

**Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky**

**Měření a analýza
digitálních spirometrických dat
u vybraných experimentálních skupin**

Diplomová práce

Bc. Jan Zdráhal

Studijní obor: Biologie - Zeměpis (Bi - Z)
Forma studia: Prezenční

Olomouc 2016

Vedoucí práce: RNDr. Ivana Fellnerová, Ph.D.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Bc. Jan Zdráhal
Název práce	Měření a analýza digitálních spirometrických dat u vybraných experimentálních skupin
Typ práce	Diplomová
Pracoviště	Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
Vedoucí práce	RNDr. Ivana Fellnerová, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2016
Abstrakt	<p>Teoretická část DP byla zaměřena na popis anatomie a fyziologie dýchací soustavy člověka, představení spirometrie jako základní metody funkčního vyšetření plic, stručné seznámení s patologií (restrikční a obstrukční poruchy dýchací soustavy). V praktické části DP bylo provedeno spirometrické vyšetření u 47 probandů narozených v letech 1999-2003 (žákyň 6. - 9. třídy ZŠ) a získaná data srovnána s literaturou. Součástí DP je i didaktická část – návrh použití spirometru ve výuce, rozbor učiva a pracovní listy pro ZŠ a SŠ.</p>
Klíčová slova	dýchací soustava, spirometrie, vitální kapacita plic
Počet stran	79
Počet příloh	4
Jazyk	Český

Bibliographical identification

Author's first name and surname	Bc. Jan Zdráhal
Title of thesis	Measurement and analysis of digital spirometric data of selected experimental groups
Type of thesis	Master
Department	Department of Zoology, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc
Supervisor	Dr. Ivana Fellnerová, Ph.D.
The year of presentation	2016
Abstract	The theoretical part of the thesis focused on the anatomy and physiology of the human lung, spirometry as the basic method of lung function tests, and a brief introduction to pathology (restrictive and obstructive respiratory disorders). In the practical part of the thesis spirometry research was performed on 47 probands born in 1999-2003 (schoolgirls attending sixth to ninth class of primary school) and the data compared with literature. Thesis includes also a didactic part – proposal of spirometer utilization in education, curriculum analysis and worksheets for elementary and secondary schools.
Keywords	respiratory system, spirometry, vital lung capacity
Number of pages	79
Number of appendices	4
Language	Czech

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jen prameny uvedené v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne

.....

Bc. Jan Zdráhal

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svým rodičům, kteří mě podporovali nejen při psaní této práce, ale i během celého studia. Poděkování patří i sourozencům, kteří doma pomáhali vytvořit vhodné pracovní podmínky pro tvorbu této práce. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni, která mě podporovala a pomohla mi přenést se přes překážky spojené s touto prací. Poděkování patří i Základní škole Milady Petřkové Velký Týnec, jejíž vedení mi umožnilo provést veškerá měření. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své vedoucí diplomové práce paní RNDr. Ivaně Fellnerové, Ph.D., která byla neocenitelným zdrojem informací, zkušeností a rad, a bez jejíž trpělivosti by tato práce jen těžko dospěla až do zdárného konce.

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíle práce	9
3. Teoretická část	10
3.1. Základní anatomie a fyziologie dýchací soustavy člověka.....	10
3.1.1. Anatomie dýchací soustavy.....	10
3.1.2. Fyziologie dýchání.....	11
3.1.2.1. Ventilace plic.....	11
3.1.2.2. Výměna a transport dýchacích plynů.....	12
3.1.2.3. Mechanika dýchání.....	12
3.2. Funkční vyšetření plic.....	14
3.2.1. Dechové parametry.....	15
3.2.1.1. Statické dechové objemy.....	15
3.2.1.2. Dynamické dechové objemy.....	16
3.2.2. Spirometrie.....	17
3.3. Základní patologie dýchací soustavy člověka.....	19
3.3.1. Obstrukční ventilační poruchy.....	19
3.3.2. Restrikční ventilační poruchy.....	19
3.4. Přehled základních onemocnění dýchací soustavy.....	20
3.4.1. Bronchiální astma.....	20
3.4.2. Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN).....	20
3.4.3. Chronická bronchitida.....	21
3.4.4. Plicní emfyzém.....	21
4. Praktická část	22
4.1. Výzkumný soubor.....	22
4.2. Spirometr Vitalograph 2120.....	24
4.2.1 Princip spirometru.....	24
4.3. Spirometrická vyšetření a zpracování protokolu o měření.....	26
4.3.1. Vybavení a materiál.....	26
4.3.2. Prostory.....	26
4.3.3. Průběh vyšetření.....	26
4.3.3.1. Test SVC.....	27
4.3.3.2. Test FVC.....	28
4.4. Metodika zpracování výsledků.....	29

