

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Tereza Kálalová

Stanovení nových referenčních hodnot
maximálních inspiračních a expiračních tlaků a
hodnot P0.1 u normální populace ve věkovém
rozmezí 16 až 17 let

Diplomová práce

Praha 2014

Autor práce: Tereza Kálalová

Vedoucí práce: MUDr. Jan Šulc, CSc.

Oponent práce:

Datum obhajoby: 2014

Bibliografický záznam

KÁLALOVÁ, Tereza. *Stanovení nových referenčních hodnot maximálních expiračních a inspiračních tlaků a hodnot P0.1 u normální populace ve věkovém rozmezí 16 až 17 let*. Praha: 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2014. 63 s. Vedoucí diplomové práce MUDr. Jan Šulc, CSc.

Anotace

Cílem této práce je stanovení norem pro nádechové ($P_{i_{max}}$) a výdechové ($P_{e_{max}}$) tlaky a okluzní ústní tlak (P0.1) u zdravé bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice, konkrétně v hlavním městě a jeho blízkém okolí. Dále si práce klade za cíl zjistit, zda existuje korelace mezi respiračními tlaky, P0.1 a vybranými antropometrickými a plicními hodnotami. Za účelem stanovení norem bylo testováno 79 dětí, z toho 41 chlapců a 38 dívek ve věku 16-17 let. U probandů byla odebrána anamnéza a následně byla měřena antropometrie, klidová i usilovná spirometrie, respirační tlaky a P0.1. Studie stanovila normy respiračních tlaků a P0.1 u chlapců a dívek ve věku 16-17 let a tím splnila svůj hlavní cíl. Dále byl zjištěn rozdíl v průměrných naměřených hodnotách $P_{i_{max}}$ a $P_{e_{max}}$ mezi chlapci a dívkami, kdy u chlapců byly hodnoty tlaků vyšší oproti dívkám. Studie neprokázala korelaci mezi respiračními tlaky, P0.1 a vybranými antropometrickými hodnotami (věk, výška, váha, BMI, BSA). V dané věkové skupině nebyla nalezena korelace respiračních tlaků se statickými plicními objemy.

Klíčová slova

maximální ústní tlaky, okluzní tlak, spirometrie, adolescenti, stabilizační a dechová funkce bránice, stabilizační systém páteře

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliography

KÁLALOVÁ, Tereza. *Definition of new referential values of maximum inspiratory and expiratory pressures and P0.1 values in normal population of the 16-to- 17 age range.* Praha: 2. Lékařská fakulta, Department of rehabilitation and sport medicine, 2014. 63 s. Supervisor MUDr. Jan Šulc, CSc.

Annotation

The purpose of this thesis is to define norms for inspiratory ($P_{i_{max}}$) and expiratory ($P_{e_{max}}$) pressures and mouth occlusion pressure (P0.1) in healthy white population of the 16-17 age group in the Czech Republic, specifically the capital city of Prague and its close vicinity. Furthermore, this work aspires to ascertain whether there is a correlation between the respiratory pressures, P0.1 and selected anthropometric and pulmonary values. In order to define the norms, 79 children were tested, including 41 boys and 38 girls 16 to 17 years old. After establishing the subjects' case histories, anthropometric, spirometric inspiratory, expiratory and forced vital capacity measurements were made. The study defined the norms of respiratory pressures and P0.1 in 16 to 17-year-old boys and girls, thus achieving its main goal. Furthermore, a difference was found between the average measured $P_{i_{max}}$ and $P_{e_{max}}$ values for boys and girls, with the boys showing higher values comparing with the girls. The study did not ascertain a correlation between respiratory pressures, P0.1 and selected anthropometric values (age, height, weight, BMI, BSA). No correlation was found between respiratory pressures and static pulmonary volumes.

Keywords

maximal respiratory pressures, occlusal pressure, spirometry, adolescents, postural and respiratory function of diaphragm, stabilizing system of the spine

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

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

V Praze dne 28.5.2014

.....

Poděkování autora

Děkuji svému vedoucímu MUDr. Janu Šulcovi CSc. a Jarmile Věcovské za jejich cenné rady, dále děkuji docentce RNDr. Haně Krásničanové CSc. za konzultaci týkající se antropometrického měření použitého v této práci. V neposlední řadě chci poděkovat všem zúčastněným školám i probandům a jejich rodičům za jejich ochotu a spolupráci při měření a jeho organizaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

6-MWT	šesti minutový test chůzí
AEX	plocha pod křivkou
BMI	Body Mass Index
BSA	Body Surface Area
CoP	Center of Pressure
df	dechová frekvence
ERV	expirační rezervní objem
FEF ₇₅₋₈₅	usilovný průtok na konci výdechu
FEV ₁	objem usilovného výdechu za jednu sekundu
FRC	funkční reziduální kapacita
F-V	průtok-objem
FVC	usilovná vitální kapacita
IC	inspirační kapacita
IRV	inspirační rezervní objem
kPa	kilopascal
MEF	maximální výdechový průtok
MMEF	střední výdechový průtok
MMV	maximální minutová ventilace
MV	minutová ventilace plic
PEF	vrcholový výdechový průtok
PE _{max}	maximální expirační tlak
Pi _{max}	maximální inspirační tlak
P0.1	okluzní ústní tlak
RV	reziduální objem
TLC	celková plicní kapacita
TV	dechový objem
VC	vitální kapacita
WHR	Waist-Hip Ratio

Obsah

ÚVOD.....	9
1 TEORETICKÁ ČÁST	10
1.1 Respirace	10
1.1.1 Kineziologie a anatomie	10
1.1.2 Dechový vzor	11
1.1.3 Úloha bránice při dechovém cyklu	12
1.2 Stabilizační systém páteře	13
1.2.1 Význam stabilizačního systému páteře u vertebrogenních obtíží.....	14
1.2.2 Stabilizační a dechová funkce bránice	15
1.3 Vyšetření plicních funkcí	17
1.3.1 Základní parametry	17
1.3.2 Funkční vyšetření plic	18
1.4 Testy síly respiračních svalů	19
1.4.1 Faktory ovlivňující respirační tlaky	20
1.4.2 Měření respiračních tlaků u adolescentů	23
2 CÍLE A HYPOTÉZY	26
3 METODIKA	27
3.1 Charakteristika souboru	27
3.2 Měření	27
3.2.1 Klidová spirometrie.....	29
3.2.2 Usilovná spirometrie	29
3.2.3 Maximální inspirační tlak	29
3.2.4 Maximální expirační tlak	29
3.2.5 Měření funkce dýchacího svalstva pomocí okluzních technik P0.1	30
3.2.6 Doplnující vyšetření	30
3.3 Statistické analýzy	30
VÝSLEDKY	31
DISKUZE.....	39
ZÁVĚRY.....	44
REFERENČNÍ SEZNAM	46
SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

Cílem této práce, je stanovení norem respiračních tlaků a okluzního ústního tlaku (P0.1) u normální české městské populace ve věku 16-17 let. Důležitost stanovení těchto norem vyplývá z faktu, že měření těchto tlaků patří mezi nejběžnější testy, které se používají k zhodnocení síly dýchacích svalů, například u chronických respiračních a neuromuskulárních onemocnění.

Důležitý je i fakt, že byla prokázána korelace mezi exkurzemi bránice a maximálním inspiračním tlakem ($P_{i_{max}}$) u probandů s chronickými bolestmi bederní páteře (Kolář et al., 2012). Tak by tyto normy mohly být v budoucnu využity mimo jiné k časně diagnostice a zhodnocení terapie u pacientů s nedostatečnou či abnormální funkcí bránice, která je jedním ze základních mechanismů vzniku chronické bolesti bederní páteře.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Respirace

1.1.1 Kineziologie a anatomie

Respirační pohyby lze popsat jako střídavou rytmickou aktivitu dýchacích svalů v závislosti na pohybové aktivitě či na stresovém stavu organismu. Během respirace se současně aktivují i svaly osového orgánu. Dýchací svaly se dělí na svaly inspirační a expirační (Véle, 2006, s. 229).

Primární svaly inspirační: hlavním inspiračním svalem je bránice (inervovaná z n. phrenicus z krční pleteně; kořenová inervace z C3-C5, někdy i z C6), (příloha č. 1-5). Mm. intercostales externi (inervace z nn. intercostales I-XI; kořenová inervace z Th1-Th11) a mm. levatores costarum (inervace z nn. intercostales, C7-Th11) podporují inspiraci (příloha č. 3).

Aksesorní svaly inspirační jsou: svaly šíjové- mm. scaleni (inervace z rr. ventrales krčních nervů, C2/3-C8), mm. suprahyoidei (n. trigeminus, n. facialis, n. hypoglossus) a mm. infrahyoidei (C1-C3), při abdukci paže je to m. sternocleidomastoideus (inervovaný z n. accesorius a krčních míšních nervů C2-C4), dále jsou to svaly hrudníku- mm. pectorales (m. pectoralis major: nn. pectorales, lateralis et medialis, z pars supraclavicularis plexu brachialis, C5-Th1, m. pectoralis minor: n. pectoralis medialis, C4/5-C6), m. serratus posterior superior (inervace z prvních čtyř nn. intercostales, kořenová inervace z Th1-Th4), m. serratus anterior (inervace z n. thoracicus longus, C5-C7), m. latissimus dorsi (inervovaný z n. thoracodorsalis, kořenová inervace z C6-8), který při abdukci paže pomáhá při usilovném nádechu a svaly zádové- m. iliocostalis, m. erector spinae a krátké hluboké svaly zádové (rr. dorsales nervů příslušné oblasti).

Primární svaly expirační jsou: m. intercostales interni (inervace z nn. intercostales I-XI; kořenová inervace z Th1-Th11), m. transversus thoracis (nn. intercostales). Předpokládá se, že tyto svaly se aktivují minimálně, protože výdech se považuje za víceméně pasivní děj způsobený akumulovanou energií získanou při nádechu elasticitou vazivových komponent roztaženého hrudníku.

Aksesorní svaly expirační jsou: svaly břišní- m. transversus abdominis (inervace ze 7. -11. mezižebního nervu a n. subcostalis, dále z n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis, n. genitofemoralis a z lumbální pleteně; kořenová inervace z Th7-L1), mm. obliqui abdominis externi (inervace z 5. -11. interkostálního nervu a n. subcostalis, Th12) et interni (8. -11. interkostální nerv a n. subcostalis, Th12, dále n. iliohypogastricus a n. ilioinguinalis, Th12-L1), mm. recti abdominis (inervace ze 7. -11. interkostálního nervu, n. subcostalis, Th12/Th6/L1), m. quadratus lumborum (inervován větvemi z n. subcostalis, kořenová inervace z Th12 a přímá vlákna z pl. lumbalis, kořenová inervace L1) a svaly pánevního dna- m. levator ani, m. coccygeus (inervace- přímé větve z pl. sacralis, S3,S4), svaly zádové- m. iliocostalis (pars inferior), m. erector spinae (inervace viz výše), m. serratus posterior inferior, který je inervován z posledních tří nn. intercostales a z n. subcostalis, kořenová inervace z Th9-Th12 (Čihák, 2006, s. 333-370; Véle, 2006, s. 229).

1.1.2 Dechový vzor

Dýchací pohyby probíhají ve třech sektorech trupu a to sice v dolním sektoru- břišním (od bránice po pánevní dno), ve středním sektoru- dolním hrudním (mezi bránicí a Th5) a horním sektoru- horním hrudním (od Th5 až po dolní krční páteř). Rozdělení hrudníku na dva sektory pak vychází z rozdílného pohybu horních a dolních žebor. Osa rotace dolních žebor je více vertikální a proto se rozvíjejí více do stran. Osa pohybu horních žebor je skloněna více horizontálně a žebra se pohybují více vzhůru.

Dýchací pohyby se opakují rytmicky ve dvou fázích: inspirium a expirium. Krátká pauza na konci výdechu před nádechem se nazývá preinspirium a trvá 250 milisekund. Preexpirium je krátká pauza po skončení nádechu před výdechem a trvá 50-100 ms. Nádech začíná v břišním sektoru. Bránice snižuje aktivně klenbu a stlačuje útroby, nitrobřišní tlak stoupá a břišní stěna se mírně vyklenuje, dochází k posunu těžiště (CoP) směrem dopředu. Dolní žebra se rozvíjejí do stran a páteř se lehce extenduje. V hrudní dutině klesá tlak a vzduch proudí do plic. Pohyb bránice směrem dolů se postupně zpomaluje, důsledkem vzrůstání nitrobřišního tlaku. Na něm se podílí bránice, m. transversus abdominis, ale i ostatní svaly břišní stěny a svalstvo pánevního dna (to brání průniku útrobov do pánevního otvoru). Zvýšením nitrobřišního tlaku dojde ke stabilizaci bederní páteře a aktivita se postupně přesouvá do oblasti dolního hrudníku, kde vlivem aktivity interkostálních svalů (za dopomoci bránice) dochází

k rozvíjení spodních žeber do stran. Posléze se rozšiřuje pohyb i do horního dýchacího sektoru, kde dochází k rozšíření hrudníku směrem vzhůru a do stran.

Výdech probíhá obdobně od dolního sektoru počínaje bránicí přes střední sektor do sektoru horního. Napětí ve svalech klesá, prostor hrudníku se zmenšuje, bránice se vyklenuje a vzduch proudí ven z plic. Bránice a břišní svalstvo jsou aktivní v určitých částech výdechu i nádechu a mají tím přímý vliv na posturální funkci. Podle Skládala, který pozoroval posturální funkci bránice, je evidentní, že svaly považované za respirační se účastní též stabilizační funkce (Véle, 2006, s. 227-229).

1.1.3 Úloha bránice při dechovém cyklu

Poslední studie potvrzují, že bránice se nezapojuje jenom jako dýchací sval, ale významně se podílí na posturální aktivitě, má tedy dvojí funkci. Průkaz souvztažnosti mezi posturální aktivitou bránice a ukazateli plicních funkcí má velký dopad pro respirační fyzioterapeutické postupy.

Při respirační funkci bránice je v první fázi nádechu punctum fixum na žeberních, sternálních a krurálních úponech bránice, takže se centrum tendineum pohybuje kaudálně. Dochází k zvětšení objemu hrudní dutiny, klesá interpleurální tlak a narůstá nitrobřišní tlak (tzv. břišní lis), kterému podléhají všechny tkáně uvnitř dutiny břišní, pánevní i obsah dutých orgánů. V druhé fázi je již punctum fixum na centrum tendineum a dolní žebra se spolu s hrudní kostí pohybují kraniálně. Přes hrudní kost se kraniální pohyb přenáší i na horní žebra, která jsou kromě toho zvedána díky aktivitě pomocných dýchacích svalů, čímž dojde k rozšíření horní části hrudního koše zejména v předozadním směru. Dolní žebra se rozšiřují převážně v laterolaterálním směru, což je dáno anatomicky. U mechanismu působení bránice na dolní žebra hraje kromě úponů kostální části významnou úlohu také zóna apozice (kontakt pleurální plochy bránice a hrudní stěny).

Reakcí na ventilační poruchu plic jsou vždy změny ve funkci dýchacích svalů a stabilizačním systému:

1. Hrudník se dostává do nádechového postavení a výchozí poloha hrudní kosti se nastavuje kraniálně, tím se snižuje účinnost dechové práce a dochází k prodloužení nádechu. Pohyb sterny jde při nádechu pouze směrem nahoru, což je spojeno s pohybem klíčních kostí a ramen vzhůru. Nedochozí k rozvinutí mezižeberních prostor (především v oblasti 5. -8. žebra), hrudník je v dané oblasti oploštěn a paradoxní funkcí bránice jsou

žebra vtahována. Během klidového dýchání se tak zapojují pomocné dýchací svaly (m. scalenus, m. sternocleidomastoideus, m. trapezius pars ascendens, m. levator scapulae).

2. Bránice jako hlavní nádechový sval má vysoký stav a její zapojení při nádechu je nedostatečné. Za fyziologické situace by mělo při inspiriu docházet k vyklenování břišní a dolní hrudní dutiny všemi směry, to znamená laterálně i dorzálně. Za patologické situace je tato oblast uzamčena a žebra se při nádechu vtahují dovnitř (Kolář, 2009, s. 255-258).

Vedle dechové funkce bránice má zásadní význam její funkce posturální, která je spojena se zvýšením transdiafragmatického tlaku. Vzhledem k tomu, že aktivita bránice je spojena s každým pohybem těla a končetin, je možné tento princip využít u respiračních technik (Kolář, 2009, s. 255-258).

„Vycházíme z faktu, že funkce dýchacích svalů ovlivňuje funkce stabilizační a naopak přes stabilizační systém je možné cíleně vstoupit do funkce dýchacích svalů“ (Kolář, 2009, s. 258).

„Pro fyzioterapii je zásadní průkaz korelací mezi parametry plicních funkcí a posturální aktivity bránice vyvolané aktivitou končetin. Parametry aktivity bránice při klidovém dýchání během posturální aktivity vyvolané cíleným odporem končetin signifikantně korelují s ukazateli plicních funkcí (dynamické plicní objemy, ukazatele průchodnosti dýchacích cest, ale též klidová VC)“ (Kolář, 2009, s. 258).

1.2 Stabilizační systém páteře

Stabilizační systém páteře (příloha č. 7-9) představuje svalovou souhru, která zajišťuje stabilizaci, neboli zpevnění páteře během všech pohybů. Jedná se o souhru mezi povrchovými svaly a svaly hlubokými, konkrétně o kokontrakci mezi monosegmentálními svaly, v první řadě m. multifidus a s tímto svalem zřetěženou bránici, pánevní dno a břišní svaly, které tvoří přední oporu břišní dutiny a spolu regulují nitrobřišní tlak. V oblasti horní hrudní a krční páteře se jedná o souhru mezi hlubokými flexory a extenzory páteře. Svaly stabilizačního systému páteře jsou aktivovány jak při statickém zatížení (sed, stoj), tak při dynamickém zatížení, jakým je například pohyb horních, či dolních končetin. Jejich zapojení je automatické. Například při flexi v kyčelním kloubu nedojde pouze k aktivaci flexorů kyčle, ale i k zapojení svalů, které stabilizují úponovou oblast těchto svalů. To jsou v tomto případě extenzory páteře ve spolupráci se svaly břišního lisu (břišní svaly, bránice a pánevní dno), které

stabilizují páteř z přední strany. Na stabilizaci se v důsledku svalového propojení vždy podílí celý svalový řetězec. Tato stabilizační souhra svalů eliminuje vnější síly, které působí na páteřní segmenty.

Stabilizační funkce u vertebrogenních obtíží je studována již několik let a současné práce stále více poukazují na to, že u jedinců s bolestmi zad v anamnéze je porušen nábor specifických svalů trupu při jejich reakci na vnější podněty. Předpokladem je, že nedostatečná stabilizační funkce svalů vede k nepřiměřené zátěži kloubů a vazů páteře (Arjmand, Shirazi-Adl, 2006; Kolář, Lewit, 2005; Kolář, 2006; Stokes et al., 2010).

