyšetření zůstaly beze změny.

Došlo k signifikatnímu zlepšení výše zmíněných parametrů, což lze považovat za výsledek fyzioterapeutické intervence, vzhledem k tomu, že u kontrolní skupiny došlo k signifikatnímu zlepšení jen jednoho parametru. Tyto výsledky potvrzují hypotézu č. 2 – č. 5.

Studie byla prováděna na jedincích s mírnou patologií plicních funkcí, kterou však nemůžeme označit za onemocnění s primární či sekundární respirační insuficiencí. Otázkou zůstává, do jaké míry lze tímto přístupem ovlivnit parametry plicních funkcí u onemocnění s respirační insuficiencí.

Diplomová práce nabízí jeden z přístupů, kterým lze respirační funkce ovlivnit. Pro validitu výsledků je třeba ověřit závěry této studie na větším souboru s homogenním složením, případně provést studii s jedinci s respirační insuficiencí, ať už primární, v rámci onemocnění respiračního systému anebo sekundární, v rámci neurologického či jiného onemocnění.

8 SOUHRN

Diplomová práce „Ovlivnění respiračních parametrů koaktivací bránice s ostatními svaly trupu“ se zabývá propojením dechových a posturálních funkcí v rámci určité patologie respiračního systému. Studie probíhala na souboru probandů, kteří byli vybráni na základě spirometrického a spiroergometrického vyšetření. Vybraní jedinci měli některé spirometrické parametry na hranici normy nebo mimo normu referenčních hodnot. Vyšetření plicních funkcí bylo korelováno s klinickým vyšetřením fyzioterapeutem. Jedna skupina podstoupila 4 měsíční fyzioterapeutický program, druhá skupina byla kontrolní. Při terapii jsme vycházeli z předpokladu, že se nejedná o respirační insuficienci z důvodu patologie plicních funkcí, ale z důvodu porušené svalové koordinace v trupové oblasti a porušené harmonizace dechové a posturální funkce. Terapie byla zaměřena především na harmonizaci respirační a stabilizační funkce.

Výsledky studie prokázaly souvislost mezi posturálním a dechovým systémem. U skupiny zařazené do terapie došlo k statisticky významnému zlepšení jak v testech při klinickém vyšetření, tak v parametrech plicních funkcí. U kontrolní skupiny k takovému zlepšení nedošlo.

9 SUMMARY

The diploma thesis „Affecting of respiratory parameters by co activation of diaphragm with other trunk muscles” deals with interconnection between respiratory and postural functions within a certain pathology of respiratory system. The study was carried out using a group of probands, who were selected according to spirometric and spiroergometric examinations. Some of them had the values of spirometric parameters either at the limit or outside the limit of reference values. The examination of pulmonary functions was compared with a clinical examination carried out by a physiotherapist. The probands were divided into two groups; the probands of the first group underwent a four-months’ physiotherapist program, while the second group was a control group. We assume that the respiratory insufficiency is not caused by pathology of pulmonary functions, but it is influenced by disrupted muscular coordination in trunk area and by abnormal harmonization of the respiratory and postural function. The therapy was focused especially on harmonization of respiratory and postural functions.