5. Návrh využití spirometru ve výuce dýchací soustavy člověka na ZŠ a SŠ	31
5.1. Využití spirometru na základní škole	32
5.1.1. Didaktická analýza laboratorního cvičení na téma vitální kapacita plic	32
5.1.2. Návrh pracovního listu k laboratornímu cvičení na téma vitální kapacita plic	37
5.2. Využití spirometru na střední škole	40
5.2.1. Didaktická analýza laboratorního cvičení na téma vitální kapacita plic	40
5.2.2. Návrh pracovního listu k laboratornímu cvičení na téma vitální kapacita plic	44
6. Výsledky	47
6.1. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v letech 1999 a 2000	47
6.2. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2001	48
6.3. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2002	49
6.4. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2003	50
6.5. Porovnání výsledků testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám mezi jednotlivými soubory probandů	51
6.6. Výsledky parametrů VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v testech probandů vztažené k náležitým hodnotám	52
6.7. Srovnání výsledků probandů s náležitými hodnotami pro FVC a FEV1	55
7. Diskuze	56
8. Závěr	61
9. Literatura	62
10. Přílohy	67
Příloha 1: Informovaný souhlas zákonného zástupce žáka	67
Příloha 2: Vstupní dotazník	68
Příloha 3: Návod k spirometru Vitalograph 2120	69
Příloha 4: Podrobné výsledky měření spirometrických testů	74
Seznam a zdroje obrázků	76
Seznam a zdroje tabulek	77
Seznam zkratk.....	79

1. Úvod

Spirometrie se řadí mezi základní funkční vyšetření plic. Jedná se o vyšetřovací techniku sloužící k diagnostice onemocnění dýchací soustavy, sledování těchto onemocnění, k posuzování efektu léčby a je využívána i jako předoperační vyšetření. Spirometrie se využívá i při zátěžových testech sportovců nebo při porovnávání vlivu různých sportů na plicní funkce (Durmich *et al.*, 2015). S pomocí spirometrie lze včas odhalit u pacientů chronické obstrukční plicní choroby, které dnes představují podle Fišerové *et al.* (2003) pátou nejčastější příčinu úmrtí v současné společnosti.

Spirometrická vyšetření se využívají stále častěji, neboť počet respiračních onemocnění v hospodářsky vyspělých zemích se stále zvyšuje. Například astma bylo diagnostikováno v různých zemích u 0 - 18 % populace. Musil (2012) uvádí, že v České republice má tuto diagnózu 8 % populace. V USA má toto onemocnění přibližně 7 % populace, přičemž celou čtvrtinu nemocných tvoří děti (CIA, 2016; NAEPP, 2007).

Ve své diplomové práci se věnuji využití spirometru Vitalograph 2120 při měření spirometrických dat u dívek narozených v letech 1999 – 2003 a jejich následné analýze. Součástí práce jsou návrhy pracovních listů na praktická cvičení s využitím spirometru v hodinách přírodopisu či biologie na základních a středních školách.

2. Cíle práce

Cíli diplomové práce bylo shrnutí základní anatomie a fyziologie dýchací soustavy člověka a představení spirometrie jako metody funkčního vyšetření plic, vytvoření metodiky a práce se spirometrem Vitalograph 2120 u vybrané skupiny probandů, zpracování výsledků měření spirometrie u dívek narozených v letech 1999 – 2003 a porovnání s literaturou. Doplňkovým cílem bylo navržení pracovních listů pro didaktické využití spirometru na základních a středních školách.