1.2.1 Význam stabilizačního systému páteře u vertebrogenních obtíží

U dětí i adolescentů je časté vadné držení těla. Jednou z jeho hlavních příčin je porucha zapojení svalů v průběhu posturálního vývoje, tato porucha je pak významným etiopatogenetickým faktorem řady hybných poruch v dospělosti.

Jak vyplývá ze statistik, bolesti zad jsou jedním z nejčastějších důvodů návštěvy lékaře (kolem 70% dospělých někdy trpělo bolestí zad). V posledních letech se pohled na etiopatogenezi vertebrogenních obtíží značně vyvíjí, i přes výrazný pokrok však nelze u vysokého procenta pacientů určit definitivní diagnózu. Ve výsledcích zobrazovacích metod lze často identifikovat rozsáhlé strukturální nálezy, které jsou bez výrazných subjektivních potíží, neboť páteř má daleko větší adaptační schopnosti než například periferní klouby. Na druhé straně velké množství pacientů trpí bolestmi zad a nelze u nich ani dnešními metodami zjistit žádný fyzický korelát. Hlavní příčina spočívá v tom, že dochází k ignoraci poruch funkce, kterou lze při adekvátním klinickém vyšetření nalézt.

U pacientů s poruchou funkce stabilizačního systému páteře pozorujeme změnu svalového napětí ve svalech a měkkých tkání a porušení svalové souhry, která je řízena centrálním nervovým systémem. Nejčastější poruchou je potom zapojení svalů do stabilizačních funkcí. Současné práce, zejména australských autorů poukazují na to, že u jedinců s bolestmi zad v anamnéze je porucha náboru specifických svalů trupu během jejich reakce na zevní podněty. U těchto pacientů pak lze také sledovat odchylky ve stabilizační funkci svalů v porovnání s vývojovým modelem stabilizace (Hides et al., 2011; Kolář, Lewit, 2005, Kolář, 2007).

1.2.2 Stabilizační a dechová funkce bránice

Bránice nehraje důležitou roli jenom v dýchání, ale i při ovlivnění postury a správné funkce orgánů. Velmi úzce je také propojená s pánevním a ústním dnem. Proto je důležité na ní nahlížet jako na součást celku (Bordoni, Zanier, 2013).

Souhra bránice a stabilizačních svalů trupu je popisována jako důležitá funkční jednotka pro stabilizaci páteře. Bránice je obvykle studována zejména ve své respirační funkci, neméně důležitá je však i její funkce stabilizační, při které se spolu s dalšími svaly trupu podílí na zvyšování nitrobřišního tlaku a tím na postavení a zpevnění páteře.

Stabilizační funkce bránice je přítomna během většiny pohybů trupu a končetin, při dýchání i v zádrži dechu. Pokud tato svalová souhra není fyziologická, pak dochází k přetěžování paravertebrálních svalů a následně ke zvýšení kompresivní síly působící na struktury páteře. Tato dysfunkce je pak považována za nejčastější důvod vzniku vertebrogenních obtíží (Rychnovský, 2010).

Rychnovský ve své práci porovnává pohybové chování bránice (jak její funkci dechovou, tak posturální) za pomoci funkční magnetické rezonance u probandů s prokázaným získaným strukturálním nálezem na páteři a kontrolní skupiny (bez strukturálního nálezu na páteři). Výsledkem této studie byl nález větších pohybových exkurzí bránice s pomalejší frekvencí a pravidelnějším pohybem u kontrolní skupiny oproti skupině se strukturálním nálezem na páteři. U skupiny se strukturálním nálezem nebyla bránice schopna koordinovat svou funkci posturální a dechovou. Během větší posturální zátěže pak převažovala její funkce stabilizační oproti funkci dechové. Dále bylo zjištěno, že v nádechové pozici se nachází bránice u skupiny probandů bez strukturálního nálezu více ve vertikále oproti skupině kontrolní (Rychnovský, 2010).

Mnoho studií potvrdilo reflexní stabilizaci pánevního pletence a bederní páteře, která předchází pohybu horních nebo dolních končetin. Pohyb v kloubu je tedy spojený s aktivitou extenzorů páteře ve spolupráci se svaly, které vytvářejí intraabdominální tlak. Touto problematikou se zabývá studie z roku 2012, která se zaměřuje na vyšetření nádechové a výdechové pozice bránice a jejích exkurzí během klidného dýchání a během posturální zátěže u probandů s chronickými bolestmi bederní páteře ve srovnání s kontrolní skupinou. Vyšetření probíhalo pomocí funkční magnetické rezonance a speciálního spirometrického záznamu. Bylo též provedeno standardní vyšetření plicních funkcí, zahrnující vyšetření síly respiračních svalů ($P_{i_{max}}$ a $P_{e_{max}}$).

Výsledkem výzkumu bylo zjištění, že nádechová a výdechová poloha bránice a její exkurze se během klidného dýchání bez posturální aktivity neliší mezi probandy s chronickými bolestmi bederní páteře a kontrolní skupinou. Nicméně při izometrické flexi horních či dolních končetin proti odporu došlo ke zmenšení exkurzí bránice u skupiny s chronickými bolestmi bederní páteře. V této skupině byla také abnormální koordinace bránice během nádechu s posturální aktivitou. Ta se projevila omezeným pohybem bránice v její přední a střední části. Výsledkem tohoto pohybového vzorce byl nález strmějšího úhlu ve střední a zadní části bránice. Strmější úhel bránice může zhoršovat symptomatologii chronické bolesti bederní páteře tím, že zvyšuje střížné síly, které působí na ventrální část páteře.

Přestože ve studii nebyl přímo měřen nitrobřišní tlak, autoři vyjadřují podezření, že v případě skupiny s chronickou bolestí bederní páteře, dochází vlivem abnormální pozice a koordinace jednotlivých částí bránice ke snížení nitrobřišního tlaku. Tyto objevy jsou shodné s hypotézou, která tvrdí, že abnormální posturální aktivace bránice může sloužit jako jeden ze základních mechanismů vzniku chronické bolesti bederní páteře.

U kontrolní skupiny je bránice schopna zastávat dvojí úkol- jak funkci stabilizační, tak funkci dechovou. Při pohybu například horních končetin dochází ke zvýšení nitrobřišního a transdiafragmatického tlaku a bránice se kontrahuje jak ve své krurální (zadní), tak i v anteriorní (přední) části.

Zajímavý je fakt, uváděný v této studii, a sice že existuje pozitivní korelace (za podmínek klidového dýchání s izometrickou aktivitou dolních končetin) mezi exkurzemi bránice a $P_{i_{max}}$ u probandů s chronickými bolestmi bederní páteře, ale ne tak v kontrolní skupině. Zdá se, že během tzv. klidového dýchání, když byly zaměstnávány dolní končetiny, byly důsledněji zapojovány jiné dýchací svaly než bránice, s účelem kompenzovat poměrně omezený pohyb bránice, zatímco u zdravých jedinců bránice hrála významnější (ústřední) úlohu při dýchání (Kolář et al., 2012).

1.3 Vyšetření plicních funkcí

1.3.1 Základní parametry

Vitální kapacita (vital capacity, VC) je plicní kapacita mobilizovatelná během pomalého kompletního výdechu po předchozím kompletním nádechu a naopak. U zdravých osob se její velikost neliší od vitální kapacity usilovné.

Usilovná vitální kapacita (forced vital capacity, FVC), se měří stejně jako VC, s tím rozdílem, že jak nádechový, tak výdechový manévr je usilovný.

Celková plicní kapacita (total lung capacity, TLC), je kapacita, která popisuje velikost plic. Vzniká součtem inspirační a funkční reziduální kapacity nebo ze součtu vitální kapacity a reziduálního objemu.

Funkční reziduální kapacita (functional residual capacity, FRC), je množství vzduchu, které zbývá v plicích po normálním výdechu. Výpočet $FRC = ERV + RV$.

Inspirační kapacita (inspiratory capacity, IC), je plicní kapacita objemu vzduchu, který lze nadechnout z polohy na konci klidového výdechu.

Dechový objem (tidal volume, TV, označuje se někdy také jako V_t), je objem vzduchu, který vyšetřovaná osoba vdechne nebo vydechne při normálním klidovém dýchání. Hodnota: 0,5 l.

Inspirační rezervní objem (inspiratory reserve volume, IRV) je objem vzduchu, který lze ještě nadechnout po ukončení normálního klidového nádechu.

Expirační rezervní objem (expiratory reserve volume, ERV) je objem vzduchu, který lze ještě vydechnout po ukončení klidového výdechu.

Reziduální objem (residual volume, RV) je objem vzduchu, který zůstane v plicích po maximálním výdechu. Hodnota: 1,2 l.

Jednosekundová vitální kapacita (forced expiratory volume, FEV₁) -množství vzduchu usilovně vydechnutého v jedné sekundě po maximálním nádechu. Popisuje průchodnost dýchacích cest jako celku. Hodnota: standardní odchylka je dle Fišerové (2004) při opakovaných měřeních od 60 do 270 ml, průměrně 183ml.

Takto vyšetřený dechový objem lze vyjádřit jako procento z vitální kapacity (musí být uvedeno, zda z expirační, inspirační nebo usilovné vitální kapacity, např. FEV_1/EVC , FEV_1/IVC , FEV_1/FVC) a nazývá se Tiffeneauův index [%]. Čím je FEV₁

nižší, tím více je omezena průchodnost dýchacích cest. Význam tohoto parametru je nicméně pro dětský věk sporný. Poměr FEV1/FVC pomáhá zpřesnit funkční diagnózu a odlišit falešně pozitivní obstrukční nálezy.

Při vyšetření je běžné měřit a uvádět hodnoty maximálních výdechových průtoků (maximum expiratory flow, MEF, někdy značeno FEF) při 25% FVC (MEF₂₅), PŘI 50% FVC (MEF₅₀) a při 75% FVC (MEF₇₅). Udávají se v litrech za sekundu a informují o výdechových průtocích důležitých parciálních úseků křivky průtok-objem.

Střední výdechový průtok FEF₂₅₋₇₅ (MMEF) [l.s⁻¹] je průměrný maximální výdechový průtok v litrech za sekundu, vyšetřený ve střední části výdechu a to sice v rozmezí 25-75% usilovného výdechu.

Usilovný průtok na konci výdechu FEF₇₅₋₈₅ [l.s⁻¹] je průměrný výdechový průtok vzduchu mezi 75-85% vydechnuté usilovné vitální kapacity, tedy terminální části křivky FVC.

Vrcholový výdechový průtok (peak expiratory flow, PEF) [l.s⁻¹] je nejvyšší dosažený průtok při usilovném výdechu z úrovně maximálního vdechu měřený za 0,1 po začátku výdechu. Popisuje průchodnost především větších dýchacích cest a lze z něj usuzovat částečně i na funkci dýchacích svalů.

Plocha pod křivkou (AEX) ukazuje celkovou účinnost výdechu, udávaná v absolutních číslech, mění se i růstem plic.

Minutová ventilace plic (minute ventilation, MV) je množství vzduchu vydechnuté z plic za minutu. V klidu činí asi 8 l/min.

Maximální minutová ventilace (maximal minute ventilation, MMV) maximální objem vzduchu v litrech, který lze vydechnout za minutu. Při měření je třeba sledovat dechovou frekvenci. Hodnota MMV: 125-170 l/min (Fišerová et al., 2004, s. 14-16; Kolář, 2009, s. 559-560; Miller M. et al., 2005a; Quanjer et al., 2010).

Spirogram a hodnoty plicních objemů lze nalézt v příloze č. 10 a 11.

1.3.2 Funkční vyšetření plic

Funkční vyšetření plic může pomoci při včasné diagnostice, optimálním nastavení terapie, sledování dynamiky plicních funkcí, předoperačním vyšetřením a slouží i k účelům posudkovým, preventivním a výzkumným.

Metody funkčního vyšetření- dělení podle Fišerové (2004):

1. Základní-vyhledávací, kam patří měření vrcholové výdechové rychlosti (PEF) a její variability, spirometrický screening- orientační spirometrie (FVC, FEV1, FEV1/FVC%) a pulzní oxymetrie.

2. Základní- rozšířené, kam patří spirometrie, křivka průtok- objem, rhinomanometrie, bronchodilatační a bronchokonstrikční testy, 6- ti minutový test chůze (6-MWT).

3. Specializované, kam patří měření odporů v dýchacích cestách (celotělový pletysmograf, uzávěrová nebo oscilační metoda), nepřímě měřitelné statické ventilační parametry (pletysmograficky, diluční a vyplavovací metody), difuzní plicní kapacita pro CO (transfer faktor), plicní compliance, vyšetření funkce dýchacích svalů, krevní plyny a acidobazická rovnováha, spiroergometrie, kapnografie, vyšetření plicní cirkulace, vyšetření ve spánkové laboratoři (Fišerová et al., 2004, s. 10-11).

Nejčastěji používanou metodou je spirometrie. Naměřené parametry jsou zaznamenány do spirogramu, který v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost změny objemu v čase. Častěji se využívá vyjádření křivkou průtok-objem. Grafické znázornění v souřadnicovém systému vyjadřuje vztah mezi průtokem vzduchu dýchacími cestami a objemem usilovně vydechnutého a nadechnutého vzduchu. Kompletní grafický záznam nádechové i výdechové části křivky při dobře provedeném manévru se označuje jako smyčka průtok- objem, nebo také smyčka F-V (Fišerová et al., 2004, s. 13; Stanojevic et al., 2008).

1.4 Testy síly respiračních svalů

Nejběžnější metodou měření síly respiračních svalů je měření maximálního expiračního (PE_{max} , někdy také MEP) a inspiračního (PI_{max} , někdy také MIP) tlaku. Tyto tlaky se standardně měří v napřímeném sedu. K měření se používá náustek rigidní nebo s obrubou, který je připojen přes tzv. kolénko k zařízení měřící tlak. Pacient má během měření na nose nasazenou klipsu (Ewans, Whitelaw, 2009; Žurková, Shudeiwa, 2012).

Požadovaný PI_{max} se měří v dýchacích cestách během maximálního statického nádechového úsilí v ústech (nádech proti cloně), tzv. Müllerův manévr, iniciovaný při RV nebo FRC. PE_{max} se měří během maximálního výdechového úsilí (výdech proti

cloně), tzv. Valsalvův manévr iniciovaný při FRC nebo TLC. Pacient musí požadované úsilí udržet nejméně po dobu jedné sekundy. Provádí se běžně 3-5 pokusů s intervalem 1 minuty mezi těmito pokusy (Žurková, Shudeiwa, 2012).

Respirační tlak se může změřit jako vrcholový tlak (peak pressure), nebo jako plató tlak (plateau pressure), což je nejvyšší hodnota udržená po danou dobu, či jako maximální průměrný tlak po uplynutí jedné sekundy (maximal mean pressure over one second). Ten se podle definice nachází mezi vrcholovým tlakem a plató tlakem (Evans a Whitelaw, 2009). Ve zprávě ATS/ERS z roku 2002 se doporučuje měřit maximální průměrný tlak po uplynutí jedné sekundy, z důvodu menší hodnoty tlaku po uplynutí této doby u některých jedinců. Vysvětlení je takové, že když vzduch rychle opouští (během výdechu) nebo roztahuje plíce (během nádechu), dochází zde k výraznému zkrácení příslušných svalů a to vyústí v rychlý pohyb hrudní stěny a překročení hodnoty tlaku. V článku z roku 2004, který publikoval Windisch, byl měřen maximální inspirační tlak (vrcholový tlak i plató tlak) u 533 zdravých probandů. Studie udává, že měření vrcholového i plató tlaku má srovnatelný efekt.

Vyšetření P0.1- okluzní ústní tlak měřený v prvních 100 ms po začátku nádechu během klidného dýchání. Vyjadřuje nepřímo míru aktivity dýchacích center (Kera et al., 2013).

Několik autorů se zabývalo zkoumáním spolehlivosti P0.1, jakožto ukazatele intenzity stimulu z neurologických center směřujících do periferie k dýchacím svalům. Jedním z nich je výše zmíněný Kera (2013), který měřil 11 zdravých probandů (7 mužů a 4 ženy). P0.1 bylo měřeno vleže na zádech, každých 30 sekund po dobu 5 minut, poté následovalo měření minutové ventilace a dechové frekvence. Naměřeno bylo celkem 10 pokusů. Výsledkem studie bylo zjištění, že P0.1 je spolehlivý systém měření intenzity stimulu z neurologických center směřujícího do periferie k dýchacím svalům. Dále Kera uvádí, že pro získání validních výsledků je třeba manévr opakovat minimálně čtyřikrát.

1.4.1 Faktory ovlivňující respirační tlaky

Normální hodnoty PI_{max} a PE_{max} mají vysokou variabilitu, která závisí například na věku, pohlaví, hmotnosti, výšce, objemu plic, typu náustku, variabilním úsilím, koordinaci a kooperaci s vyšetřujícím. Výhodou těchto vyšetření je jejich jednoduchost a neinvazivnost, nevýhodou je nutnost aktivní spolupráce vyšetřované osoby (Stanojevic et al., 2010; Žurková, Shudeiwa, 2012).

Metodika a výsledky jednotlivých studií se značně liší. Co se týče antropometrických údajů, shrnutí na toto téma přináší zpráva z roku 2009. Ta na základě studia dostupných materiálů udává, že respirační tlaky jsou vyšší u mužů oproti ženám a že nejsilnější je korelace tlaků s věkem a pohlavím (Evans et al., 2009).

Dále lze zmínit například pozici probanda, ve které je měření prováděno. Většina autorů měří hodnoty vsedě, někteří ale uvádějí i pozici vestoje. Tento faktor je důležitý z toho důvodu, že postura ovlivňuje tvar bránice (Kolář, 2009).

Rozdílné jsou i hodnoty, týkající se počtu opakování k dosažení maximálního tlaku během měření a stanovení maximální hodnoty. Běžně jsou to tři opakování (Arnall et al., 2013; Clanton, Diaz, 2013), ale některé studie uvádějí až deset opakování.

Dalším bodem, ve kterém se jednotliví autoři liší, je intenzita dýchání, při které se respirační tlaky měří, a sice většina studií měří $P_{i_{max}}$ po maximálním výdechu (RV) a $P_{e_{max}}$ po maximálním nádechu (TLC). Méně studií měří tlaky po normálním výdechu a nádechu (FRC). U prvního zmíněného způsobu měření, je třeba počítat s tím, že elastický tlak hrudní stěny a plic přispívá k tlaku v ústech.

Závislostí respiračních tlaků na plicním objemu se zabývá například zpráva ATS/ERS z roku 2002, kde se udává, že tato závislost je způsobena tím, jak délka svalů ovlivňuje schopnost generovat sílu (tzv. Frank-Starlingův zákon), tuto problematiku dále rozebírá ve své studii z roku 2012 také Cox.

Existují také práce, které zkoumají vliv typu náustku na naměřené hodnoty respiračních tlaků. Kolouris uvádí, že naměřené hodnoty jsou ovlivněny jednak typem náustku a dále pak způsobem jeho užití (Kolouris et al., 1988). Evans na základě prostudování dostupných materiálů zjistil, že vyšší hodnoty respiračních tlaků byly naměřeny u náustku rigidního oproti náustku s obrubou (Evans et al., 2009). Naopak Montemezzo, který se zabýval vlivem 4 rozdílných rozhraní (různá kombinace náustků a tubusů) na hodnoty maximálních respiračních tlaků, udává, že tyto nebyly různými kombinacemi významně ovlivněny (Montemezzo et al., 2012). ATS/ERS zpráva z roku 2002 pak doporučuje použití náustku s obrubou, jako důvod udává jeho snadnější použití samotným pacientem.