The results showed a connection between postural and respiratory system. For the probands undergoing the physiotherapist program, the improvement was observed statistically both in the clinical tests and in the parameters of pulmonary functions. For the second control group, the improvement did not occur.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- BARRIOS, C., PÉREZ-ENCINAS, C., MARUENDA, J., LAGUÍA, M.: Significant ventilatory functional restriction in adolescents with mild or moderate scoliosis during maximal exercise tolerance test. *Spine*, 2006, vol. Jun 1, no. 31(13), s. 1508-1512.
- BROOX, G.: Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*, 1985, vol. 17, s. 22-31.
- CELLI, B.: The importance of spirometry in COPD and asthma: Effect on approach to management. *Chest*, 2000, vol. 117, s. 15S-19S.
- CLANTON, T. L., DIXON, G. F., DRAKE, J., GADEK, J. E.: Effect of swim training on lung volumes and inspiratory muscle condition. *J. Appl Physiol*, 1987, vol. 62, s. 39-46.
- CRAPO, R., JENSEN, R.: Standards and interpretative issues in lung function testing. *Respiratory Care*, 2003, vol. 48, no. 8, s. 764-772.
- CUMMINGS, G. R.: Correlation of athletic performance with pulmonary function in 13 – 17 year old boys and girls. *Medicine & Science in Sports and exercise*, 1969, vol. 1, s. 140-146.
- ČÁPOVÁ: *Terapeutický koncept Bazální programy a podprogramy*. Ostrava: 2008.
- ČECH, Z.: osobní sdělení. In 2006.
- ČIHÁK, R.: *Anatomie. I*. Praha: Grada, 2001.
- ČUMPELÍK, J., VÉLE, F., VEVERKOVÁ, M., STRANAD, P., KROBOT, A.: Vztah mezi dechovými pohyby a držení těla. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2006, vol. 2, no. 13, s. 62-70.
- FELDENKRAIS, M.: *Feldenkraisova metoda : Pohybem k sebeuvědomění*. • Feldenkrais, Moshé: *Feldenkraisova metoda: Pohybem k sebeuvědomění*. Praha: Pragma 1996. . Praha: Pragma 1996.
- GALVAN, C. C. R., CATANEO, A. J. M.: Effect of respiratory muscle training on pulmonary function in preoperative preparation of tobacco smokers. *Acta Cirúrgica Brasileira* 2007, vol. 22, no. 2.
- GANDEVIA, S., PHEGAN, C.: Perceptual distortions of the human body image produced by local anaesthesia, pain and cutaneous stimulation. *J Physiol.*, 1999, vol. 514, s. 609-616.
- GANDEVIA, S., BUTLER, J., HODGES, P., TAYLOR, J.: Balancing acts: Respiratory sensations, motor control and human posture. In *Experimental Biology 2001 Symposium on Somatic Sensation During Movement and its Role in Autonomic Control*. USA: 2001.
- HAGBERG, J. M., YERG, J. E., SEALS, D. R.: Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *J Appl Physiol*, 1988, vol. 65, s. 101-105.
- HAMILTON, N., LUTTGENS, K.: *Kinesiology Scientific basis of human motion*. Boston: McGraw Hill, 2002.

- HODGES, P., GANDEVIA, S., RICHARDSON, C.: Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *J Appl Physiol* : , , 1997, vol. 83, s. 753-760.
- HODGES, P., HEIJNEN, I., GANDEVIA, S.: Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *J Physiol.* , 2001, vol. 537(Pt 3), no. 537, s. 999-1008
- HODGES., P. W., GANDEVIA, S. C.: Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *The Journal of Physiology*, 2000, vol. 522., no. 1, s. 165-175.
- HYATT, R. E.: How Flow Met Volume in Three-Dimensional Space. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000, vol. 161, s. 1779-1780.
- KAPANDJI, I. A., D'AUBIGNÉ, R. M.: *The Physiology of the joints. Vol. 3., The trunk and the vertebral column* Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002.
- KLEFBECK, B., HAMRAH, N. J.: Effect of inspiratory muscle training in patients with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003, vol. 84, s. 994-999.
- KOLÁŘ, P.: Diferenciace svalové funkce z hlediska posturální podstaty. *Medicina sportiva Bohemica et Slovaca*, 1996, vol. 5, no. 1, s. 4-8.
- KOLÁŘ, P.: Vadné držení těla z pohledu posturální ontogeneze. *Pediatric pro praxi* 2002, vol. 3.
- KOLÁŘ, P., LEWIT, K.: Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží *Neurologie pro praxi* 2005, vol. 5.
- KOLÁŘ, P.: Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rhb a fyz.lékařství*, 2006a, vol. 4.
- KOLÁŘ, P.: *Facilitation of Agonist-Antagonist Co-activation by Reflex Stimulation Methods In: Rehabilitation of the Spine - A Practitioners Manual. 2. . s. 531-565, Craig Liebenson.* Los Angeles Lippincott Williams&Wilkins, 2006b.
- KOLÁŘ, P.: Osobní sdělení. In 2008.
- KOUMBOURLIS, A.: Scoliosis and the respiratory system. *Paediatr Respir Rev*, 2006, vol. Jun;7, no. 2, s. 152-160.
- KOVÁČIKOVÁ, V.: Reeducace dechových funkcí Vojtovou metodou. *Rehabilitacia* 1998, vol. 31, no. 2, s. 87-91.
- KROBOT, A.: Lokální konfigurační průvodce v kineziologii a rehabilitaci. In Zlaté Hory 2007.
- KVÁČA, P., RADVANSKÝ, J., ČERMÁK, M.: Určení anaerobního prahu ze spiroergometrických parametrů. *Med Sport Boh Slov* 1998, vol. 7, no. 1, s. 14-19.
- MÁČEK, M., VÁVRA, J.: *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže.* Praha: Avicenum, 1988.
- MÁČEK, M., SMOLÍKOVÁ, L.: *Pohybová léčba u plicních chorob.* Praha: Victoria Publishing, 1995.
- MCARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L.: *Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