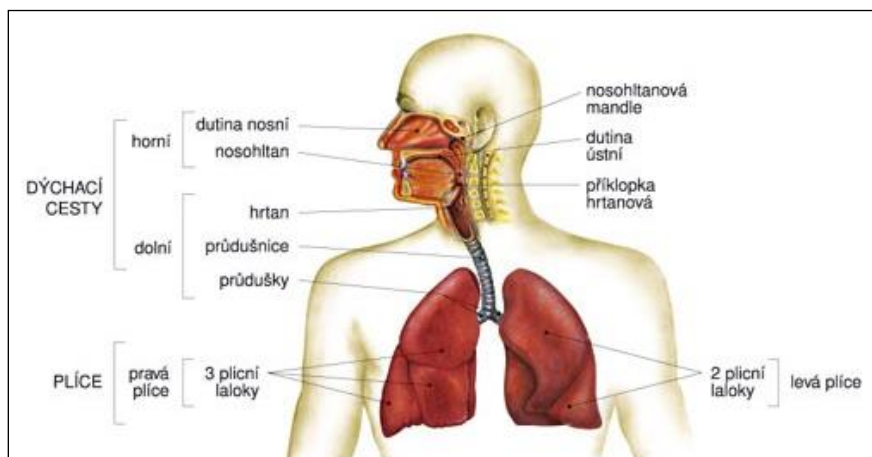
3. Teoretická část

3.1. Základní anatomie a fyziologie dýchací soustavy člověka

Dýchací soustava zprostředkovává výměnu plynů mezi organismem a vnějším prostředím (Jelínek *et* Zicháček, 2004). Úloha této soustavy je nezastupitelná, protože patří do systému mozek, srdce, plíce. Nečinnost jedné části této trojice vede ke smrti. Kyslík je nezbytnou součástí látkové výměny v organismu a je potřebný jeho neustálý přísun. Kyslík se spotřebovává v tkáních, kde chemickými procesy vzniká oxid uhličitý a voda, které jsou následně z organismu odstraňovány. Dýchání lze z funkčního hlediska rozdělit na systém zabezpečující transport vzduchu do plicních sklípků (zevní dýchání, ventilace) a systém krevní, který obstarává transport plynů mezi plicními sklípků a tkáněmi (vnitřní dýchání, tkáňové dýchání). Dýchací plyny jsou od povrchu plic ke tkáním rozváděny krví, do tkání směřuje především kyslík a z tkání je odváděn oxid uhličitý a voda. Transport plynů je tedy oboustranný (Dylevský, 2013; Kandus, 2001).

3.1.1. Anatomie dýchací soustavy

Dýchací soustava člověka (obr. 1) je tvořena z orgánů, které zajišťují výměnu plynů mezi vnějším prostředím a krevním řečištěm. Mezi tyto orgány patří orgány dýchacích cest a plíce. Dýchací cesty se dále rozdělují na horní cesty dýchací, skládající se z dutiny nosní a hltanu, a dolní cesty dýchací, zahrnující hrtan, průdušnici a průdušky, které se zanořují do plic a mnohonásobně se větví v průdušinky neboli tzv. bronchioly končící v plicních sklípcích (Novotný *et* Hruška, 1995).



Obr. 1: Anatomie dýchací soustavy člověka (upraveno dle STIEFEL Eurocart, s.r.o, 2015).

3.1.2. Fyziologie dýchání

Organismy ke svému přežití potřebují dostatečný přísun energie, která je nezbytná pro zajištění transportu látek přes membrány, k pohybu, pro syntézu vlastních látek a k produkci tepla. Tato energie je zakonzervována ve formě tuků, cukrů a aminokyselin. Z těchto látek získává organismus chemickou energii, při které se spotřebovává kyslík a vzniká oxid uhličitý, který se uvolňuje do okolí (Trojan, 1996).

3.1.2.1. Ventilace plic

Výměna vzduchu mezi plicními alveolami a okolní atmosférou je zajištěna plicní ventilací. Vzduch vstupuje do dýchacích cest dutinou nosní, pokračuje přes hltan (*pharynx*) do hrtanu (*larynx*). Dále proudí do průdušnice, průdušek, průdušinek a končí v plicních sklípcích (alveolách) (obr. 1). Protože je dutina nosní spojená s dutinou ústní, je možné vdechovat vzduch i ústy, což bývá většinou v případě ucpaného nosu při rýmě nebo při zvýšené fyzické námaze (Slavíková et Švíglerová, 2012).