Jedním z faktorů ovlivňujícím tlaky je i kouření. Článek z roku 2014 vliv cigaret na plicní funkce potvrzuje. Ve studii z roku 2014 autoři měřili spirometrii a respirační tlaky u 69 mužů z Thajska ve věku 15-18 let, kde polovinu skupiny tvořili kuřáci a

druhou polovinu nekuřáci. Byly zjištěny vyšší hodnoty FVC, Pe_{max} a také větší rozpětí hrudního koše u skupiny nekuřáků (Tantisuwat, Thaweeratitham, 2014). Studie z roku 2013, která zkoumala respirační tlaky u skupiny 376 probandů (muži ze Saudské Arábie, ve věku 18-25 let), kterou tvořili kuřáci i nekuřáci, toto tvrzení potvrzuje (Hasan et al., 2013).

Sportem a jeho vlivem na respirační tlaky se zabývá Clifford ve své studii z roku 1990. Práce se zaměřuje na rozdíl v naměřených hodnotách respiračních tlaků po maximální zátěži na ergometru u trénovaných a netrénovaných osob. Výzkumu se zúčastnilo 6 trénovaných jezdců na běžkách a 5 netrénovaných osob se sedavým způsobem života. Probandům byly měřeny respirační tlaky před a po maximálním výkonu na ergometru. U netrénovaných osob byl zjištěn signifikantní pokles maximálního inspiračního tlaku po zátěži v porovnání s hodnotami před zátěží. U trénovaných probandů byly hodnoty maximálního inspiračního tlaku nepatrně vyšší než před zátěží. Autoři z toho vyvozují, že vytrvalostní trénink na vrcholové úrovni navodí adaptivní změny v dýchacích svalech a že u jedinců netrénovaných vede maximální zátěž k dysfunkci dýchacích svalů. Podobné závěry přináší i studie z roku 2011, jejíž autoři měřili respirační tlaky u Olympijského juniorského plaveckého týmu v Brazílii a zkoumali, jak fyzický trénink tyto tlaky bezprostředně ovlivňuje. Výsledkem studie bylo, že hodnoty respiračních tlaků po fyzické zátěži se u skupiny trénovaných plavců výrazně nelišily od hodnot naměřených před zátěží (Santos et al., 2011).

Nelze opomenout ani studii z roku 1993, která se zabývá měřením respiračních tlaků u hráčů na trumpetu a porovnává je s běžnou populací. Výsledkem studie bylo zjištění, že respirační tlaky u trumpetistů jsou vyšší než u kontrolní skupiny, což autoři přičítají tréninku respiračních svalů při hře na dechový nástroj (José et al., 1993).

Několik studií se zabývá vlivem obezity na sílu respiračních svalů. Práce z roku 2012, se zaměřuje na hodnoty respiračních tlaků u 30 morbidně obézních žen a 30 žen s normální vahou, které tvořily kontrolní skupinu. Výsledkem studie bylo zjištění, že inspirační tlaky jsou vyšší u obézních žen v porovnání s kontrolní skupinou, u expiračních tlaků nebyl mezi skupinami výrazný rozdíl v naměřených hodnotách (Pazzianotto-Forti, 2012). Studie z roku 2007, ale přináší jiné výsledky. Magnani a Cataneo testovali sílu respiračních svalů a měřily Waist-Hip Ratio (WHR) index u obézních probandů (23 mužů a 76 žen), kteří byli indikováni k bariatrickému výkonu a u kterých WHR index ukázal větší zastoupení tuku v horní polovině těla. Nebylo

zjištěno, že by v důsledku obezity a většího zastoupení tuku v horní polovině těla byly respirační tlaky významně ovlivněny.

Silva se ve své studii z roku 2005 zabývá měřením respiračních tlaků u 17 žen během menstruačního cyklu a zkoumá, zda jsou tyto tlaky ovlivněny ženskými pohlavními hormony (progesteron, estradiol). Výsledkem studie bylo, že tyto hormony významně neovlivňují většinu plicních funkcí, nicméně byla nalezena slabá pozitivní korelace mezi $P_{i_{max}}$, $P_{e_{max}}$ a estrogenem a mezi $P_{i_{max}}$ a progesteronem na začátku a ve střední části luteální fáze.

V neposlední řadě je třeba zmínit i rozdíly v naměřených tlacích u různých etnik. Studie, která byla publikována v roce 1997, se zabývá měřením respiračních tlaků u dospělých osob Čínské (221 probandů), Malajské (111 probandů) a Indické národnosti (120 probandů) ve věku 20-80 let. Výsledkem bylo zjištění, že respirační tlaky se mezi jednotlivými etniky u mužů signifikantně liší, stejně tak hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC) a to jak u mužů, tak u žen. (Johan et al., 1997). V rozporu s tímto názorem je studie z roku 2009, ve které autoři zkoumali maximální inspirační tlak u čtyř různých etnik. Výsledkem měření bylo, že nejsou žádné klinicky významné rozdíly v hodnotách inspiračního tlaku u jednotlivých etnik (Sachs et al., 2009).

1.4.2 Měření respiračních tlaků u adolescentů

V souvislosti s již naměřenými normami u dětí a dospívajících je důležité zmínit A. Zapletala. Ten byl první, kdo publikoval normy plicních funkcí u dětí v České Republice (v roce 1984), kdy zjistil korelaci plicních funkcí s výškou. Normy pro respirační tlaky se v této publikaci neobjevují.

První, kdo publikovali referenční hodnoty pro respirační tlaky u dospělých, byli Black a Hyatt v roce 1969. Měřili 120 probandů ve věku 20 až 74 let a kromě stanovení norem se zabývali také vlivem věku na sílu respiračních svalů.

Jedni z prvních autorů, kteří publikovali normy pro respirační tlaky u dospívajících, byli například Wilson a Cook (1984), ti naměřili respirační tlaky u 235 dětí (bělošská populace, 7-17 let). Výsledkem bylo zjištění, že u chlapců a dívek koreluje $P_{i_{max}}$ s váhou a $P_{e_{max}}$ s věkem. Tuto studii je důležité zde zmínit, protože k referenčním hodnotám, zde publikovaných se mnoho pozdějších autorů vztahuje. Z dalších studií je to pak Smyth a kolektiv (1984), Shrader a kolektiv (1988) a jiní.

Z roku 2003 je to studie zaměřená na určení referenčních hodnot respiračních tlaků u adolescentů ve věku 8-17 let. Testy podstoupilo 392 probandů, z toho 187 bylo chlapců a 207 bylo dívek. Výsledkem studie bylo, že inspirační i expirační tlaky jsou ovlivněny nejenom věkem a váhou, ale také výškou. Studie udává vyšší respirační tlaky u chlapců než u dívek (Domenech-Clar et al., 2003).

Ze současných prací, je to například studie z roku 2012, která je zaměřena na stanovení respiračních tlaků u zdravých dětí (156 dětí ve věku 5-18 let, bělošská populace) a na to, jak jsou tyto tlaky ovlivněny plicním objemem. Výsledkem práce je zjištění, že maximální respirační tlaky jsou vyšší u chlapců oproti dívkám a zvyšují se spolu s tělesnou výškou. Naměřené hodnoty nejvíce odpovídají hodnotám, které naměřili Cook a Wilson v roce 1984. Studie také prokázala inverzní vztah mezi $P_{i_{max}}$ a plicním objemem při kterém byla hodnota $P_{i_{max}}$ naměřena, zatímco $P_{e_{max}}$ bylo při plicním objemu nad 80% TLC na tomto objemu nezávislé (Cox et al., 2012).

Další z autorů, který se zabývá problematikou měření respiračních tlaků u dospívajících je Matecki a kolektiv. Ten v roce 2003 publikoval první semilongitudinální studii, ve které testoval bělošské hochy ve fázi prepubertální (11-13), pubertální (13-15) a postpubertální (15-17). Jeho hypotézou bylo, že maximální respirační tlaky rostou s věkem a ještě více během růstového spurtu v pubertě. Výsledkem této studie bylo zjištění, že maximální respirační tlaky vzrostly významně v době růstu a to mezi 11-17 rokem $P_{i_{max}}$ a mezi 11-15 rokem $P_{e_{max}}$. Dalším poznatkem bylo, že růstový spurt v pubertě nijak nezměnil míru nárůstu hodnot maximálních respiračních tlaků, i přesto, že antropometrické charakteristiky a plicní objemy během této periody více narostly. Hodnoty respiračních tlaků naměřené v této studii se nejvíce shodovaly s hodnotami naměřenými v roce 1984 Wilsonem a Cookem (děti od 7 do 17 let) a s hodnotami naměřenými Leechem v roce 1983 (ten měřil děti nad 15 let věku).

Co se týče jiných etnik, tak je to například výzkum z roku 2013, kdy byly měřeny respirační tlaky u 182 zdravých Brazílských adolescentů (98 hochů a 84 dívek) ve věku 12-18 let. V diskuzi autoři uvádějí pozitivní nicméně slabou korelaci mezi váhou, výškou a respiračními tlaky. Dále udávají, že věk adolescentů tlaky nijak významně neovlivnil a z toho vyvozují, že by hodnoty respiračních tlaků mohly být již ve 12 letech podobné těm v dospělosti (Mendes et al., 2013).

Co se týče dolní hranice normy pro respirační tlaky, tak ATS/ERS zpráva z roku 2002 udává, že při $P_{i_{max}}$ 80cm H₂O je klinicky významná svalová slabost vyloučena. Hautman ve své studii z roku 2000 určuje jako dolní hranici normy 59% pro ženy a 60% pro muže z předpokládaného $P_{i_{max}}$. Evans v souhrnném článku z roku 2009 udává jako dolní normu pro $P_{i_{max}}$ (do 70- ti let) 60 cm H₂O pro muže a 40 cm H₂O pro ženy.

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem této diplomové práce je stanovení referenčních hodnot pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice a jejich korelace s vybranými parametry a stanovení spodní hranice normy pro $P_{i_{max}}$.

Byly stanoveny následující hypotézy:

H0: Nelze stanovit referenční hodnoty pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice.

H1: Lze stanovit referenční hodnoty pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice.

H0: Nelze stanovit spodní hranici normy pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek.

H2: Lze stanovit spodní hranici normy pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek.

H0: Maximální respirační tlaky nejsou vyšší u chlapců oproti dívkám.

H3: Maximální respirační tlaky jsou vyšší u chlapců oproti dívkám.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují s antropometrickými hodnotami u dívek ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

H4: Maximální respirační tlaky korelují s antropometrickými hodnotami u dívek ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují s antropometrickými hodnotami u chlapců ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

H5: Maximální respirační tlaky korelují s antropometrickými hodnotami u chlapců ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují se statickými plicními objemy.

H6: Maximální respirační tlaky korelují se statickými plicními objemy.

3 METODIKA

3.1 Charakteristika souboru

Zkoumaný soubor tvořilo 79 adolescentů ve věkovém rozmezí 16-17 let, z toho 38 bylo dívek a 41 bylo chlapců. Zákonní zástupci i probandi byli seznámeni s průběhem vyšetření a podepsali informovaný souhlas. Vyšetření probíhalo na jednotlivých středních školách v období od prosince 2013 do února 2014.

Charakteristika souboru probandů:

N=79 (38 dívek, 41 chlapců)

Dívky 16-17:

Průměrný věk: 16,85 (rozsah 16,02-17,99)

Průměrná výška: 167,36 (rozsah 153,6-179,2)

Průměrná váha: 59,11 (rozsah 44,5-75)

BMI: 21,07 (rozsah 17,59-26,69)

BSA: 1,66 (1,39-1,90)

Chlapci 16-17:

Průměrný věk: 16,97 (rozsah 16,07-17,96)

Průměrná výška: 180,07 (rozsah 162,2- 198,7)

Průměrná váha: 68,73 (rozsah 53-90,3)

BMI: 21,13 (rozsah 18,16-26,44)

BSA: 1,87 (rozsah 1,56-2,18)

3.2 Měření

Samotný výzkum začínal nejprve oslovením vedení vybraných pražských středních škol (výběr bral v potaz to, aby byly ve výběru zařazeny školy jak v centru Prahy, tak v částech okrajových, vybrána byla i jedna škola mimopražská). Všechny oslovené školy, se rozhodly výzkumu zúčastnit. Dále následovala osobní schůzka s vedením a později prezentace výzkumu rodičům ve třídách dané věkové kategorie,

kde byl rozdán informovaný souhlas a předneseny důležité informace týkající se výběrových kritérií.

Výběrovým kritériem byl věk a zdravotní stav probanda. Bylo nutné vyloučit probandy s chronickou respirační chorobou (např. klinicky významné průduškové astma) a/nebo onemocněním pohybového aparátu (např. významná skolióza páteře, nebo významná deformita hrudníku). Poté byl domluven se školou termín měření, které probíhalo ve výše zmíněném časovém rozmezí v dopoledních hodinách na dané střední škole, kde byla k tomuto účelu vyhrazena uzavřená místnost.

Každý proband byl nejprve změřen pomocí přenosného antropometru, přičemž byl při měření použit způsob popsáný v kapitole 3.2.6 Doplnující vyšetření. Dále byl každý proband zvážen ve spodním prádle na elektronické váze.

Spirometrické měření bylo provedeno na přenosném přístroji MasterScope Jaeger (verze 4,5, Jaeger, VIASYS, Wuerzburg, Německo) s přídatným modulem pro měření síly respiračních svalů. Jedná se o typ spirometru, který má otevřený systém s pneumotachografem. Pro měření byla zaškolená autorka této diplomové práce.

Spirometr byl po příjezdu na danou střední školu v přidělené místnosti sestaven a před samotným měřením na něm byly nastaveny okolní podmínky, jako je tlak, teplota, nadmořská výška aj. Poté byla provedena kalibrace, tak aby byl zajištěn správný průběh měření a následného vyhodnocení.

Poloha probanda během měření byla vsedě na židli se zádivou opěrkou, s dolními končetinami v úhlech 90° - 90° - 90° v kyčelních, kolenních a hlezenních kloubech. Plosky nohou byly opřené o zem, trup aktivně napřímený, hlava zpříma (Frankfurtská horizontála). Proband si oběma rukama přidržoval pneumotachograf. Před měřením byla do programu v počítači zanesena data pacienta (jméno, pohlaví, výška, váha aj.). Na pneumotachograf bylo poté nasazeno prodlužovací kolénko a čistý plastový rigidní náustek, který si pacient nasazoval sám anebo ho nasazoval terapeut ve sterilních rukavicích. Vždy byl použit nosní klips.

Měření se odehrávalo v pořadí: změření výšky, váhy, naměření klidové spirometrie, usilovné spirometrie, maximálního nádechového a výdechového tlaku a měření funkce dýchacího svalstva pomocí okluzních technik P0.1. Manévr, byl vždy probandům nejprve vysvětlen a poté byli během samotného provádění ústně instruováni terapeutem. Během měření si mohl vyšetřovaný podle potřeby mezi jednotlivými

manévry odpočinout. Při provádění níže popsaných manévru byla také nezanedbatelná podpora terapeuta, který probanda během měření motivoval k co nejlepšímu výkonu. K dispozici byl i vizuální feedback. Celé měření včetně antropometrie trvalo zhruba 15-20 minut u jednoho probanda.

3.2.1 Klidová spirometrie

Proband je vyšetřujícím instruován ke klidnému dýchání, během kterého je přístrojem zjištěna klidová hodnota pacienta. Poté následuje dechový manévr ERV/IC, kdy jsou instrukce pro probanda následující: „Maximálně vydechněte“ (ERV) a „maximálně nadechněte“ (IC). Tento manévr se opakuje třikrát, pokud se výsledné křivky významně neliší.

3.2.2 Usilovná spirometrie

Usilovná spirometrie (křivka průtok-objem)- jedná se o dynamickou spirometrii. Manévr a instrukce pacientovo jsou podobné jako u měření klidové spirometrie, rozdíl je ale v rychlosti provedení- maximální nádech a po něm jdoucí maximální výdech musí být prudký a rychlý. Manévr opakujeme třikrát, pokud se výsledné křivky výrazně neliší. Z každého souboru měření vybere počítač nejlepší hodnotu, z které jsou následně zjištěny: expirační a inspirační VC, FVC, FEV1, PEF, MEF25, MEF50, MEF75. Počítač dále porovnává tyto zjištěné hodnoty s hodnotami referenčními.

3.2.3 Maximální inspirační tlak

Měří se pomocí speciálního přídatného modulu. Proband se několikrát klidně nadechne a poté je vyzván k provedení maximálního výdechu. Během výdechu terapeut aktivuje clonu (Active shutter), proti níž se pacient snaží o maximální nádech po dobu minimálně 3 sekund. Při uvolnění tlaku probandem se clona sama deaktivuje. Manévr se opakuje třikrát.

3.2.4 Maximální expirační tlak

Manévr je stejný jako v předešlém měření, s tím rozdílem, že pacient maximálně nadechne. Během nádechu terapeut aktivuje clonu, proti které následně pacient maximálně vydechuje po dobu 3 sekund. Tento manévr se opakuje třikrát.

Nejlepší hodnotu vybírá počítač automaticky a následně dochází k porovnání s hodnotami referenčními a k vyjádření naměřených hodnot v procentech normy.

3.2.5 Měření funkce dýchacího svalstva pomocí okluzních technik P0.1

Proband klidně dýchá a na přechodu nádechu a výdechu se aktivuje na dobu 100 ms clona, která je po tomto intervalu deaktivována (clona se nechá aktivovat minimálně 5x). Měří se zde hlavně klidová funkce bránice.

3.2.6 Doplnující vyšetření

Antropometrie:

1) Měření výšky bylo provedeno pomocí přenosného antropometru. U probanda byla provedena korekce postoje: stoj naboso s nohama u sebe, s patami dotýkajícími se stěny, dolní končetiny probanda jsou naplno extendovány, hýždě a lopatky se dotýkají stěny, horní končetiny jsou volně podél těla. Hlava probanda je orientována v tzv. frankfurtské horizontále, dané spojnicí dolního okraje očníce a zevního zvukovodu. Horizontála zajišťuje správnou pozici vertexu. Hlavicí antropometru, resp. pohyblivou částí měřidla se vyšetřující zlehka dotkne vertexu a odečte tělesnou výšku s přesností na 1 mm.

2) Měření hmotnosti probíhalo pomocí elektronické váhy s digitálním displejem. Probandi byli váženi pouze ve spodním prádle (Krásničanová, Lesný, 2005).

3.3 Statistické analýzy

Statistika byla vypracována v programu Statistica. Pro statistické zpracování byla použita metrická data. Pro hodnocení byly využity následující testy: Shapiro-Wilk test normality, Pearsonův korelační koeficient pro posouzení síly korelace mezi soubory a nepárový t- test pro posouzení hodnot respiračních tlaků mezi chlapci a dívkami. Hladina významnosti byla stanovena hodnotou $p \leq 0,05$. Dolní hranice pro 95% interval spolehlivosti pro nádechový tlak byla vypočítána dle vzorce: průměrná hodnota $P_{i_{max}} - 1,96 * SD$.