- MITIĆ-MILIKIĆ, M.: Respiratory failure caused by chest wall changes. *Spine*, 2005, vol. Jul 15, no. 30(14), s. 1610-1615.
- NEWTON, A.: Breathing in the gravity field. *Rolf Lines*, 1997.
- NIEDERMAN, M. S., CLEMENTE, P. H., FEIN, A. M., FEINSILVER, S. H., ROBINSON, D. A.: Benefits of a Multidisciplinary Pulmonary Rehabilitation Program. Improvements Are Independent of Lung Function. 1991, vol. 99, s. 798-804.
- O'DONNELL, D. E., MCGUIRE, M., SAMIS, L., WEBB, K. A.: General Exercise Training Improves Ventilatory and Peripheral Muscle Strength and Endurance in Chronic Airflow Limitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 1998, vol. 157, no. 5, s. 1489-1497.
- PALATKA, K. 2006. *Funkční vyšetření plic.*, dostupné online: www.upol.cz/fileadmin/user_upload/LF/Kliniky_a_pracoviste_LF/Plicni/Funk_n_vy_et_en_plic_-_medici.doc - 2006.
- POPELKOVÁ, P.: Zátěžové testy v pneumologii., dostupné online: http://www.fnsपो.cz/kliniky/trn/pdf/2006_03_28_011.pdf, 2006, vol. 28.
- RADVANSKÝ, J.: *Zátěžové testování dětí a adolescentů s vrozenými srdečními vadami*. Praha, 1998. 2. LF UK HABILITAČNÍ PRÁCE
- RADVANSKÝ, J., MATOUŠ, M.: Zátěžové testování dětí a adolescentů -nejčastěji používané odvozené parametry. *Med Sport Boh Slov*, 1999, vol. 8, no. 2, s. 40-43.
- SCHWOEBEL, J., FRIEDMAN, R., DUDA, N., COSLETT, H.: Pain and the body schema. Evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain*, 2001, vol. 124, s. 2098-2104.
- SILBERNAGL, S., LANG, F.: *Atlas patofyziologie člověka* Praha: Grada publishing, 2001.
- SKALKA, P.: Možnosti léčebné rehabilitace v léčbě močové inkontinence. *Urologie pro praxi* 2002, vol. 3.
- SMOLÍKOVÁ, L., HORÁČEK, O., KOLÁŘ, P.: Plicní rehabilitace a respirační fyzioterapie *Postgraduální medicína*, 2001, vol. roč. 3, no. č. 6, s. 522-532.
- SMOLÍKOVÁ, L., MÁČEK, M.: *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní nemoci*. Praha: Vltavín, 2002.
- STILLER, K., HUFF, N.: Respiratory muscle training for tetraplegic patients: A literature review. *Aust J Physiother*, 1999, vol. 45, s. 291-299
- TROJAN, SPOL: *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada 2003.
- TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J.: *Centrální mechanismy řízení motoriky*. Praha: Avicenum, 1990.
- UIJL, S., HOUTMAN, S., FOLGERING, H., HOPMAN, M.: Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. *Spinal Cord*, 1999, vol. 37, s. 575-579.
- VÉLE, F.: *Kineziologie : přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton, 2006.
- VOJTA, V.: *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku*. Praha: Avicenum, 1993.