Aby se vzduch dostal skrze dýchací cesty až do plic k alveolám, je nutné se nadechnout, což je umožněno dýchacími (inspiračními) svaly. Tyto svaly patří do jednoho komplexu společně se svaly expiračními, protože jsou funkčně propojeny. Činnost dýchacích svalů je dokonale koordinována tak, aby bylo možné neustále tělu dodávat kyslík a odvádět oxid uhličitý. Bránice (*musculus diaphragma*) je nejdůležitějším dýchacím svalem, jehož dlouhá vlákna nasedají na přední žebra a na horní okraje pánve. Dalšími dýchacími svaly jsou *mm. intercostales parasternales* a *mm. scaleni*. Při tělesné námaze a při zvětšených dechových objemech se aktivují i tzv. pomocné dýchací svaly *mm. intercostales externi* a *mm. sternocleidomastoidei*. Mezi pomocné dýchací svaly je možné zařadit i *m. pectoralis minor*, *m. latissimus dorsi* a *m. trapezius*, které mají hlavně funkci posturální, tj. udržování páteře a hlavy ve vzpřímeném postavení. Svaly jazyka, ústního patra a hrtanu, jakožto svaly horních cest dýchacích, udržují po dobu nádechu otevřené dýchací cesty a umožňují tak plynulý průchod vzduchu (Paleček, 1999; Smolíková et Macháček, 2010).

3.1.2.2. Výměna a transport dýchacích plynů

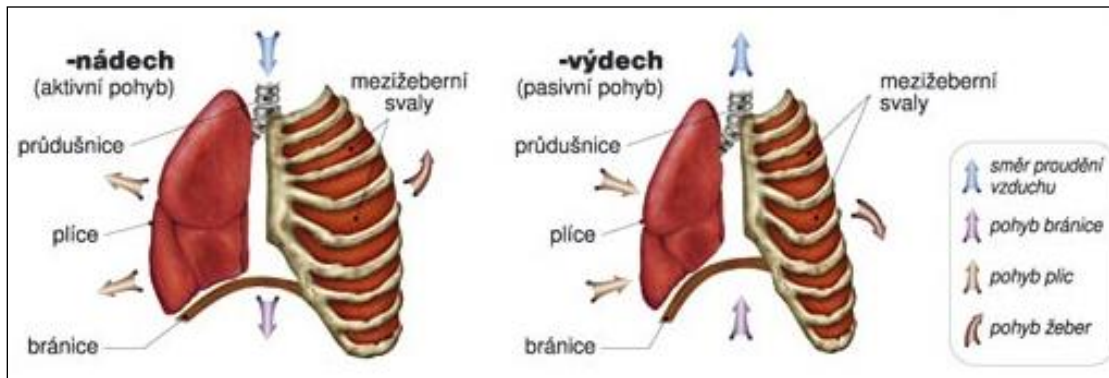
V plicích člověka se nachází přibližně 300 milionů alveol, jsou to váčky s tenkou stěnou, které mají průměr okolo 0,3 mm. Alveoly zakončují větvení bronchiálního stromu. Jsou v těsném kontaktu s hustou sítí plicních kapilár (Silbernagl *et* Despopoulos, 2004).

Celková plocha, na které dochází k výměně dýchacích plynů (kyslík a oxid uhličitý), je 80 m². Jinak řečeno, tento údaj vyjadřuje, jak velký je povrch plicních alveol, na kterém dochází k difúzi dýchacích plynů. Difúze je pasivní děj, kdy plyn z oblasti s vyšší koncentrací difunduje do oblasti s nižší koncentrací. Tento proces probíhá na sklípkové – kapilární membráně, která se skládá ze dvou tenkých vrstev, a to z kapilárního endotelu a alveolárního epitelu. Není energeticky náročný, je však pomalý, a proto je potřebná velká plocha (Schmidt, 1993).

3.1.2.3. Mechanika dýchání

Mechanikou dýchání (obr. 2) se rozumí biomechanický pohyb kostěných struktur hrudního koše, čili žeber a hrudní kosti, pohyb tkáně plic, bránice a hrudní stěny a práce dalších dýchacích svalů. Hrudní koš se při nádechu roztahuje do všech směrů. Tím, že se bránice smrští, dojde k vyklenutí hrudníku a zvětší se objem hrudní dutiny. Bránice pracuje na principu pístu, který je v těle uložen na rozhraní mezi hrudní a břišní dutinou (Zatloukal, 2011).