VÝSLEDKY

Normované hodnoty respiračních tlaků pro chlapce a dívky ve věkovém rozmezí 16-17 let

Tab. č. 1: Normované hodnoty Pi_{max} pro chlapce a dívky

Pi_{max}^*		N	medián	průměr	SD	minimum	maximum	Spodní hranice normy
	chlapci	41	9,84	9,81	2,69	2,96	16,71	4,54
	dívky	38	6,97	7,12	1,57	4,34	9,86	4,05

* hodnoty uvedené v kilopascalech (kPa)

Tab. č. 2: Normované hodnoty Pe_{max} pro chlapce a dívky*

Pe_{max}		N	medián	průměr	SD	minimum	maximum
	chlapci	41	11,52	11,78	2,85	4,51	16,99
	dívky	38	8,32	8,20	2,13	2,27	14,92

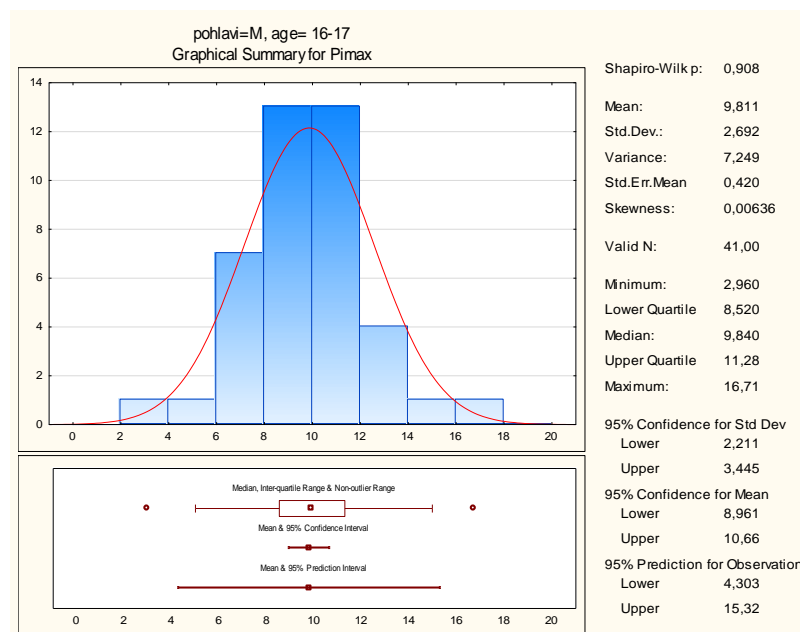
* hodnoty uvedené v kilopascalech

Tab. č. 3: Normované hodnoty $P0.1$ pro chlapce a dívky*

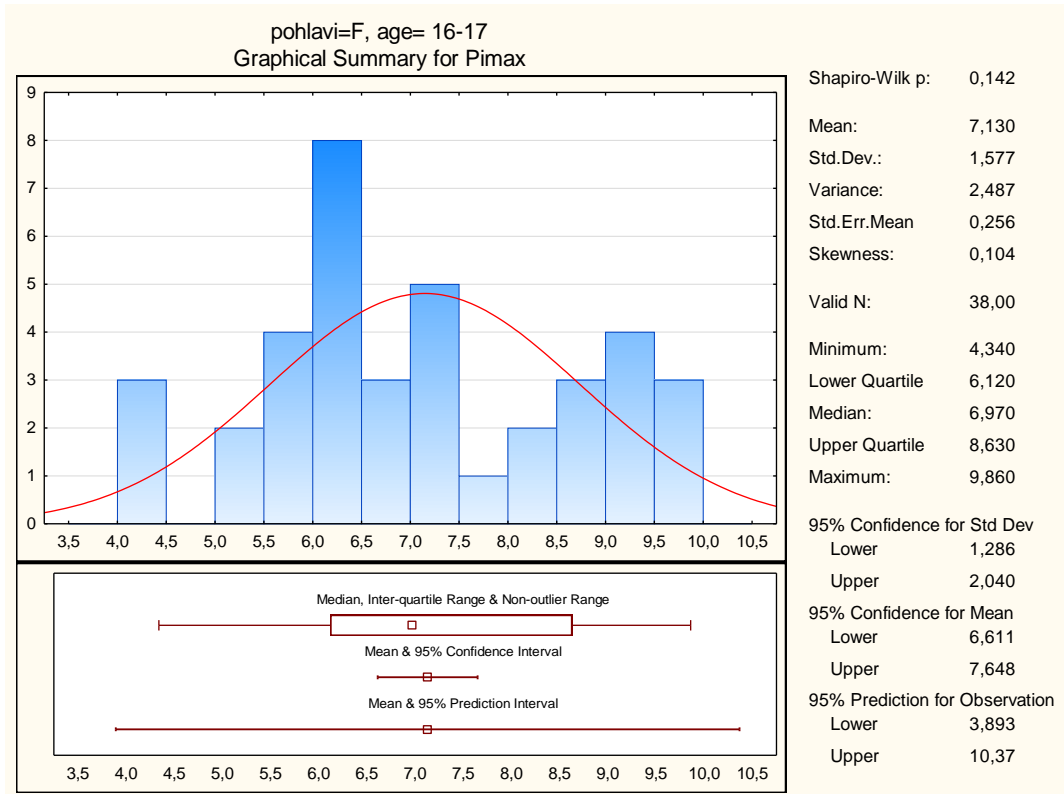
$P0.1$		N	medián	průměr	SD	minimum	maximum
	chlapci	40	0,14	0,15	0,1	0,02	0,48
	dívky	38	0,15	0,15	0,07	0,04	0,36

* hodnoty uvedené v kilopascalech

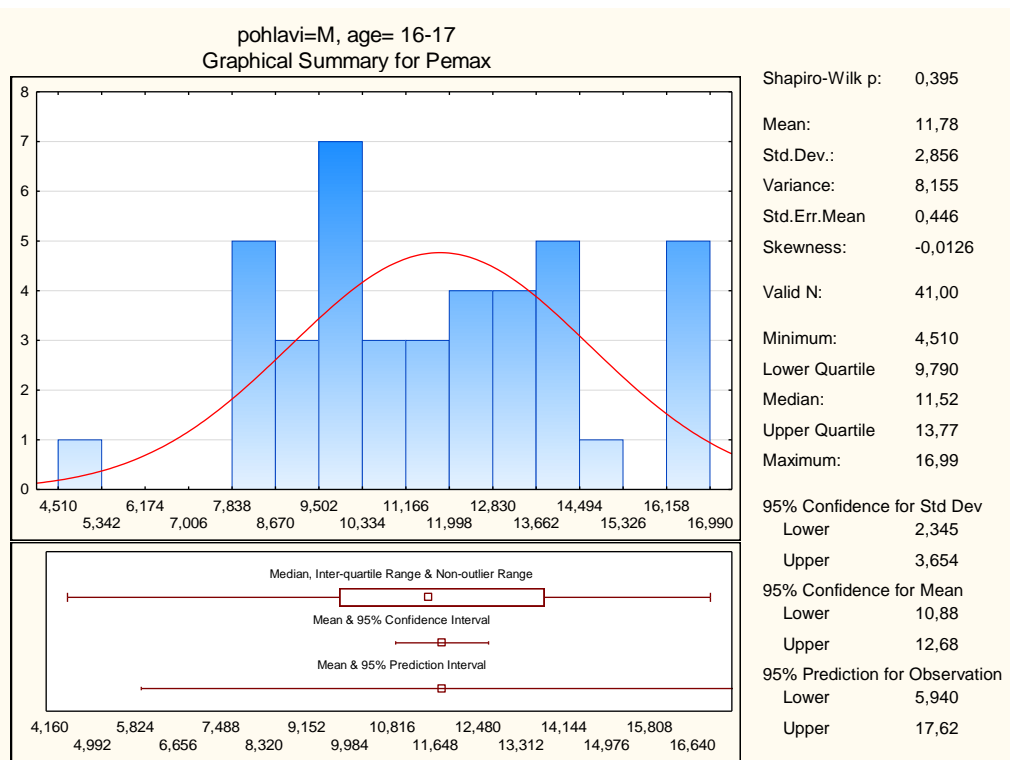
Graf č. 1: Grafické vyjádření hodnot Pi_{max} u chlapců



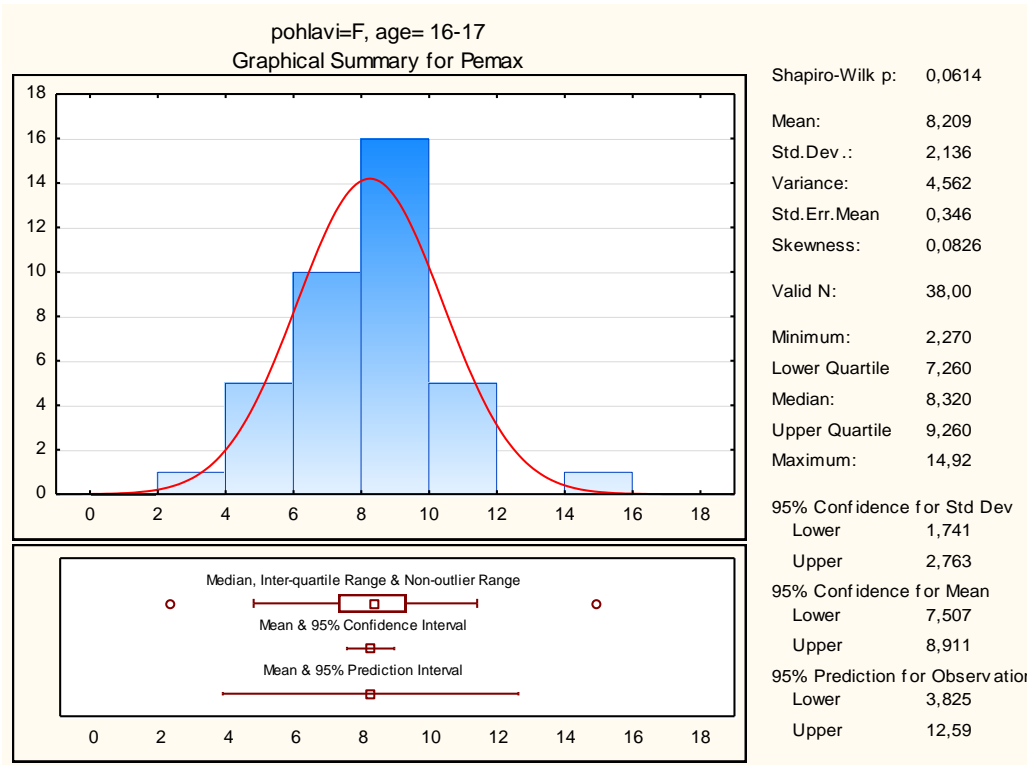
Graf č. 2: Grafické vyjádření hodnot Pi_{max} u dívek



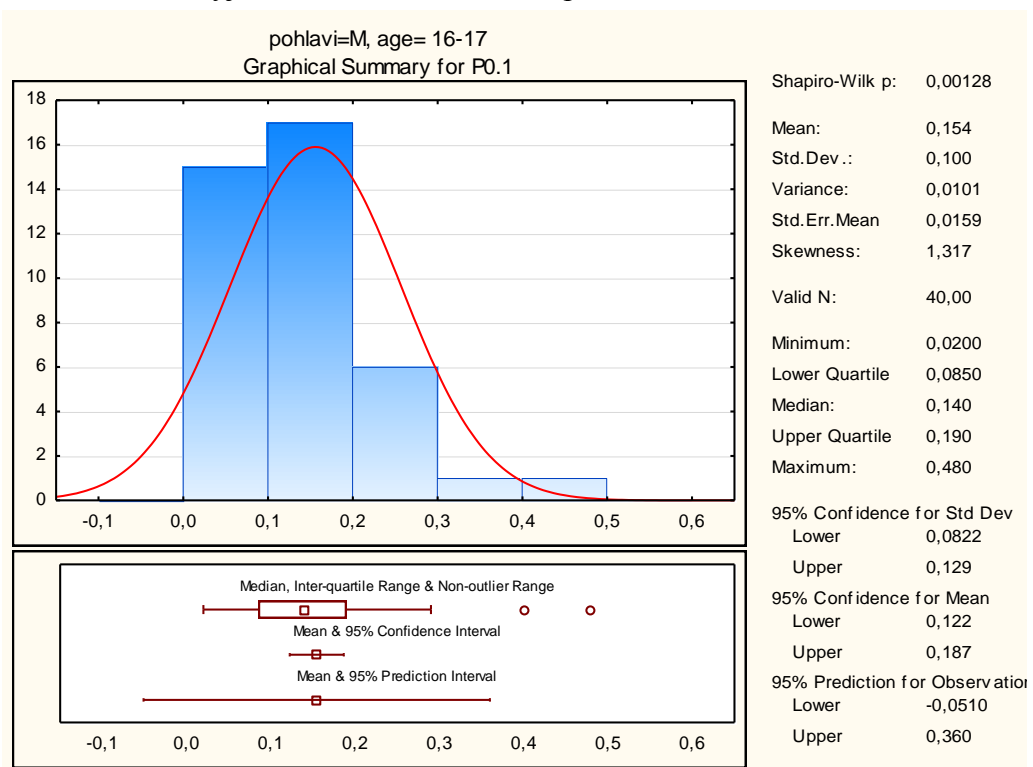
Graf č. 3: Grafické vyjádření hodnot Pe_{max} u chlapců



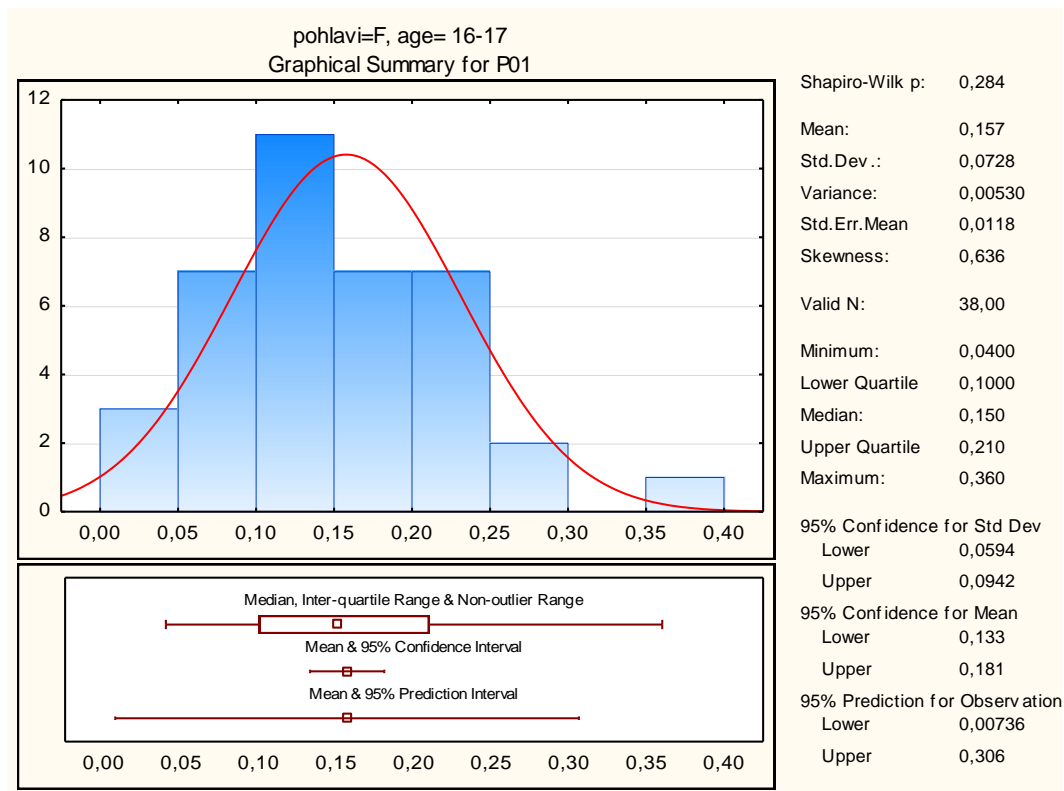
Graf č. 3: Grafické vyjádření hodnot Pe_{max} u dívek



Graf č. 5: Grafické vyjádření hodnot $P0.1$ u chlapců



Graf č. 5: Grafické vyjádření hodnot P0.1 u dívek



Shrnutí:

Průměrné hodnoty naměřené u chlapců byly: $P_{i_{max}}=9,81$, $P_{e_{max}}= 11,78$, $P_{0.1}=0,15$. Průměrné hodnoty naměřené u dívek byly: $P_{i_{max}}=7,12$, $P_{e_{max}}= 8,20$, $P_{0.1}=0,15$. Spodní hranice normy pro $P_{i_{max}}$ byla u chlapců 4,54 kPa, u dívek 4,05 kPa.

Korelace

Korelace respiračních tlaků s antropometrickými hodnotami u chlapců a dívek ve věkovém rozmezí 16-17 let

Tab. č. 4: Korelace průměrů $P_{i_{max}}$ s průměrnými hodnotami věku, výšky, váhy, BMI a BSA

		$P_{i_{max}}/v\check{e}k$ (N=41)	$P_{i_{max}}/v\check{y}ška$	$P_{i_{max}}/v\check{a}ha$	$P_{i_{max}}/BMI$	$P_{i_{max}}/BSA$
chlapci	p	0,21	0,55	0,65	0,89	0,63
	r	0,19	0,09	0,07	-0,02	0,07
		$P_{i_{max}}/v\check{e}k$ (N=38)	$P_{i_{max}}/v\check{y}ška$	$P_{i_{max}}/v\check{a}ha$	$P_{i_{max}}/BMI$	$P_{i_{max}}/BSA$
dívký	p	0,09	0,68	0,07	0,08	0,16
	r	-0,27	0,06	0,29	0,28	0,23

Tab. č. 5: Korelace průměrů Pe_{max} s průměrnými hodnotami věku, výšky, váhy, BMI a BSA

		$Pe_{max}/v\check{e}k$ (N=41)	$Pe_{max}/v\check{y}\check{s}ka$	$Pe_{max}/v\check{a}ha$	Pe_{max}/BMI	Pe_{max}/BSA
chlapci	p	0,08	0,99	0,56	0,41	0,71
	r	0,27	0,001	0,09	0,12	0,05
		$Pe_{max}/v\check{e}k$ (N=38)	$Pe_{max}/v\check{y}\check{s}ka$	$Pe_{max}/v\check{a}ha$	Pe_{max}/BMI	Pe_{max}/BSA
dívky	p	0,20	0,7	0,53	0,71	0,55
	r	-0,20	0,06	0,10	0,06	0,09

Tab. č. 6: Korelace průměrů P0.1 s průměrnými hodnotami věku, výšky, váhy, BMI a BSA

		P0.1/věk (N=40)	P0.1/výška	P0.1/váha	P0.1/BMI	P0.1/BSA
chlapci	p	0,64	0,46	0,85	0,49	0,7
	r	-0,07	-0,11	-0,02	0,11	-0,06
		P0.1/věk (N=38)	P0.1/výška	P0.1/váha	P0.1/BMI	P0.1/BSA
dívky	p	0,59	0,42	0,83	0,39	0,86
	r	-0,08	-0,13	0,03	0,14	-0,02

Shrnutí:

Nebyla nalezena signifikantní korelace mezi respiračními tlaky a antropometrickými údaji u chlapců a dívek.