- WASSERMAN, MCILROY: Continuous measurement of ventilatory exchange ratio during exercise. *J Appl Physiol*, 1964, vol. 19, s. 644-652.
- WASSERMAN, K., BEAVER, W. L., WHIPP, B. J.: Mechanisms and patterns of blood lactate increase during exercise in man. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 1986, vol. 18, no. 3, s. 344-352.
- YAMAMOTOVÁ, A., PAPEŽOVÁ, H.: Neurobiologické mechanismy disociace bolesti a vnímání vlastního těla. *Psychiatrie pro praxi* 2002, vol. 5.

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 tabulky s charakteristikami souboru

Příloha č. 2 Kazuistika probanda zařazeného do terapie

Příloha č. 3 grafické vyjádření variability sledovaných souborů a jeho střední hodnoty (Grafy Boxplot) u parametrů se statistickou významností $p < 0,05$

Příloha č. 1

Charakteristika souboru skupiny zařazené do terapie

PROBAND	pohlaví	věk	váha [kg]		výška [cm]		sport
		vstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	
1	♂	15,0	78,0	81,0	194,0	195,0	foťbal
2	♂	16,0	64,0	66,0	182,0	184,0	hokej
3	♀	13,0	45,0	45,0	155,0	155,0	tenis
4	♂	16,0	60,0	63,0	180,0	183,0	tenis
5	♂	17,0	91,0	93,0	194,0	195,0	veslo
6	♂	15,0	69,0	72,0	181,0	183,0	foťbal
7	♂	13,0	52,0	58,0	162,0	165,0	foťbal
8	♂	15,0	67,0	66,0	182,0	183,0	tenis
9	♂	15,0	57,0	58,0	176,0	178,0	tenis
10	♂	15,0	50,0	51,0	164,0	164,0	tenis
11	♀	14,0	46,7	50,1	158,0	162,0	foťbal
12	♀	13,0	40,1	43,9	155,0	156,0	foťbal
průměr		14,8	60,0	62,3	173,6	175,3	

Tabulka č. 1 – základní charakteristiky skupiny zařazené do thp

Charakteristika souboru kontrolní skupiny

PROBAND	pohlaví	věk	váha [kg]		výška [cm]		sport
		výstupní	vstupní	výstupní	vstupní	výstupní	
1´	♂	15	63	64	182	188	fotbal
2´	♀	13	45	49	162	166	fotbal
3´	♂	17	67	71,00	183	184	snowboard
4´	♂	16	57,7	65,5	171,5	174,5	fotbal
6´	♂	12	40,9	44,7	154	155	fotbal
7´	♀	12	38,4	41,2	150	153	tenis
8´	♀	17	60	61	160	162	aerobic
5´	♂	11	42,50	47	151	154	tenis
9´	♂	13	50	53	158	161	fotbal
průměr		14,0	51,6	55,2	163,5	166,4	

Tabulka č. 2: základní charakteristiky kontrolní skupiny

Příloha č. 2

KAZUISTIKA

Proband L.K. zařazen do terapie

Anamnestické údaje: ♂, narozen 1992, výška 182 cm, hmotnost 64 kg

Vrcholově hraje hokej – 5x týdně trénink

Dg: dušnost v zátěži, únavový syndrom

OA: běžné dětské nemoci, adenotomie v 8 letech, apendectomie s komplikací – reoperace, komplikované hojení jizvy

NO: subjektivní dušnost v zátěži (udává, že se zadýchá dříve než spoluhráči), achillodynie při běhu (trvajících 2 roky), pozátěžové lumbalgie

Na základě spirometrického a spiroergometrického vyšetření doporučena rhb:

max ventilace 141 l/min (norma 151 l)

FVC na 76% normy s nízkými výdechovými rychlostmi, obraz smíšené ventilační poruchy

Vstupní vyšetření: celková asymetrie – levé rameno a SIPS sin výše, vnitřně rotační držení v RK, vpáčený hrudník, výrazná i klidová hyperaktivita m. rectus abdominis a paravertebrálních svalů v obl. ThLp a Lp zvýrazňující se při pohybu. Hyperlordóza Cp s insuficiencí hlubokých flexorů krku, hyperkyfóza střední Thp kompenzována lordózou v Th-Lp, podélné plochonoží bilaterálně s valgozitou pat. Při pohybu HKK dochází k souhybu celého hrudníku a k hyperextenzi v ThLp. Jizva po apendektomii neposunlivá, okolí jizvy je ve zvýšeném napětí. Zvýšené napětí extensorového aparátu (paravertebrální svaly, HMS, m. triceps surae).