Avšak pouhým stahem dýchacích svalů nedojde k roztažení plic a vdechu. Každá plíce je uložena ve zcela uzavřené dutině – pohrudnicová dutina (*cavitas pleurae*). Vnější stěna této dutiny je tvořena pohrudnicí (*pleura parietalis*), vnitřní stěna se nazývá poplicnice (*pleura pulmonalis*). V této dutině je podtlak způsobující, že plíce, ve kterých je atmosférický tlak, se díky své pružnosti rozpínají do zvětšujícího se prostoru pohrudnicové dutiny při vdechu. Zvětšením objemu hrudníku se tedy do plic nasává vzduch, tzn., že dojde ke vdechu (inspirum). Vdech je tedy aktivní děj, který je podmíněn činností dýchacích svalů. Jakmile se vzduch dostane k alveolám, dojde k výměně plynů mezi alveolami a krví. Do krve se dostává kyslík a z krve je odváděn oxid uhličitý. Poté následuje výdech (expirum), což je na rozdíl od vdechu pasivní děj, kdy je uplatněna především pružnost plic a hrudní stěny a samotná hmotnost hrudníku, díky kterým dochází k vydechnutí vzduchu do okolí. Výdechové svaly, které jsou využity až v závěru pasivní expirace a při usilovném výdechu, jsou především svaly břišní a vnitřní mezižeberní (Dylevský, 2013).



Obr. 2: Mechanika nádechu a výdechu (upraveno dle STIEFEL Eurocart, s.r.o, 2015).

3.2. Funkční vyšetření plic

K diagnostice a ke sledování poruch dýchacích funkcí slouží různé metody funkčního vyšetření plic, které lze rozdělit do tří skupin na základní, rozšířené a speciální metody. Jednotlivé metody se liší informační hodnotou, specificitou, citlivostí a dostupností (tabulka 1).

Tab. 1: Metody funkčního vyšetření plic (upraveno podle Fišerová, 2001; Kandus, 2001).

Základní	Měření vrcholového výdechového průtoku, spirometrie, smyčka průtok-objem, maximální minutová ventilace, bronchodilatační testy.
Rozšířené	Nepřímo měřitelné statické plicní objemy, odpor dýchacích cest, difúzní kapacita plic, bronchokonstrikční testy, pulzní oxymetrie, elastické vlastnosti plic, spirometrická ergometrie.
Speciální	Plicní cirkulace, distribuce ventilace, vyšetření u nespolupracujících pacientů, vyšetření ve spánkové laboratoři – polysomnografie, inspirační průtok.

Základní metody funkčního vyšetření plic může provádět praktický lékař. Rozšířené metody aplikují ambulantní alergologové a pneumologové nebo lékaři tělovýchovného lékařství. Speciální metody jsou využívány v plicních laboratořích nebo na odděleních funkční diagnostiky. Všemi těmito metodami lze ověřit funkčnost celého respiračního systému (dýchací cesty, plíce, dýchací svaly), výhodou je však to, že lze hodnotit i jednotlivé složky dýchacího systému zvlášť. Vyšetření se využívá při stanovení diagnózy nebo při prognóze onemocnění, dále je možné monitorovat průběh léčby. Vyšetření je aplikováno také při zjišťování předoperačního stavu pacienta. Nezbytný je fakt, že funkční vyšetření může provádět pouze zaškolený personál a musí být dodržovány standardizované postupy. Všechna vyšetření vyžadují spolupráci pacienta. Jestliže pacient nespolupracuje, výsledky nelze hodnotit. Vyšetření se neprovádí, pokud je pacient v těžkém zdravotním stavu (poruchy vědomí, tlumivý vliv medikace, nebo jiné důvody neschopnosti spolupracovat). Prakticky je možné funkční vyšetření provést u pětiletých dětí. Horní hranice není nikterak omezena, vyšetřováni jsou sedmdesátiletí pacienti i starší, záleží na možnostech pacienta spolupracovat. Hodnocení naměřených hodnot se provádí porovnáním s hodnotami náležitými, to jsou takové hodnoty, kterých by měl pacient dosahovat vzhledem k jeho pohlaví, věku, výšce a váze (Fišerová, 2001; Kolář, 2009; Palatka, 2006).