Srovnání hodnot respiračních tlaků u chlapců a u dívek ve věkovém rozmezí 16-17

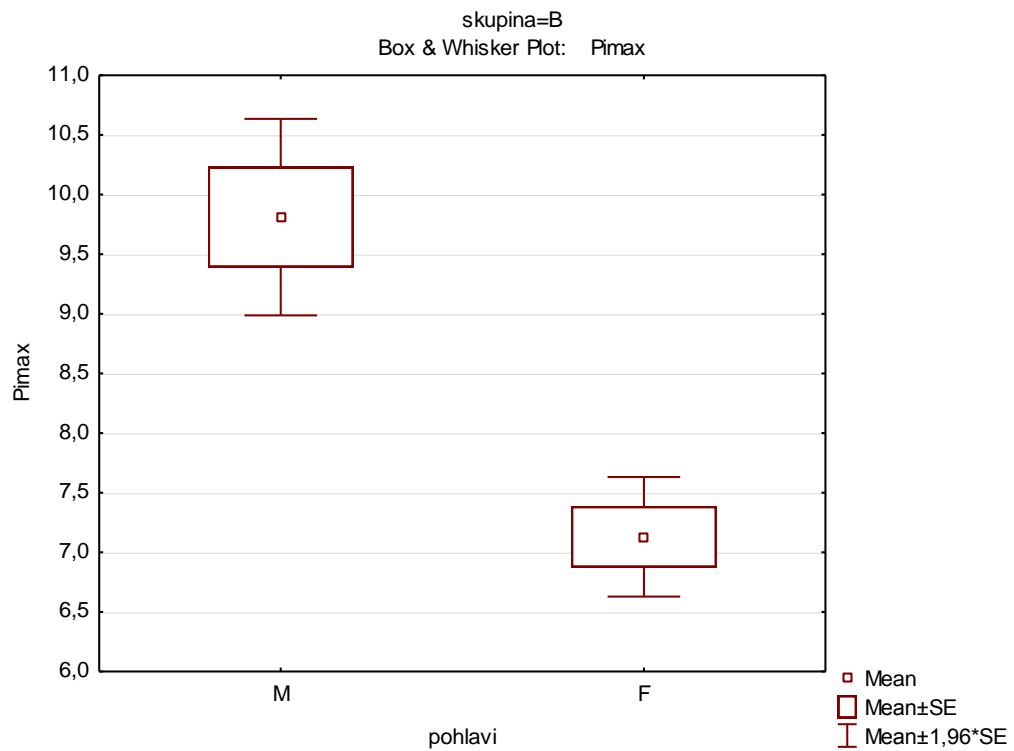
Tab. č. 7: Srovnání hodnot PI_{max} , Pe_{max} a P0.1 mezi chlapci a dívkami

	N (M)	N (F)	Průměr (M)*	Průměr (F)*	SD (M)*	SD (F)*	P=
Pimax	41	38	9,81	7,12	2,69	1,57	0,0013**
Pemax	41	38	11,78	8,20	2,85	2,13	0,0773**
P0.1	40	38	0,15	0,15	0,1	0,07	0,0525

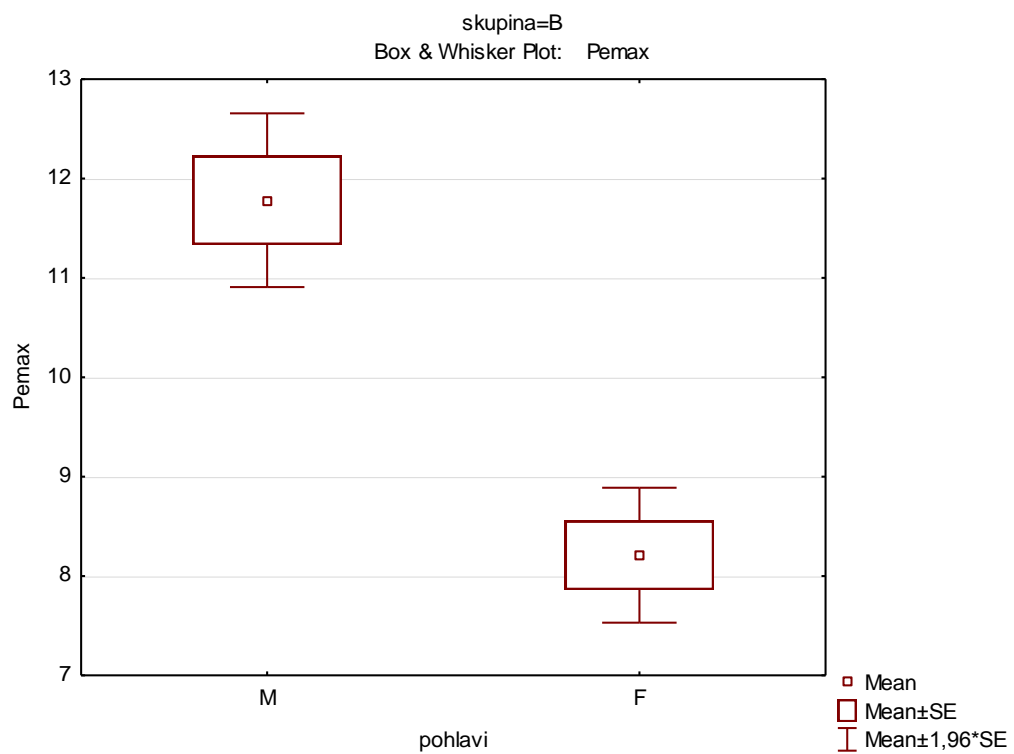
* hodnoty uvedené v kilopaselech

** statisticky významné korelace jsou uvedeny v tabulce tučně

Graf č. 6: Krabicový graf vyjadřující rozdíly v hodnotách $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek



Graf č. 7: Krabicový graf vyjadřující rozdíly v hodnotách $P_{e_{max}}$ u chlapců a dívek



Shrnutí:

Byl zjištěn signifikantní rozdíl v průměrných hodnotách $P_{i_{max}}$ a $P_{e_{max}}$ mezi chlapci a dívkami, s tím, že chlapci mají vyšší průměrné hodnoty $P_{e_{max}}$ a $P_{i_{max}}$ oproti dívkám. Nebyl nalezen rozdíl v průměrných hodnotách $P_{0.1}$ mezi chlapci a dívkami. Průměrné hodnoty pro $P_{e_{max}}$ jsou vyšší oproti průměrným hodnotám $P_{i_{max}}$ u chlapců i u dívek.

Korelace respiračních hodnot s hodnotami plicních funkcí u chlapců a dívek ve věkovém rozmezí 16-17 let.

Tab. č. 8: Korelace průměrných hodnot $P_{e_{max}}$ a $P_{i_{max}}$ s průměrnými hodnotami plicních funkcí u chlapců ve věkovém rozmezí 16-17 let. *

	Průměr	SD	r (X,Y)	P=
PEF	8,7	1,71	0,52	0,001
$P_{i_{max}}$	9,67	2,48		
PEF	8,70	1,71	0,44	0,007
$P_{e_{max}}$	11,79	2,79		
MEF 25	8,10	1,40	0,44	0,008
$P_{i_{max}}$	9,67	2,48		
AEX**	30,72	9,05	0,48	0,003
$P_{i_{max}}$	9,67	2,48		

* hodnoty plicních fcí jsou uváděné v $l.s^{-1}$, hodnoty respiračních tlaků jsou uváděné v kPa

** hodnoty AEX jsou uváděné jako $l*s^{-1}$

Tab. č. 9: Korelace průměrných hodnot $P_{e_{max}}$ a $P_{i_{max}}$ s průměrnými hodnotami plicních funkcí u dívek ve věkovém rozmezí 16-17 let.

	Průměr	SD	r (X,Y)	P=
PEF	6,13	1,44	0,40	0,01
$P_{i_{max}}$	7,07	1,52		
PEF	6,13	1,44	0,44	0,006
$P_{e_{max}}$	8,11	2,07		
MEF 25	5,69	1,27	0,43	0,009
$P_{e_{max}}$	8,11	2,07		

Shrnutí: U chlapců byla nalezena signifikantní korelace $P_{i_{max}}$ s jednosekundovou vitální kapacitou (FEV 1), vrcholovým výdechovým průtokem (PEF), středním výdechovým průtokem (MEF 25) a plochou pod křivkou (AEX). $P_{e_{max}}$ koreloval s PEF, MEF 25 a AEX. U dívek byla nalezena korelace nádechových a výdechových tlaků s PEF a MEF 25. Výdechové tlaky korelovaly pouze s MEF 25. Korelace se statickými

plicními objemy u chlapců a dívek nebyla potvrzena. V tabulce č. 8 a 9 jsou uvedeny pouze hodnoty, u kterých byla nalezena silná korelace, dle Pearsonova koeficientu (+.40 až +.69= silná korelace).

DISKUZE

Měřením síly respiračních svalů u adolescentů se zabývá několik zahraničních studií, nicméně v České Republice žádná studie zabývající se tímto tématem nebyla realizována. V zahraničí začal výzkum síly respiračních svalů u dospělých již v roce 1969, kdy publikovali svou studii Black a Hyatt. Jedna z prvních studií, která se zabývala měřením respiračních tlaků u dospívajících, byla potom práce z roku 1984, kterou publikovali Wilson a Cook. U nás byl první, kdo zveřejnil normy hodnot plicních funkcí u dětí a dospívajících A. Zapletal v roce 1984, normy pro respirační tlaky však jeho práce neudává.

V roce 2002 vydala ATS/ERS Dokument o testování síly respiračních svalů, kde byly detailně popsány podmínky pro spirometrické měření a pro měření síly respiračních svalů. Nicméně dostupné studie zabývající se měřením respiračních tlaků se v metodice významně liší a to jak například v otázce pozice probanda při měření, typu použitého náustku, provedení dechového manévru, tak v počtu opakování manévru k dosažení maximálního výsledku a stanovení maximální hodnoty. Tímto nesourodým přístupem v metodice by se daly vysvětlit velké rozdíly ve výsledcích jednotlivých prací.

Pouze několik málo autorů udává kromě průměrných hodnot respiračních tlaků, také spodní hranici normy (tzv. LLN- Lower Limit of Normal). I v těchto hodnotách se jednotlivé studie odlišují.

Co se týče korelace hodnot respiračních tlaků s antropometrickými údaji, opět se jednotliví autoři ve svých zjištěních rozcházejí. Většina studií u adolescentů udává signifikantní korelace s danými antropometrickými údaji (Cox et al., 2012; Domenech-Clar et al., 2003; Wilson a Cook, 1984). Nicméně Matecki, který publikoval semilongitudinální studii respiračních tlaků u adolescentů ve své studii tvrdí, že antropometrické faktory hrají jen malou roli jako vymežující faktor při určování hodnot respiračních tlaků.

Několik studií se zabývá i vlivem dalších faktorů, které ovlivňují hodnoty tlaků, jako je například závislost respiračních tlaků na plicním objemu (ATS/ERS, 2002; Cox et al., 2012), kouření, trénovanost, jiné etnikum (Johan, 1997), obezita (Pazzianoto-Forti 2012; Magnani, 2007), vliv hormonů (Silva, 2005).

Tato studie splnila svůj hlavní cíl, a sice určení norem pro respirační tlaky a P0.1 u chlapců a dívek ve věkovém rozmezí 16-17 let. Průměrné hodnoty (\pm SD) vyjádřené v kilopascálech a naměřené u chlapců byly pro $P_{i_{max}}=9,81 (\pm 2,69)$, pro $P_{e_{max}}= 11,78 (\pm 2,85)$ a pro $P_{0.1}=0,15 (\pm 0,1)$. Průměrné hodnoty naměřené u dívek byly pro $P_{i_{max}}=7,12 (\pm 1,57)$ a pro $P_{e_{max}}= 8,20 (\pm 2,13)$ a $P_{0.1}=0,15 (\pm 0,07)$. Hodnoty pro chlapce, i pro dívky jsou zobrazeny v kapitole Závěr- Normované hodnoty respiračních tlaků pro chlapce a dívky ve věkovém rozmezí 16-17 let, v tabulce č. 1- 3 a v grafu č. 1-5. Tyto hodnoty se nejvíce shodují s hodnotami publikovanými Smythem v roce 1984. Průměrné hodnoty naměřené jednotlivými autory jsou zobrazeny v příloze č. 12-14.

Rozdíl v respiračních tlacích mezi chlapci a dívkami naměřený v této studii byl signifikantní jak pro $P_{i_{max}}$ ($p= 0,0013$), tak pro $P_{e_{max}}$ ($p= 0,0773$), přičemž vyšší tlaky byly naměřeny u chlapců (tabulka č. 7, graf č. 6 a 7). Průměrná hodnota $P_{i_{max}}$ u chlapců byla o 28% větší oproti průměrné hodnotě $P_{i_{max}}$ u dívek, hodnota $P_{e_{max}}$ byla u chlapců větší o 31% oproti dívkám. Autoři zahraničních studií došli v tomto bodě ke shodným závěrům, přičemž rozdíl v tlacích, většinou vysvětlují rozdílným množstvím svalové hmoty a jejím odlišným rozložením u chlapců a dívek.

Tato studie určuje spodní hranici normy podle následujícího vzorce: dolní hranice pro 95% interval spolehlivosti pro $P_{i_{max}}=$ průměrná hodnota $P_{i_{max}}-1,96*SD$. Hodnota naměřená u chlapců je 4,54 kPa (46,3 cmH₂O) a u dívek 4,05 (41,3 cmH₂O). Hodnoty jsou uvedeny v kapitole Závěr- Normované hodnoty respiračních tlaků pro chlapce a dívky ve věkovém rozmezí 16-17 let, v tabulce č. 1. Hautman ve své studii z roku 2000 udává jako spodní hranici hodnotu 5. percentilu, přičemž tuto hodnotu udává jako procenta z předpokládaného $P_{i_{max}}$ - 59% pro ženy a 60% pro muže. Evans jeho závěry v souhrnném článku z roku 2009 potvrzuje. Hodnoty udávané Hautmanem a Evansem se týkají pouze dospělých probandů. ATS/ERS zpráva z roku 2002 udává, že při $P_{i_{max}}$ 80cm H₂O je klinicky významná svalová slabost vyloučena. Autorka této studie nedohledala práci, která by se zabývala určováním spodní hranice normy u adolescentů.

Dalším cílem studie bylo zjistit, zda respirační tlaky a P0.1 korelují s antropometrickými údaji jako je věk, výška, váha, BMI a BSA u chlapců a dívek. Nebyla zjištěna signifikantní korelace respiračních tlaků a P0.1 s antropometrickými

údaji u dané věkové skupiny (kapitola Závěr- Korelace, tabulka č. 4-6). Tento výsledek je v rozporu například s výsledky studie, kterou publikoval Cox v roce 2012 a která udává korelaci respiračních tlaků s tělesnou výškou. Domenech udává ve své studii z roku 2003 korelaci $P_{i_{max}}$ a $P_{e_{max}}$ s váhou, výškou a věkem u chlapců, u dívek zmíněné antropometrické hodnoty korelovaly pouze s $P_{i_{max}}$ (věk probandů 8 až 17 let). Další studie udává korelaci $P_{i_{max}}$ s váhou a $P_{e_{max}}$ s věkem u chlapců i dívek ve věku 7-17 let (Wilson a Cook, 1984). Naopak Mendes ve své práci z roku 2013 uvádí pozitivní nicméně slabou korelaci mezi váhou, výškou a respiračními tlaky. Dále udává, že věk adolescentů tlaky nijak významně neovlivnil a z toho vyvozuje, že by hodnoty respiračních tlaků mohly být již ve 12 letech podobné těm v dospělosti. Tato diplomová práce se nicméně nejvíce shoduje se závěry, které publikuje Matecki v semilongitudinální studii z roku 2003, kde testoval hochy ve fázi prepubertální, pubertální a postpubertální. Ten udává, že tlaky vzrostly s věkem avšak růstový spurt (během kterého vrostly jak plicní tak antropometrické hodnoty) míru nárůstu hodnot respiračních tlaků neovlivnil. Vysvětlením by mohlo být zjištění, že během puberty růstový spurt nenastává ve stejném čase a ve stejném poměru napříč všemi anatomickými strukturami. To se projevuje například časovým zpožděním v růstu plic a hrudníku. Je zde také rozdíl ve stádiu růstu hrudního koše a růstu respiračních svalů. Matecki také zjistil velký rozptyl hodnot tlaků v tom samém věku a pubertálním stadiu, což si vysvětluje změnami v konfiguraci a stabilizaci hrudníku během provedení dechového manévru, v koordinaci svalstva a v rychlosti provedení manévru. Nárůst tlaků s věkem vysvětluje nárůstem svalové hmoty, maturací vlivu centrálního nervového systému a endokrinními změnami (anabolický efekt testosteronu). Matecki závěrem udává, že antropometrické faktory hrají jen malou roli v predikci hodnot respiračních tlaků.

To by mohlo znamenat, že antropometrické faktory neovlivňují respirační tlaky v tak velké míře, jak se doposud myslelo. Další roli může hrát také již zmiňovaná koordinace svalů, maturace vlivu nervového systému, ale také například trénovanost. Tímto aspektem se ve své práci z roku 1990 zabýval Clifford, který měřil respirační tlaky před a po maximálním výkonu na ergometru u trénovaných (běžci na lyžích) a netrénovaných probandů se sedavým způsobem života. Výsledkem bylo, že netrénovaných osob byl zjištěn signifikantní pokles $P_{i_{max}}$ po zátěži, zatímco u trénovaných probandů byly hodnoty tlaků $P_{i_{max}}$ o něco vyšší než před zátěží. Tyto

závěry potvrzuje i Santos ve své studii z roku 2011. Vyšší respirační tlaky oproti kontrolní skupině byly naměřeny i u trumpetistů (José et al., 1993). Studie zabývající se kouřením a jeho vlivem na sílu respiračních svalů se víceméně shodují a udávají nižší hodnoty respiračních tlaků u kuřáků (Tantisuwat, Thaweeratitham, 2014; Hasan et al., 2013). Dalším faktorem ovlivňujícím sílu respiračních svalů by mohly být i hormony a to jednak testosteron u mužů (Matecki, 2003) a pak progesteron a estradiol u žen. Tím, jak tyto hormony ovlivňují sílu respiračních svalů u žen v průběhu menstruačního cyklu, se zabýval Silva ve své studii z roku 2005. Zjistil pozitivní nicméně slabou korelaci mezi estrogenem a $P_{i_{max}}$, $P_{e_{max}}$ a progesteronem a $P_{i_{max}}$ během začátku a ve střední části luteální fáze menstruačního cyklu.