Funkční testy HSSP:

Brániční test: pohyb lopatek při dýchání, stažení hrudníku v dolní oblasti neumožňující rozvoj kostálního dýchání, při nádechu se umbilicus vtahuje dovnitř + asymetrický tah zvýšeným tonem břišní muskulatury na pravé straně. Hrudník se

nerozvíjí. Je schopen změnit stereotyp dýchání, pro ztuhlost hrudníku a Thp však nedochází k plnému rozvoji kostálního dýchání.

Test flexe trupu: výrazná hyperaktivita m. rectus abdominis a m. obliquus externus abdominis, posun umbilicu kraniálně, laterální pohyb dolních žebber, flexe se neúčastní bránice a laterální skupina břišních svalů, dochází ke konkavitě dolní části břišní stěny v oblasti na SIAS bilaterálně.

Extenční test: výrazná aktivita při paravertebrální svalstva s maximem v ThLp – výrazněji vpravo. Téměř nulová aktivita dolní část laterální skupiny břišních svalů. Lopatky jsou taženy do addukce a dolní úhly rotují zevně.

Test náklonu: insuficience stabilizátorů lopatek bilaterálně – opět výrazněji vpravo

Test břišního lisu: převládá aktivita horní části m. rectus abdominis. Aktivita laterální skupiny břišních svalů je minimální, dochází ke konkavitě dolní části břišní stěny v oblasti na SIAS bilaterálně, umbilicus mírně migruje kraniálně a nad úroveň tříselního vazů se objeví konkávní vyklenutí břišní stěny. Dochází k extenzi v ThLp, hrudník migruje kraniálně, po kratší době se objevuje břišní diastáza.

Terapie:

Začátek terapeutického vstupu byl cílen na uvolnění měkkých tkání, osového orgánu a kořenových kloubů: mobilizace Cp, Thp, Lp, žebber (recidivující blokády 5., 6. a 7. žebra se po 5. terapii upravily). Uvolnění ramenních pletenců -adduktorů lopatek a vnitřních rotátorů ramenních kloubů (PIR, AEK dle Brüggera), mobilizace lopatky, centrace ramenních kloubů, uvolnění pánve a kyčelních kloubů. Mobilizace hrudníku – manuální rozvolnění, reflexní ovlivnění pomocí – RO1 (reflexní otáčení 1). Návěky relaxace břišní stěny, práce s jizvou. Další postupy byly zaměřeny na facilitaci dechově-posturální funkce a na koordinovanou aktivitu svalů břišní a trupové oblasti. Bylo pracováno s neurofyziologickými principy vývojové kineziologie a reflexní lokomoce – atitudy odpovídaly jednotlivým fázím posturální ontogeneze 1. roku života, důraz byl kladen na opěrné body s podložkou, bylo pracováno s odporem proti plánované lokomoci.

Při první terapii byly probandovi jednoduše vysvětleny principy dechově posturální funkce a nutnost jejich korekce především v rámci ADL a sportovního tréninku.

V rámci tréninku mu byly doporučeny cviky na protažení DKK a trupu (prvky Klappova lezení, strečink), cviky na cílenou aktivaci HSSP v poloze v LNZ a v poloze v LNB. Dále byly doporučeny ortopedické vložky a práce s ploskou nohou (exteroreceptivní stimulace, dynamická stabilizace hlezenního kloubu, diferencovaný pohyb akra DK).

První dvě terapie následovaly v rozsahu deseti dní, aby došlo k rozvolnění osového orgánu a trupu a také pro ujištění, že proband pochopil principy, které má dodržovat.

Po 3. terapii proband udával subjektivní úlevu od pozátěžových lumbagií, dodržoval zásady a do tréninku zařadil principy pro harmonizaci dechově-posturální funkce.

Další 2 terapie probíhaly vždy jednou týdně. Při terapiích jsme se i nadále věnovali rozvolnění hrudníku a kořenových kloubů, ne již v takové intenzitě jako zpočátku. I nadále terapie vycházela hlavně z principů vývojové kineziologie, postupně byli voleny vyšší a náročnější pozice. Ke konci terapie byly voleny také cviky ve vertikále s určitým zatížením se současným dodržováním výše zmíněných principů, důraz byl kladen na stabilizační funkce a inhibici paravertebrálního svalstva v obl. ThLp. Cílem byl co nejekonomičtější a nejefektivnější pohyb z hlediska funkce, což činilo probandovi největší obtíže (všechny cviky musely být korigovány tak, aby nebyly prováděny silově), důraz byl kladen na relaxační složku a diferencovaný pohyb.

Další terapie probíhaly jednou za 2 týdny, celková doba fyzioterapie byla 4 měsíce.

Při výstupním vyšetření došlo k výraznému zlepšení funkce HSSP a to nejen v rámci vyšetřovacích testů, ale také při náročnějších situacích. Při testu extenze trupu došlo k zlepšení oproti vstupnímu vyšetření, provedení testu však nemohla být ještě považována za optimální.

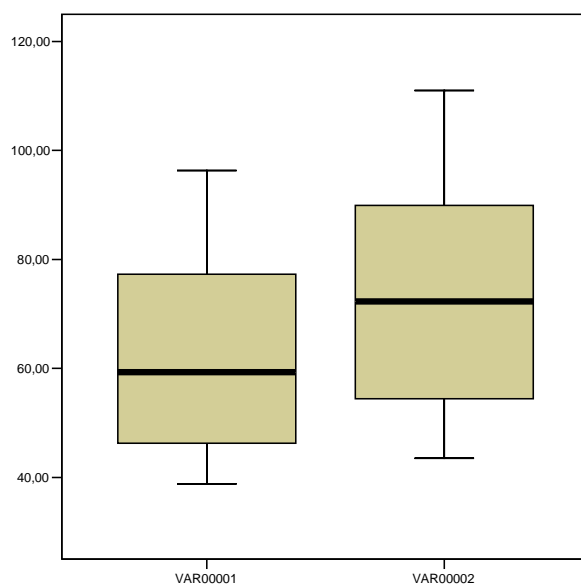
Při výstupním spirometrickém a spiroergometrickém vyšetření došlo k výraznému zlepšení všech spirometrických parametrů kromě FEV1/FVC před zátěží., současně se zlepšily ventilační parametry při spiroergonomickém vyšetření.

FVC se z původních 76% normy zvýšilo na 89% predikované normy, maximální ventilace se zvýšila ze 141 l/min na 148 l/min.

Příloha č. 3

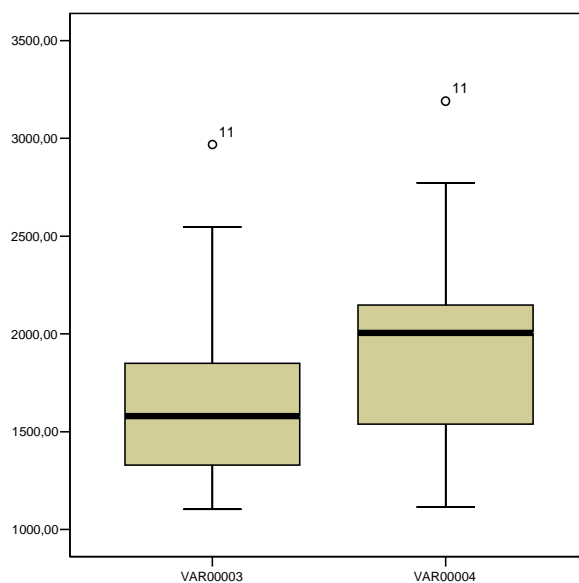
Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability parametrů, které byly statisticky signifikantní ($p < 0,05$).

VE na úrovni AT – skupina zařazená do thp



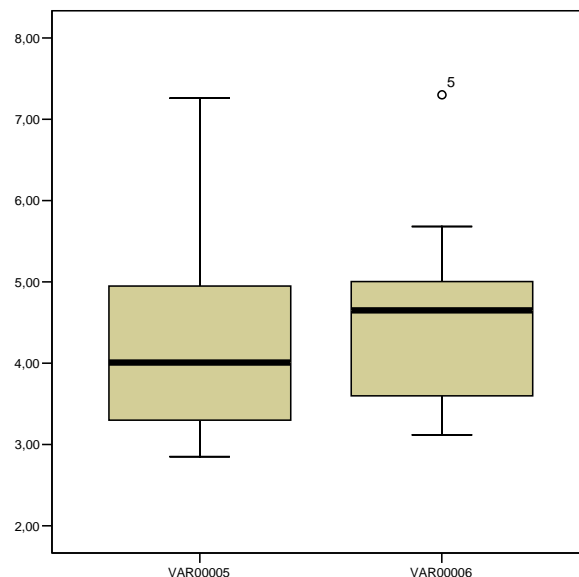
Graf č. 1: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru VE na úrovni AT – skupina zařazená do terapie