Tato studie nepotvrdila korelaci respiračních tlaků se statickými dechovými objemy. Korelaci s totální plicní kapacitou udává například Cox (2012), který zjistil inverzní vztah mezi $P_{i_{max}}$ a procenty totální plicní kapacity (TLC), při kterých byly hodnoty $P_{i_{max}}$ naměřeny. $P_{e_{max}}$ naměřené nad více jak 80% TLC bylo na tomto objemu nezávislé. Závislost tlaků na plicním objemu zmiňuje také například zpráva ATS/ERS z roku 2002.

Studie nicméně potvrdila silnou korelaci nádechových tlaků u chlapců s vrcholovým výdechovým průtokem (PEF), středním výdechovým průtokem (MEF25) a plochou pod křivkou (AEX) a výdechových tlaků s PEF. U dívek výdechové tlaky silně korelovaly s PEF, MEF 25 a nádechové tlaky s PEF.

Závěrem lze říci, že hlavní cíl této práce byl splněn. Byly určeny normy respiračních tlaků pro normální populaci v dané věkové skupině, zjištěna korelace tlaků s vybranými faktory a stanovena spodní hranice normy pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek v dané věkové skupině. Pro účely klinické praxe lze využít naměřené průměrné hodnoty tlaků a jejich rozpětí. Obecným cílem do budoucna by mohla být snaha o vytvoření jednotné metodiky, protože jak již bylo zmíněno výše, nejednotnost v metodice u jednotlivých autorů přispívá k velkému rozptylu výsledných hodnot. Dále by to pak mohlo být využití normovaných hodnot respiračních tlaků v diagnostice nejenom u pacientů například s chronickým respiračním či neuromuskulárním onemocněním, ale také u pacientů s nedostatečnou či abnormální funkcí bránice.

Ta je dle Koláře jedním ze základních mechanismů vzniku chronické bolesti bederní páteře (Kolář et al., 2012).

V neposlední řadě by pak cílem mohlo být rozšíření souboru probandů, co se týče do počtu i co se týče věkového rozmezí, případně realizace longitudinální studie.

ZÁVĚRY

Shrnutí cílů a hypotéz diplomové práce:

H0: Nelze stanovit referenční hodnoty pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice.

H1: Lze stanovit referenční hodnoty pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace ve věku 16-17 let v České Republice.

Byly naměřeny referenční hodnoty pro nádechové a výdechové tlaky a P0.1 u normální bělošské populace v dané věkové skupině, tedy studie zamítla nulovou hypotézu a platí hypotéza alternativní H1.

H0: Nelze stanovit spodní hranici normy pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek.

H2: Lze stanovit spodní hranici normy pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek.

Studie stanovila dolní hranici pro $P_{i_{max}}$ u chlapců a dívek ve věku 16-17 let a tudíž zamítla nulovou hypotézu a potvrdila hypotézu alternativní.

H0: Maximální respirační tlaky nejsou vyšší u chlapců oproti dívkám.

H3: Maximální respirační tlaky jsou vyšší u chlapců oproti dívkám.

Byly naměřeny vyšší průměrné hodnoty respiračních tlaků u chlapců oproti dívkám. Došlo k zamítnutí nulové hypotézy.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují s antropometrickými hodnotami u dívek v daném věkovém rozmezí.

H4: Maximální respirační tlaky korelují s antropometrickými hodnotami u dívek v daném věkovém rozmezí.

Nebyla zjištěna korelace mezi respiračními tlaky a antropometrickými hodnotami u dívek v daném věkovém rozmezí, tudíž nelze zamítnout nulovou hypotézu.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují s antropometrickými hodnotami u chlapců ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

H5: Maximální respirační tlaky korelují s antropometrickými hodnotami u chlapců ve věkovém rozmezí 16 až 17 let.

Nebyla zjištěna korelace mezi respiračními tlaky a antropometrickými hodnotami u chlapců v daném věkovém rozmezí, tudíž nelze zamítnout nulovou hypotézu.

H0: Maximální respirační tlaky nekorelují se statickými plicními tlaky.

H6: Maximální respirační tlaky korelují se statickými plicními tlaky.

Nebyla zjištěna korelace mezi respiračními tlaky, usilovnou vitální kapacitou a celkovou plicní kapacitou u chlapců a dívek v daném věkovém rozmezí. Nelze tedy zamítnout nulovou hypotézu.

REFERENČNÍ SEZNAM

- ARJMAND, N.; A. SHIRAZI-ADL. *Role of intra-abdominal pressure in the unloading and stabilization of the human spine during static lifting tasks* [online]. European Spine Journal. 2006, vol. 15, issue 8, s. 1265-1275 [cit. 2014-03-25]. DOI: 10.1007/s00586-005-0012-9.
- ATS/ERS *Statement on Respiratory Muscle Testing* [online]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2002-08-15, vol. 166, issue 4, s. 518-624 [cit. 2014-03-25]. DOI: 10.1164/rccm.166.4.518.
- BLACK, L.; HYATT, R. *Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex* [online]. American Review of Respiratory Disease. 1969, vol. 99, issue 5, s. 696-702 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://nspirehealth.com/Go/5-69-Black_+MRP+1969+Predicteds.aspx
- BORDONI, B.; ZANIER, E. *Anatomic connections of the diaphragm influence of respiration on the body system* [online]. Journal of Multidisciplinary Healthcare. 2013, č. 6, s. 281-291 [cit. 2014-04-03]. DOI:10.2147/JMDH.S45443.
- COAST, J. Richard et al. *Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects* [online]. Medicine. 1990, vol. 22, issue 6, s. 811-815 [cit. 2014-03-28]. DOI: 10.1249/00005768-199012000-00013.
- COX, Desmond et al. *Characterization of Maximal Respiratory Pressures in Healthy Children* [online]. Respiration. 2012, vol. 84, issue 6, s. 485-491 [cit. 2014-03-25]. DOI: 10.1159/000342298.
- DOMENECH-CLAR, R. et al. *Maximal static respiratory pressures in children and adolescents* [online]. Pediatric Pulmonology. 2003, vol. 35, issue 2, s. 126-132 [cit. 2014-04-03]. DOI: 10.1002/ppul.10217.
- ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada. 2006, s. 497, ISBN 80-7169-970-5.
- EVANS, John; WHITELAW, William. *The Assessment of Maximal Respiratory Mouth Pressures In Adults* [online]. Respiratory Care. 2009, vol. 54, no. 10, s. 1348-1359. [cit. 2014-03-26]. ISSN: 1943-3654. ISSN 1943-3654.
- FÍŠEROVÁ, Jarmila et al. *Funkční vyšetření plic*. 2. vyd. Praha: Geum, 2004, 128 s. ISBN 80-862-5638-3.

- GILDEA, Thomas, MCCARTHY, Kevin. *Pulmonary function testing* [online]. [Http://www.clevelandclinicmeded.com/](http://www.clevelandclinicmeded.com/). 2010 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z:<http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/pulmonary/pulmonary-function-testing/>
- HASAN, Shahid; RAKKAH, Nabeeh; ATTAUR-RASOOL, Sohail. *Effect of smoking on respiratory pressures and lung volumes in young adults* [online]. Biomedica. 2013, vol. 29, s. 96-100 [cit. 2014-03-26]. ISSN 0120-4157.
- HIDES, Julie; STANTON, Warren; DILANI MENDIS, M.; SEXTON, Margot. *The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain* [online]. Manual Therapy. 2011, vol. 16, issue 6, s. 573-577 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1016/j.math.2011.05.007.
- JOHAN, A.; CHAN, C. C.; CHIA, H. P.; CHAN, O. Y.; WANG, Y. T. *Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians* [online]. European Respiratory Journal. 1997, vol. 10, issue 12, s. 2825-2828 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1183/09031936.97.10122825.
- FIZ, J. A. et al. *Maximum respiratory pressures in trumpet players* [online]. CHEST Journal. 1993-10-01, vol. 104, issue 4, s. 1203-1204 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1378/chest.104.4.1203.
- KERA, Takeshi; AIHARA, Akiko; INOMATA, Takashi. *Reliability of Airway Occlusion Pressure as an Index of Respiratory Motor Output* [online]. Respiratory Care. 2013, vol. 58, no. 5, s. 845-849 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.4187/respcare.01717.
- KOLÁŘ, Pavel. *Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika*. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2006, roč. 13, č. 4, s. 155-170. ISSN 1211-2658.
- KOLÁŘ, Pavel. *Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce páteře-terapie*. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2007, roč. 14, č. 1, s. 3-17. ISSN 1211-2658.
- KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 713 s. ISBN 978-807-2626-571.

- KOLÁŘ, Pavel a Karel LEWIT. *Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží*. Neurologie pro praxi. 2005, roč. 6, č. 5, s. 270-275. ISSN 1335-9592.
- KOLÁŘ, Pavel et al. *Postural Function of the Diaphragm in Persons With and Without Chronic Low Back Pain* [online]. Journal of Orthopaedic. 2012, vol. 42, issue 4, s. 352-362. DOI: 10.2519/jospt.2012.3830.
- KOULOURIS, N.; MULVEY, D. A.; LAROCHE, C. M.; GREEN, M.; MOXHAM, J. *Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects* [online]. European Respiratory Journal. 1988, s. 863-867 [cit. 2014-03-26]. ISSN 1399-3003.
- MAGNANI, Karla Luciana; CATANEO, Antônio José Maria. *Respiratory muscle strength in obese individuals and influence of upper-body fat distribution* [online]. Sao Paulo Medical Journal. 2007, vol. 125, issue 4, s. 215-219 [cit. 2014-04-03]. DOI: 10.1590/S1516-31802007000400004.
- MATECKI, Stefan et al. *Respiratory pressures in boys from 11–17 years old: A semilongitudinal study* [online]. Pediatric Pulmonology. 2003, vol. 35, issue 5, s. 368-374 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1002/ppul.10274. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ppul.10274>
- MENDES, R. et al. *Prediction equations for maximal respiratory pressures of Brazilian adolescents* [online]. Brazilian Journal of Physical Therapy. 2013, roč. 17, č. 3, s. 218-226 [cit. 2014-03-26]. ISSN 1413-3555.
- MILLER, M. R. *Standardisation of spirometry* [online]. European Respiratory Journal. 2005-08-01, vol. 26, issue 2, s. 319-338 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
- MONTEMEZZO, D. et al. *Influence of 4 Interfaces in the Assessment of Maximal Respiratory Pressures* [online]. Respiratory Care. 2012-03-01, vol. 57, issue 3, s. 392-398 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.4187/respcare.01078.
- NETTER, Frank. *Atlas of human anatomy*. 5th ed. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier, 2010, 532 s. ISBN 978-141-6059-516.
- PAZZIANOTTO-FORTI, Eli M. et al. *Behavior of respiratory muscle strength in morbidly obese women by using different predictive equations* [online]. Revista

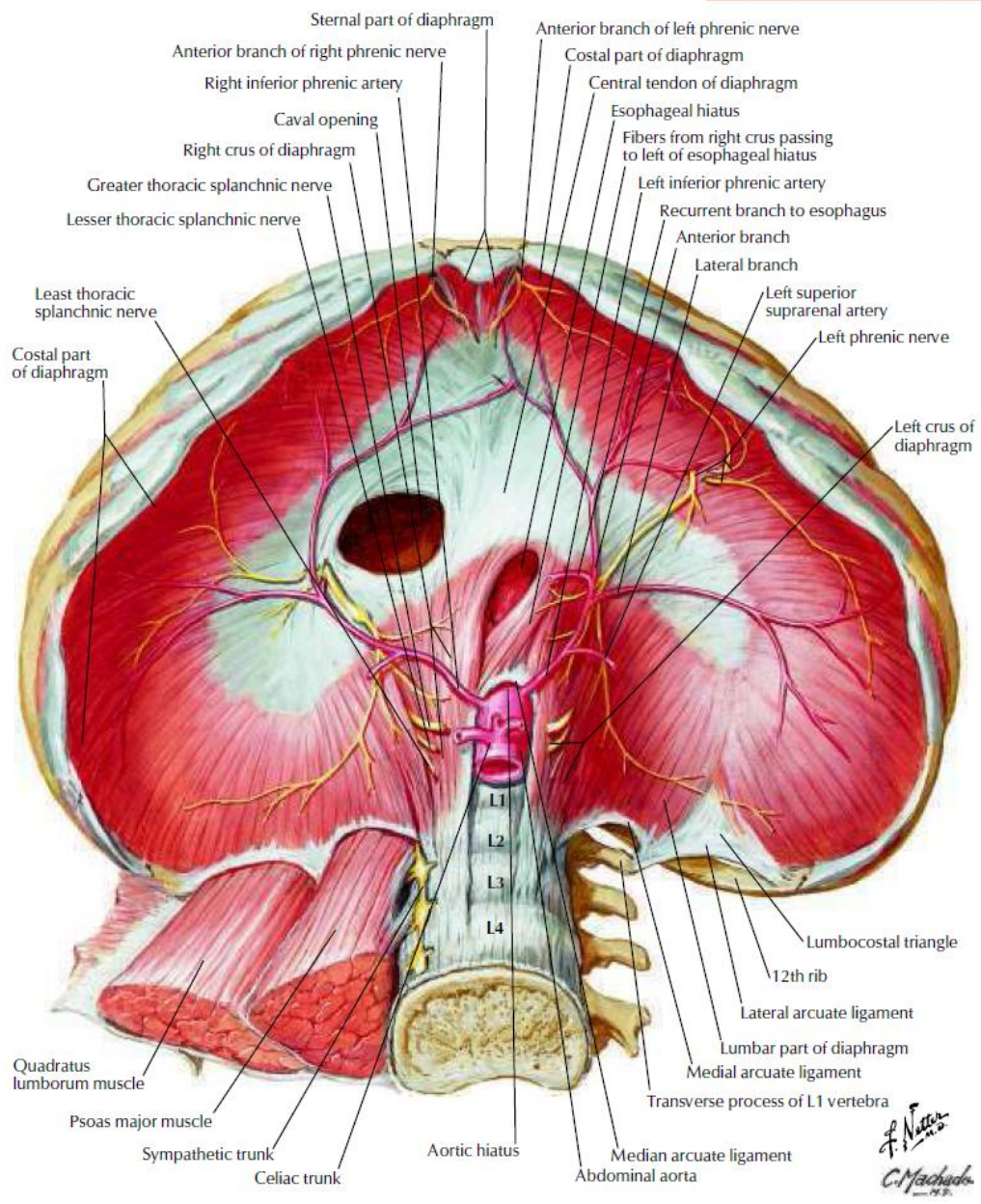
- Brasileira de Fisioterapia. 2012, roč. 16, č. 6, s. 479-486 [cit. 2014-04-03]. ISSN 1413-3555.
- QUANJER, P. H. et al. *Changes in the FEV1/FVC ratio during childhood and adolescence: an intercontinental study* [online]. European Respiratory Journal. 2010-11-30, vol. 36, issue 6, s. 1391-1399 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1183/09031936.00164109.
- RYCHNOVSKÝ, T. *Magnetická rezonance respirační dynamiky a posturální funkce bránice*. Praha, 2010. 26 s. Autoreferát disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- SACHS, M. et al. *Performance of Maximum Inspiratory Pressure Tests and Maximum Inspiratory Pressure Reference Equations for 4 Race/Ethnic Groups* [online]. Respiratory Care. 2009, roč. 54, č. 10, s. 1321-1328. ISSN: 1043-3654. [cit. 2014-04-09]. ISSN 1943-3654.
- SANTOS, R. et al. *Maximal respiratory pressures among adolescent swimmers* [online]. Revista Portuguesa de Pneumologia. 2011, roč. 17, č. 2, s. 66-70 [cit. 2014-03-26]. ISSN 0873-2159.
- SCHRADER, P. C.; QUANJER, Ph. H.; OLIEVIER, I.C.W. *Respiratory muscle force and ventilatory function in adolescents* [online]. European Respiratory Journal. 1988, roč. 1, č. 4, s. 368-375 [cit. 2014-03-26]. ISSN 1399-3003.
- SILVA, Selma Bruno et al. *Changes in peak expiratory flow and respiratory strength during the menstrual cycle* [online]. Respiratory Physiology . 2006, vol. 150, 2-3, s. 211-219 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.resp.2005.03.001. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1569904805000832>
- SMYTH, Robert J.; CHAPMAN, Kenneth R.; REBUCK, Anthony S. *Maximal Inspiratory and Expiratory pressures in adolescents* [online]. Chest. 1984, roč. 86, č. 4, s. 568-572 [cit. 2014-03-26]. ISSN 1931-3543.
- STANOJEVIC, Sanja et al. *Reference Ranges for Spirometry Across All Ages* [online]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2008, vol. 177, issue 3, s. 253-260 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1164/rccm.200708-1248OC.

- STANOJEVIC, S. et al. *Reference values for lung function: past, present and future* [online]. European Respiratory Journal. 2010-06-30, vol. 36, issue 1, s. 12-19 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1183/09031936.00143209.
- STOKES, Ian A. F. et al. *Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: Spinal unloading mechanism* [online]. Clinical Biomechanics. 2010, vol. 25, issue 9, s. 859-866 [cit. 2014-03-26]. ISSN 0268-0033.
- TANTISUWAT, Anong et al. *Effects of Smoking on Chest Expansion, Lung Function, and Respiratory Muscle Strength of Youths* [online]. Journal of Physical Therapy Science. 2014, vol. 26, issue 2, s. 167-170 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1589/jpts.26.167.
- VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. 2., rozš. a přeprac. vyd.* Praha: Triton, 2006, 375 s. ISBN 80-725-4837-9.
- WILSON, S; COOK, N; EDWARDS, N., SPIRO, S. *Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children* [online]. Thorax. 1984, roč. 39, č. 7, s. 535-538 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://thorax.bmj.com/content/39/7/535.long>
- WINDISCH, W.; HENNINGS, E; SORICHTER, S.; HAMM, H; CRIEE, C. P. *Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best?* [online]. European Respiratory Journal. 2004-05-01, vol. 23, issue 5, s. 708-713 [cit. 2014-03-26]. DOI: 10.1183/09031936.04.00136104.
- ŽURKOVÁ, P.; SHUDEIWA A.; *Vyšetření funkce plic a respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním* [online]. Neurologia pre prax. 2012, roč. 13, č. 6, s. 344-348 [cit. 2014-03-26]. ISSN 1335-9592.
- ZAPLETAL, A. et al. *Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých.* Martin: Osveta, 1985, 450 s, ISBN 70-067-84.

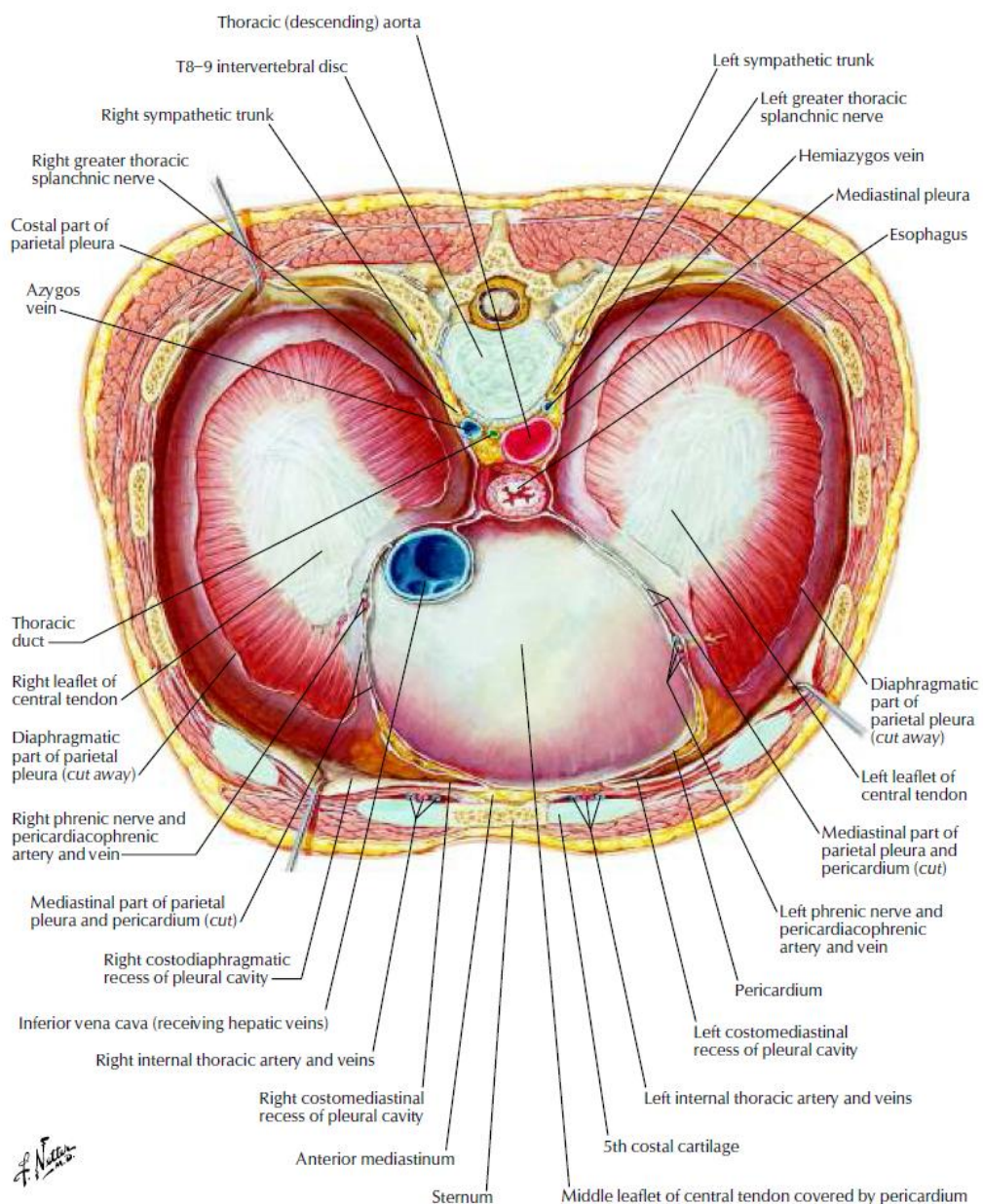
Seznam příloh

Příloha č. 1: Bránice, pohled zespodu (obrázek).....	52
Příloha č. 2: Bránice pohled seshora (obrázek).....	53
Příloha č. 3: Bránice, pohled z boku (obrázek).....	54
Příloha č. 4: Hrudní stěna, pohled zepředu (obrázek).....	55
Příloha č. 5: Topografie plic, přední pohled (obrázek).....	56
Příloha č. 6: Topografie plic, zadní pohled (obrázek).....	57
Příloha č. 7: Svaly zad- povrchová vrstva (obrázek).....	58
Příloha č. 8: Svaly zad- střední vrstva (obrázek)... ..	59
Příloha č. 9: Svaly zad- hluboká vrstva (obrázek)	60
Příloha. č. 10: Spirogram (obrázek).....	61
Příloha. č. 11: Plicní objemy (obrázek).....	61
Příloha. č. 12: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury (a z recentní studie) pro dospívající (tabulka).....	62
Příloha. č. 13: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury pro dospívající- Doménech (tabulka).....	62
Příloha. č. 14: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury pro dospívající- Matecki (tabulka).....	63

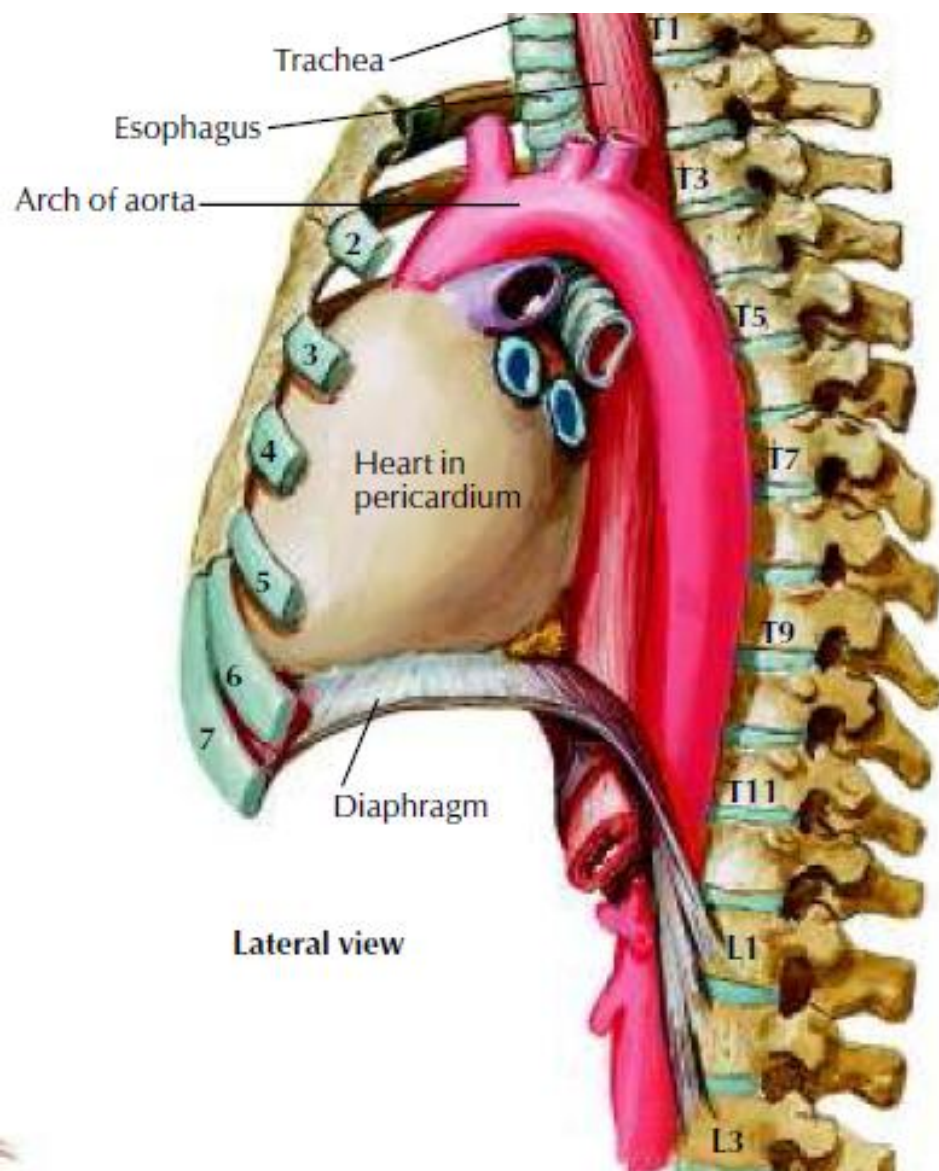
Příloha č. 1: Bránice, pohled zespodu (Netter, 2010, s. 189)



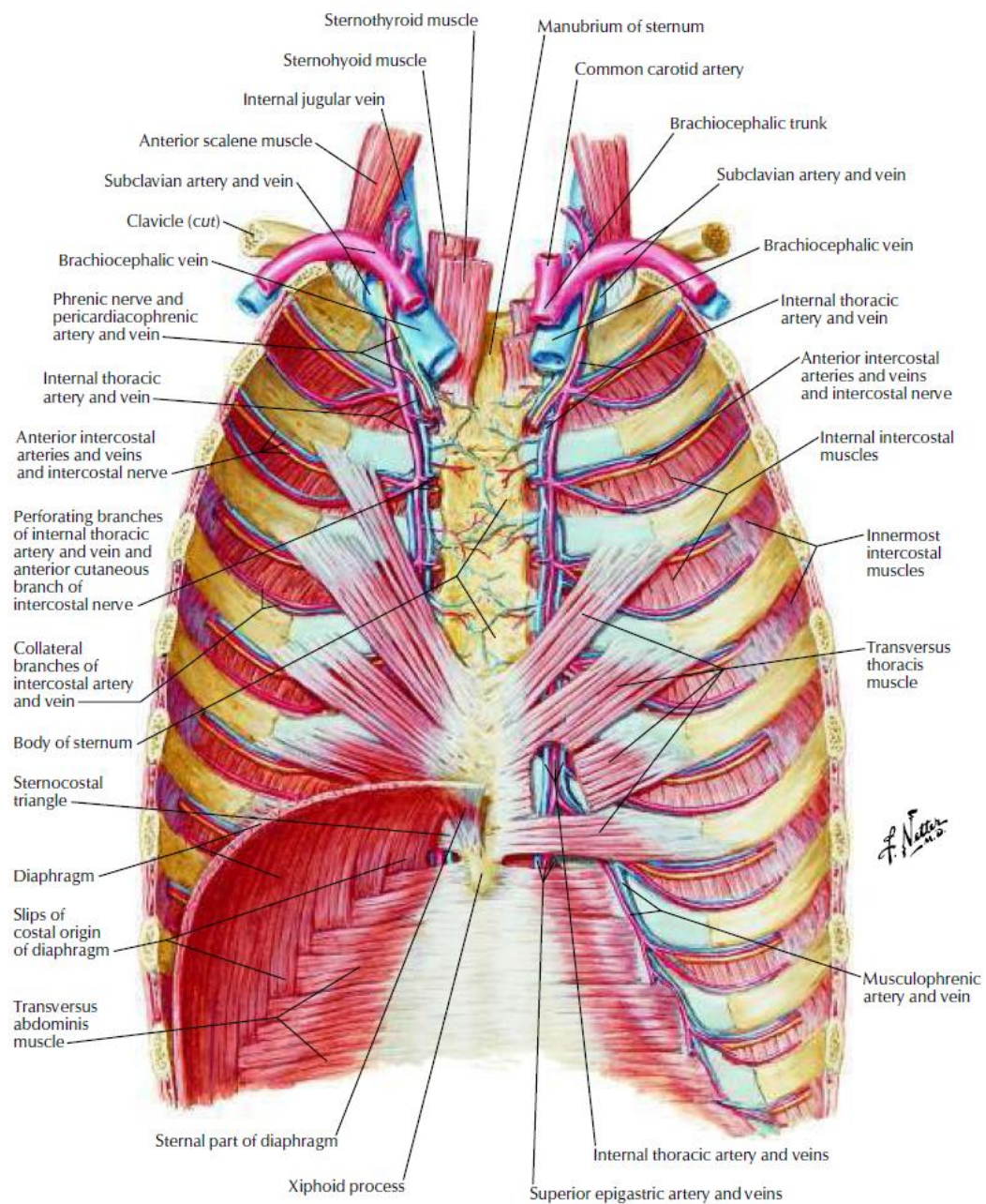
Příloha č. 2:: Bránice, pohled seshora (Netter, 2010, s. 188)



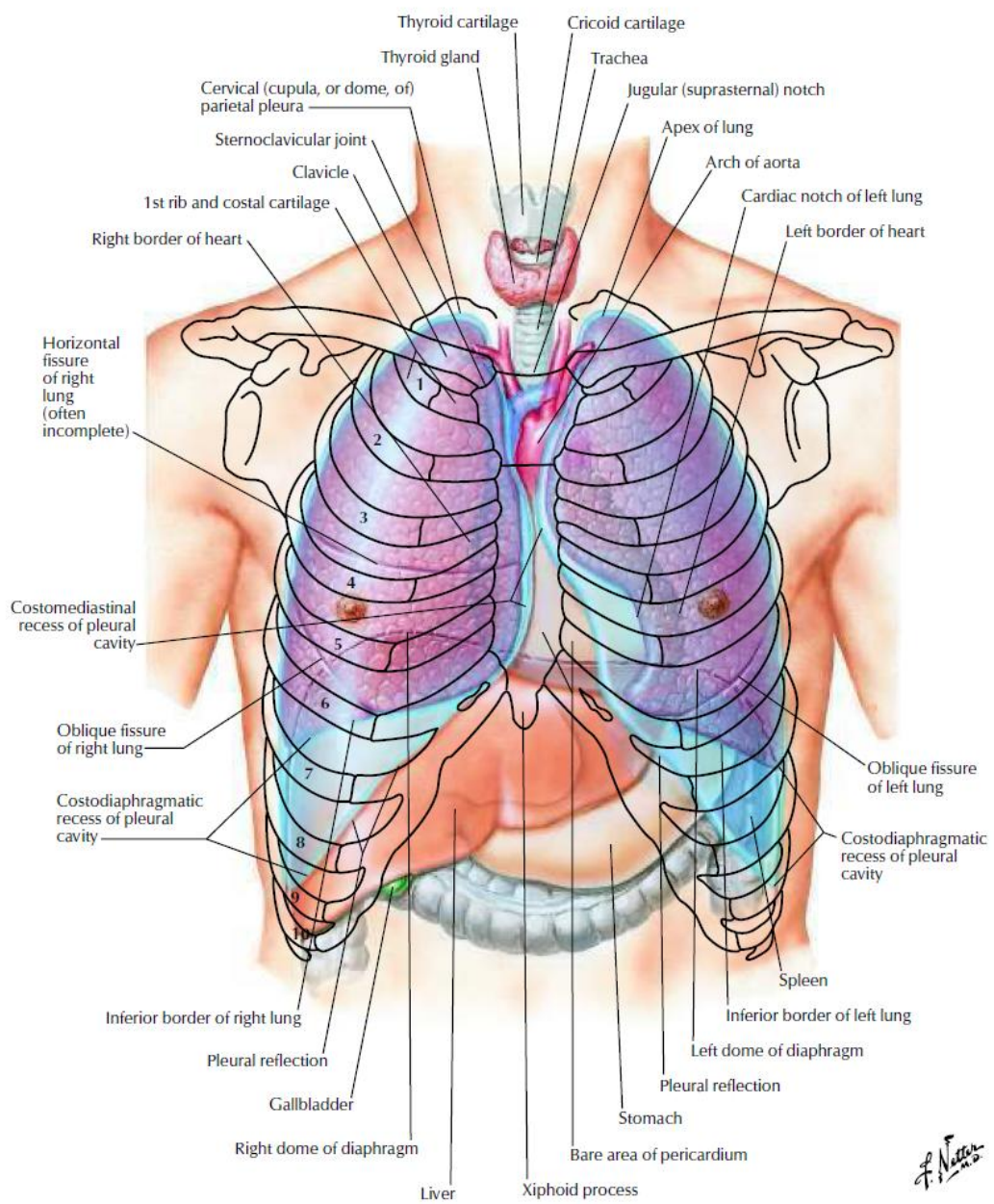
Příloha č. 3: Bránice, pohled z boku (Netter, 2010, s. 227)



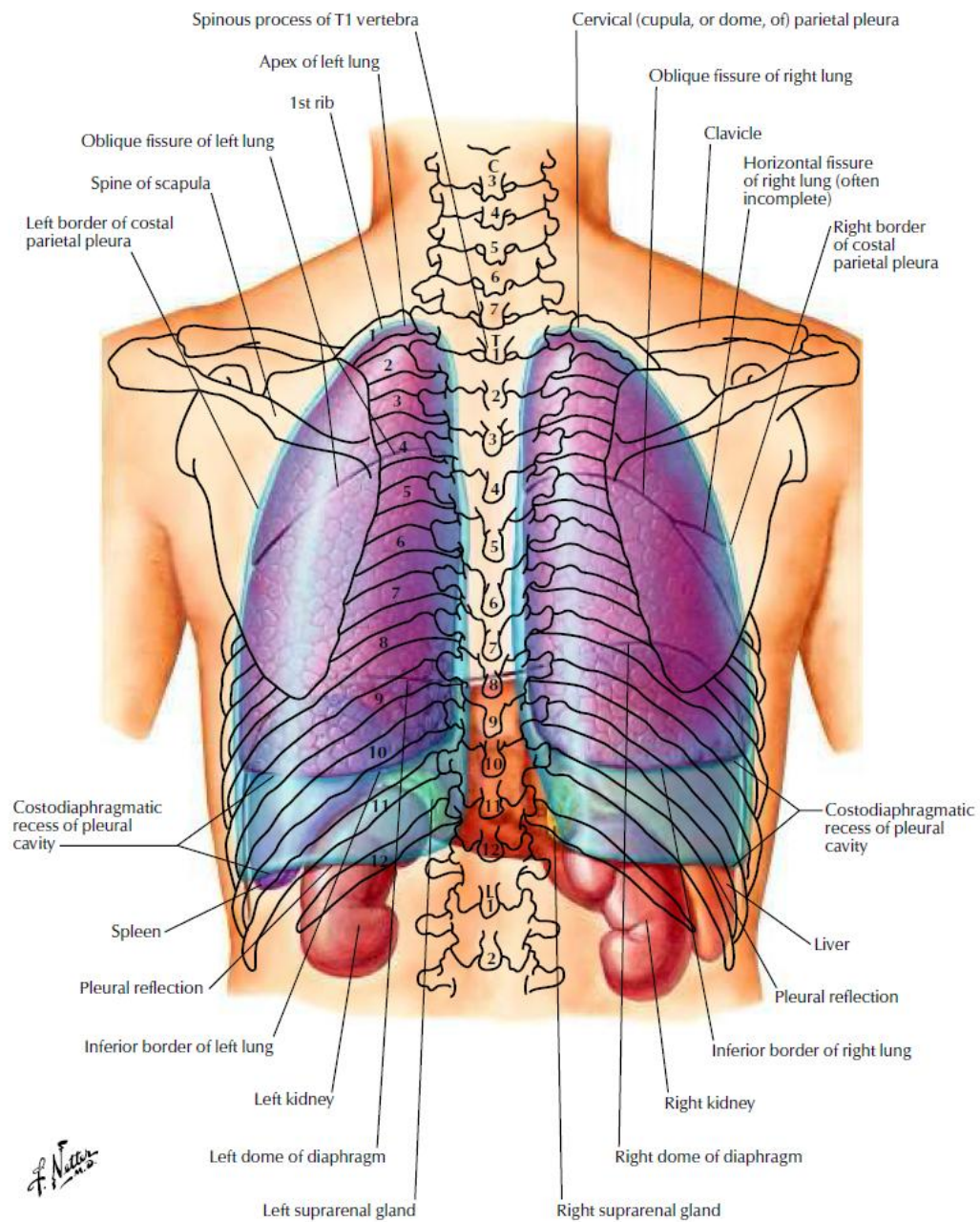
Příloha č. 4: Hrudní stěna, pohled zepředu (Netter, 2010, s. 184)