Vt na úrovni AT – skupina zařazená do thp



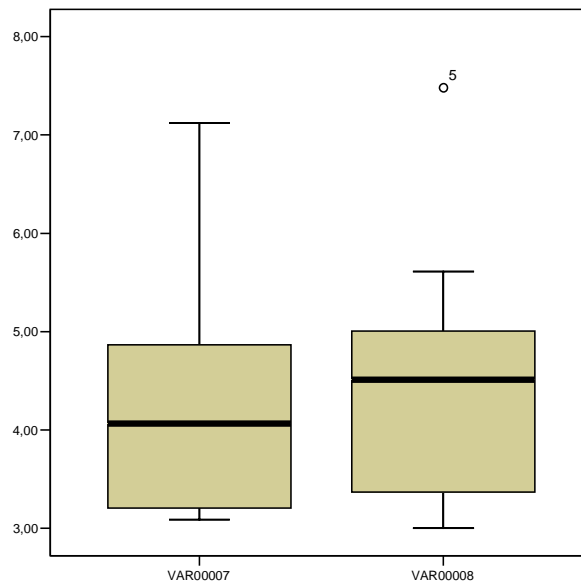
Graf č. 2: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru Vt na úrovni AT – skupina zařazená do terapie

FVC před zátěží - skupina zařazená do thp



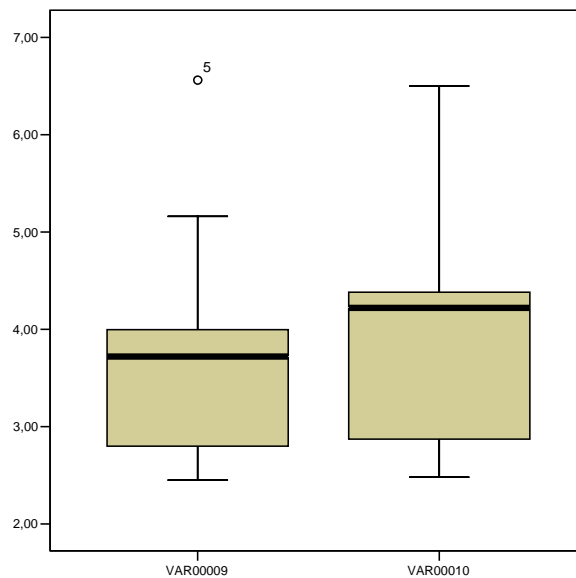
Graf č. 3: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FVC před zátěží – skupina zařazená do terapie

FVC po zátěži - skupina zařazená do thp



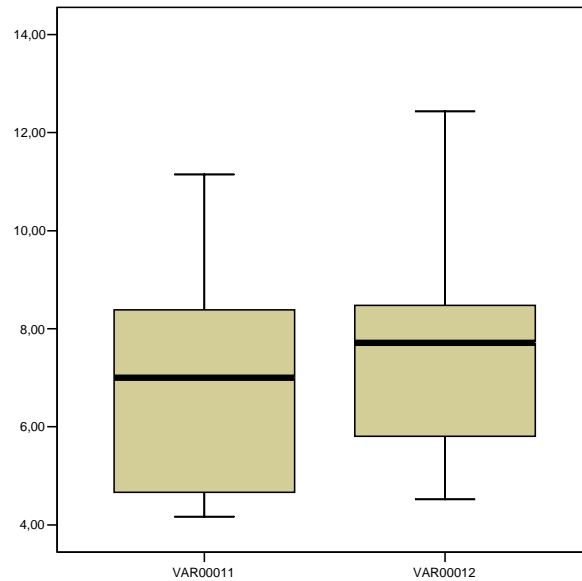
Graf č. 4: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FVC po zátěži – skupina zařazená do terapie