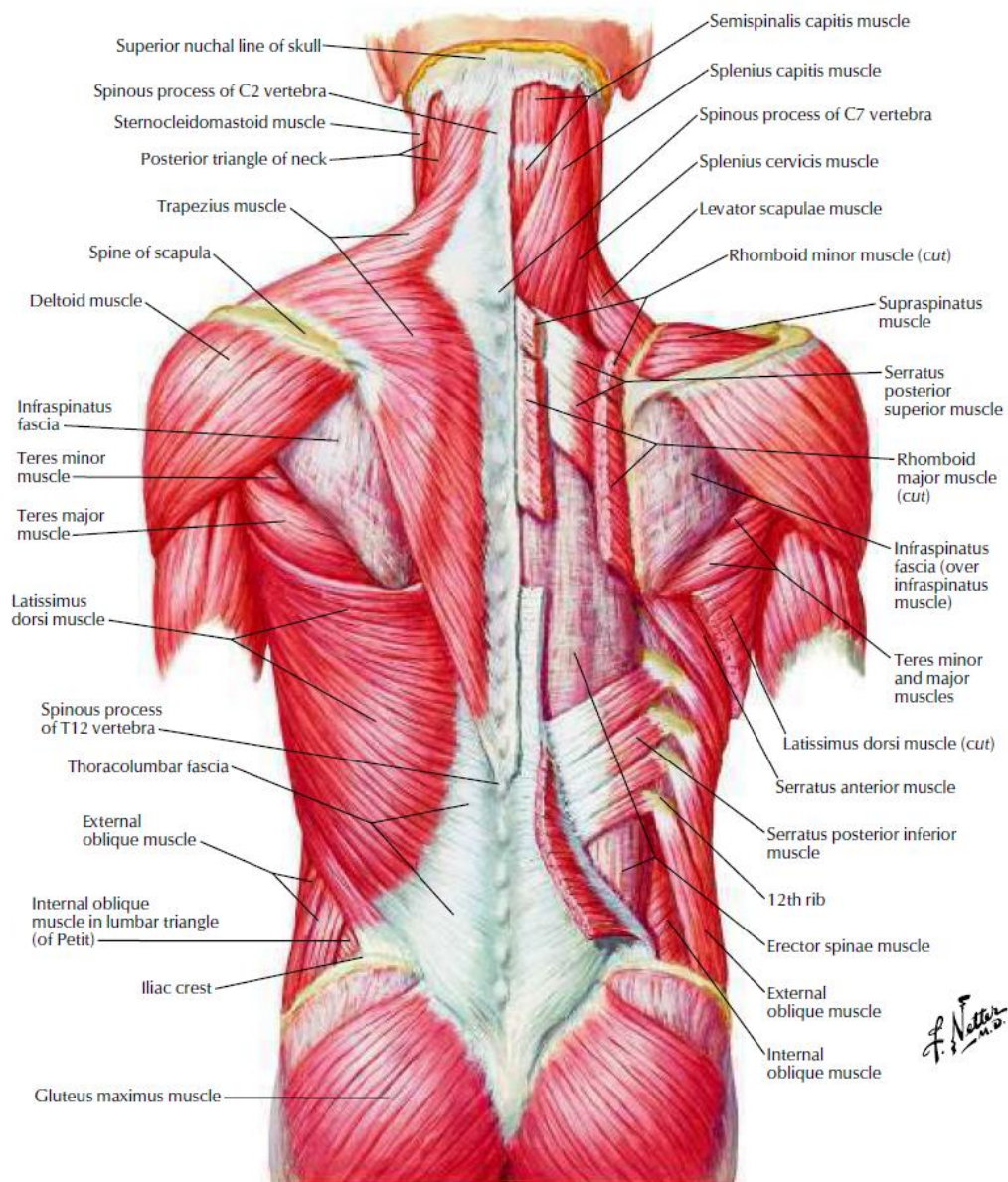
Příloha č. 5: Topografie plic, přední pohled (Netter, 2010, s. 190).



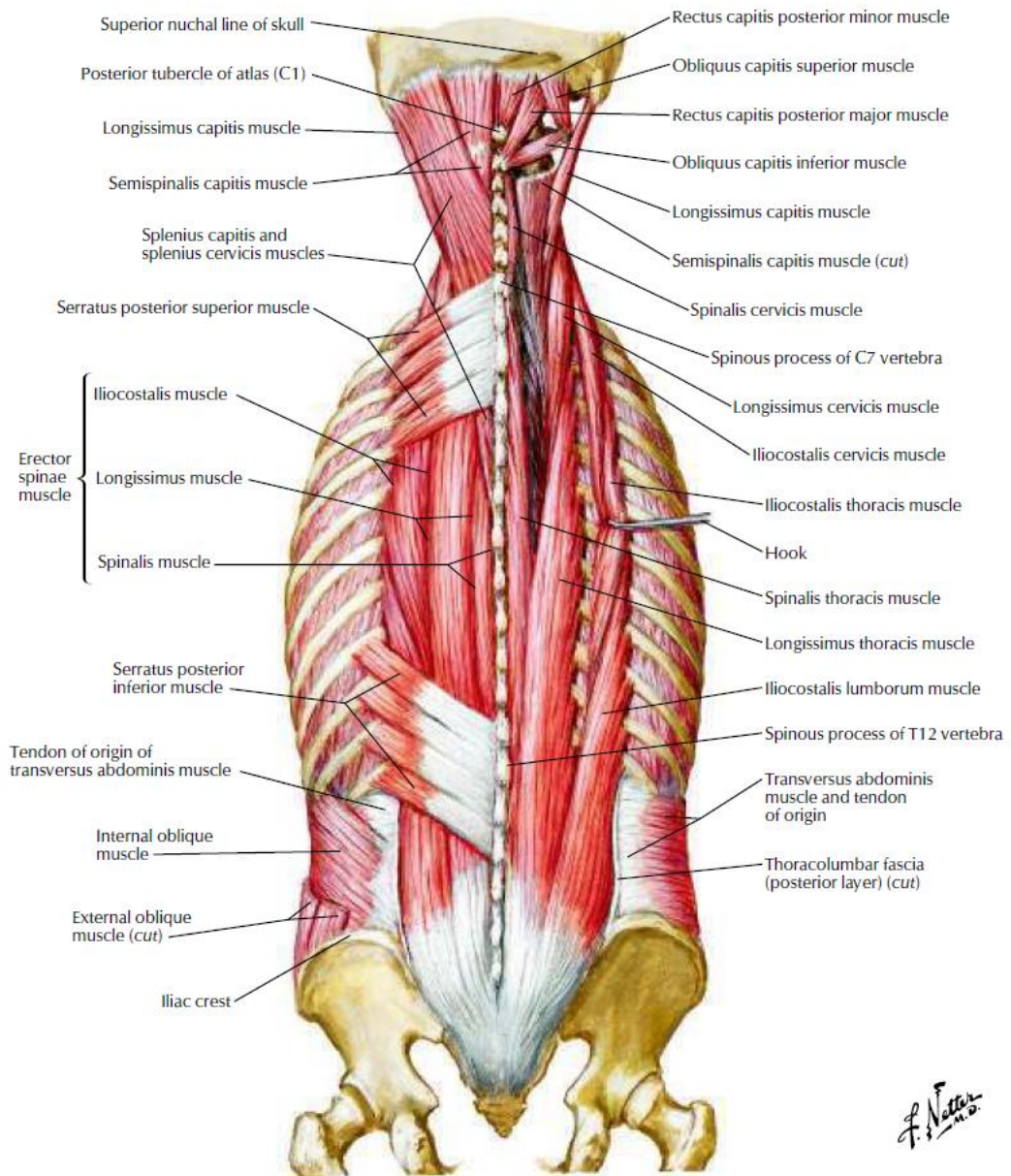
Příloha č. 6: Topografie plic, zadní pohled (Netter, 2010, s. 191)



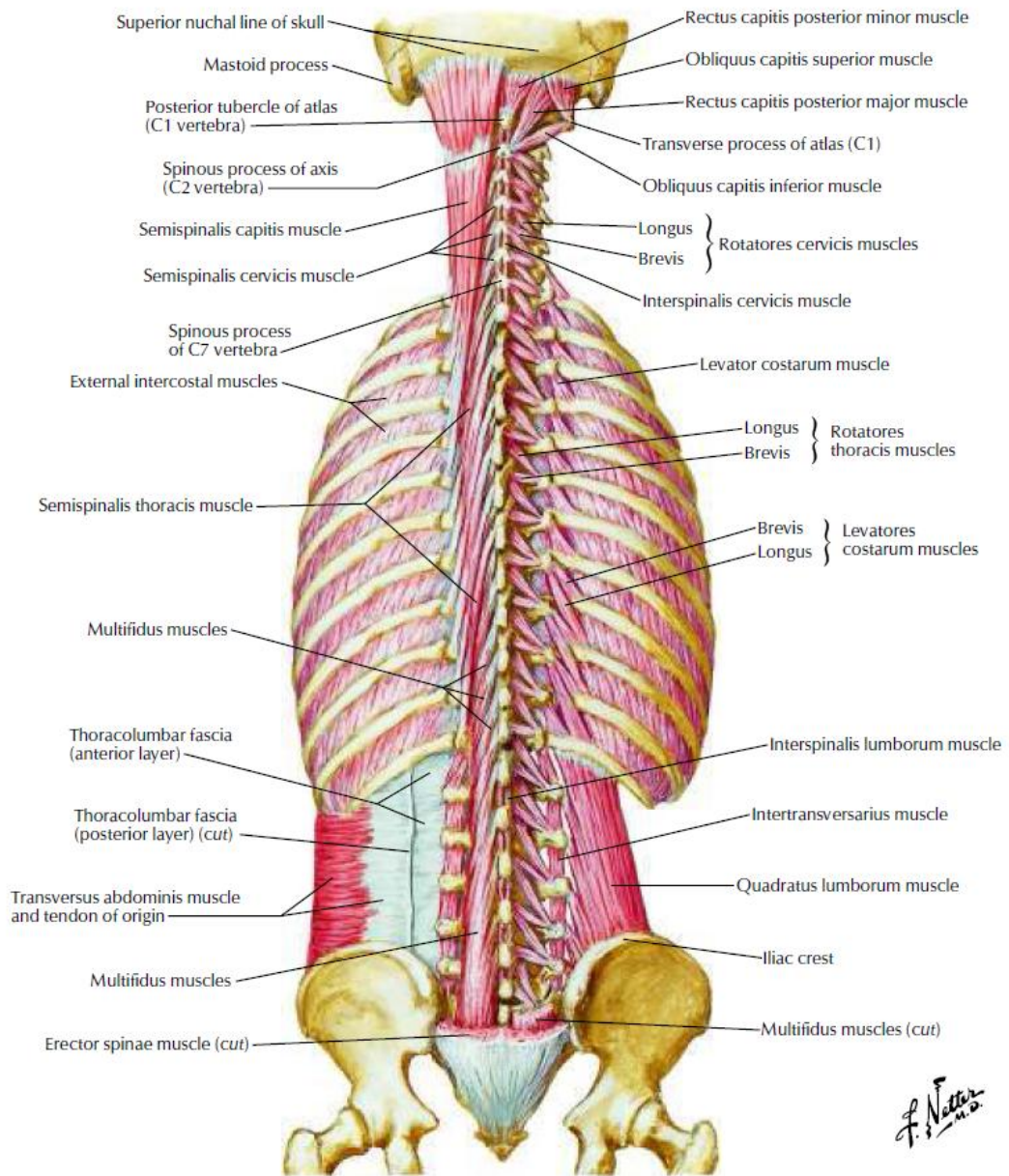
Příloha č. 7: Svaly zad- povrchová vrstva (Netter, 2010, s. 168)



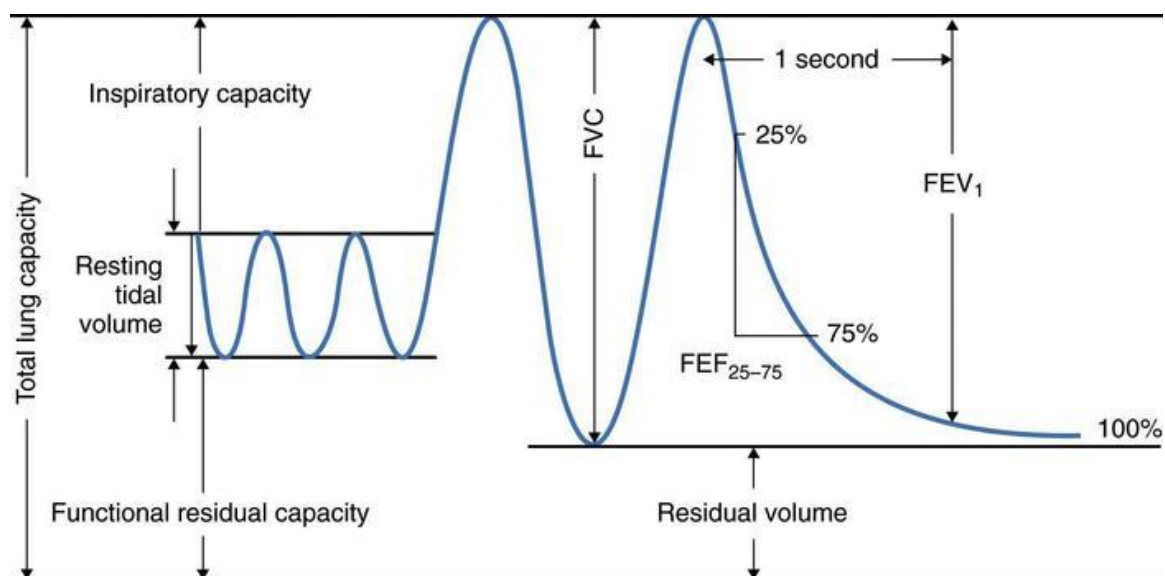
Příloha č. 8: Svaly zad- střední vrstva (Netter, 2010, s. 169)



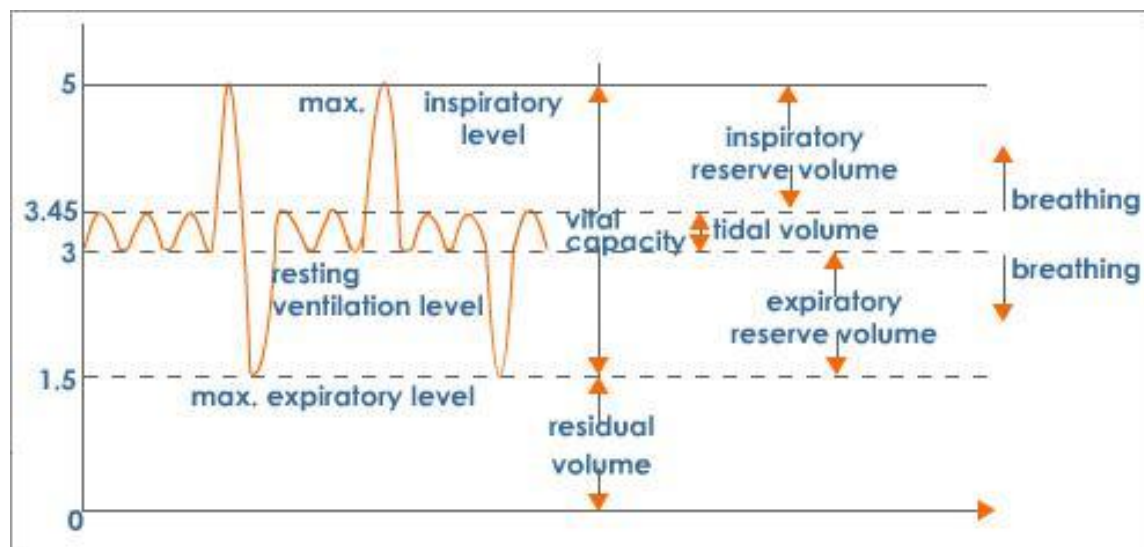
Příloha č. 9: Svaly zad- hluboká vrstva (Netter, 2010, s. 170)



Příloha. č. 10: Spirogram



Příloha. č. 11: Plicní objemy



Příloha. č. 12: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury (a z recentní studie) pro dospívající (bělošská populace)*

zdroj	rok	pohlaví	věk	počet probandů	celkový počet prob.	P _i _{max} (cm H ₂ O)	P _e _{max} (cm H ₂ O)
Wilson a Cook	1984	chlapci	7-17	137	235	75.4±23	95.7±23
		dívky	7-17	98		63.1±21	80.3±21
Smyth et al	1984	chlapci	13-18	29	66	107±26	114±35
		dívky		37		76±25	86±22
Cox et al.	2012	chlapci	11.5±3.6	68	168	77.3±26.2	85.3±32.9
		dívky		100			
Recent study	2014	chlapci	16,97±0,54	41	79	9,81±2,69 (100,03 cm H ₂ O)	11,78±2,85 (120,12 cm H ₂ O)
		dívky	16,85±0,61	38		7,12±1,57** (72,6 cm H ₂ O)	8,20±2,1** (83,62 cm H ₂ O)

* Hodnoty jsou vyjádřeny prostřednictvím průměru ±SD

** Hodnoty jsou vyjádřené v kPa

Příloha č. 13: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury pro dospívající (bělošská populace)*

Zdroj:	Chlapci (n=185)			Dívky (n=207)		
Doménech-Clar (2003)						
věk	8–10 (n=73)	11–14 (n=62)	15–17 (n=50)	8–10 (n=71)	11–14 (n=94)	15–17 (n=42)
P _i _{max} (cm H ₂ O)	-79 (31)	-111 (31)	-129 (24)	-68 (24)	-89 (27)	-97 (24)
P _e _{max} (cm H ₂ O)	95 (34)	147 (34)	180 (43)	82 (29)	115 (33)	133 (35)

* Hodnoty P_i_{max} a P_e_{max} podle pohlaví a věku vyjádřené prostřednictvím průměru (SD).

Příloha. č. 14: Hodnoty pro respirační tlaky získané z literatury pro dospívající (bělošská populace)*

Zdroj: Matecki et al. (2003) , chlapci (N=44)									
rok	Skupina A (N=17)			Skupina B (N=15)			Skupina C(N=12)		
věk	11.2±0.05	12.2±0.05	13.2±0.05	12.9±0.07	13.9±0.08	14.9±0.07	14.9±0.08	15.9±0.07	16.9±0.07
P _i _{max} (cm H ₂ O)	69.9±5.3	81.0±6.1	96.3±6.0**	90.4±0.07	101.8±4.9	118.6±5.0**	104.5±5.5	114.7±4.8	121.2±6.6**
P _e _{max} (cm H ₂ O)	66.5±5.4	83.9±4.4	94.5±5.7**	86.7±3.5	102.9±6.6	107.6±5.4**	101.2±3.9	111.7±5.5	109.1±4.3**

* Hodnoty jsou vyjádřeny prostřednictvím průměru ±SEM

**P<0.05 mezi třetím a prvním rokem mezi jednotlivými skupinami.