FEV1 po zátěži - skupina zařazená do thp



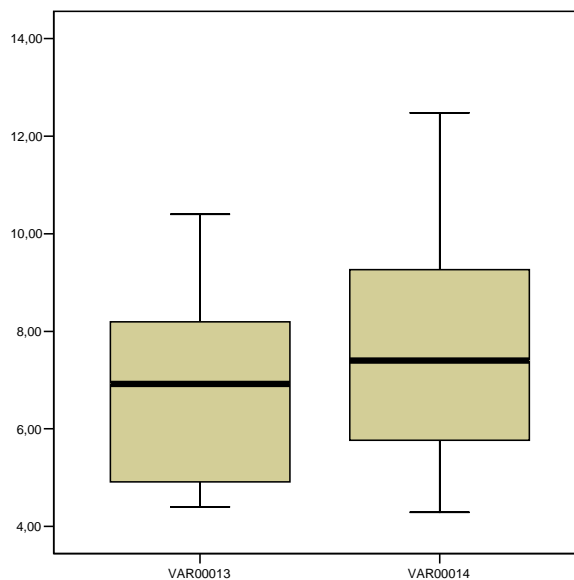
Graf č. 5: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FEV1 po zátěži – skupina zařazená do terapie

FEF Max před zátěží - skupina zařazená do thp



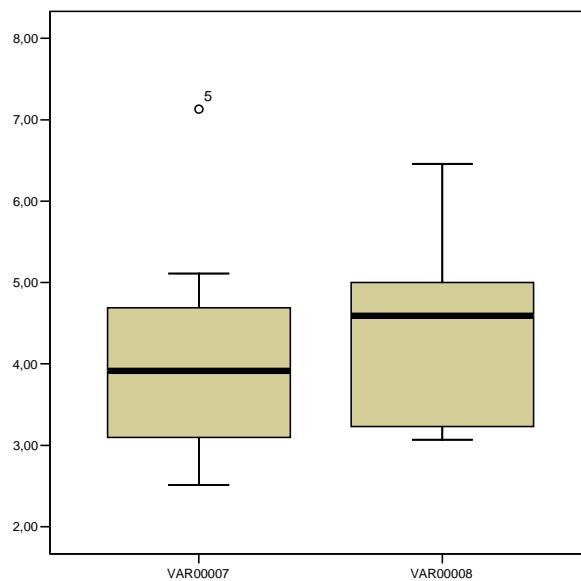
Graf č. 6: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FEF Max před zátěží – skupina zařazená do terapie

FEF Max po zátěží - skupina zařazená do thp



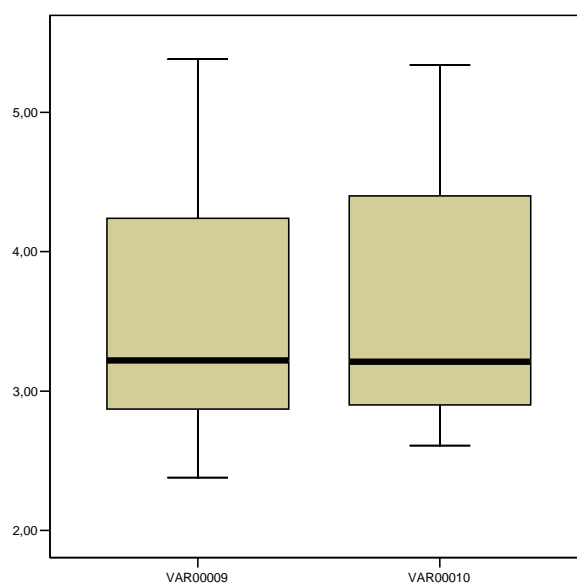
Graf č. 7: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FEF Max po zátěží – skupina zařazená do terapie

FIVC před zátěží - skupina zařazená do thp



Graf č. 8: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FIVC před zátěží – skupina zařazená do terapie

FVC před zátěží - kontrolní skupina



Graf č. 9: Grafické vyjádření tvaru rozdělení, jeho střední hodnoty a variability při vstupním a výstupním vyšetření u parametru FVC před zátěží – kontrolní skupina