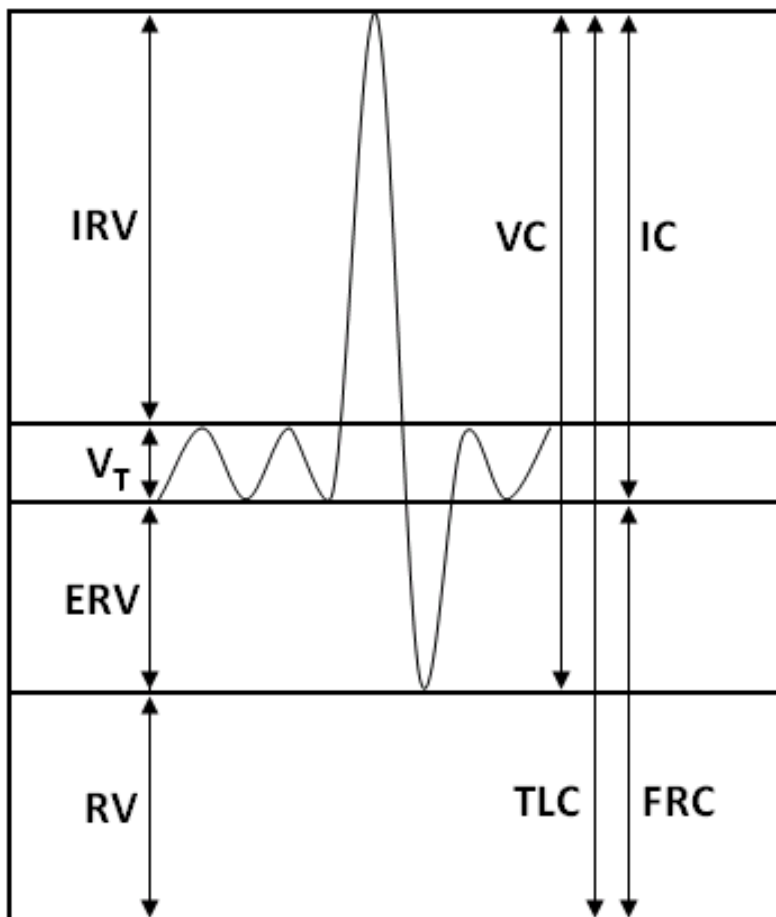
3.2.1. Dechové parametry

3.2.1.1. Statické dechové objemy

V klidu při normálním nádechu (inspiraci) je vdechnuto okolo 0,5 l vzduchu. Tento objem vzduchu se nazývá dechový objem V_T . Po využití maximálního úsilí je ještě možné vdechnout přibližně další 3 l vzduchu - inspirační rezervní objem (IRV). Expirační rezervní objem (ERV) je objem vzduchu, který je možno vydechnout po normálním výdechu, zpravidla to bývá 1,5 – 1,7 l. Nejčastěji jsou tyto rezervní objemy vzduchu využity v případech, kdy už normální dechové objemy nestačí pro potřebnou výměnu plynů, což nastává např. v případě zvýšené tělesné námahy. Součet všech těchto jednotlivých objemů se označuje jako vitální kapacita plic (VC), někdy též pomalá vitální kapacita (SVC). Po maximálním výdechu zbývá v plicích ještě asi 1,3 l vzduchu, tj. reziduální objem (RV). Součet VC a RV se označuje jako celková (totální) kapacita plic (TLC) (Quanjer *et al.*, 1993; Silbernagl *et Despopoulos*, 2004). Součet objemů V_T a IRV se nazývá inspirační kapacita (IC), která představuje objem vzduchu, který může být vdechnut po normálním výdechu. Pojem funkční reziduální kapacita (FRC) je myšlen objem vzduchu, který je v plicích obsažen v případě normálního výdechu, tedy součet ERV a RV (obr. 3). K výměně dýchacích plynů dochází jen v alveolách. Při normálním nádechu nepronikne vdechnutý vzduch ke všem alveolám, to znamená, že některé alveoly se neúčastní výměny plynů a nachází se v mrtvém prostoru. Ačkoli se ústní a nosní dutina, hrtan, průdušky a průdušnice podílejí na přívodu vzduchu, nepodílejí se už na výměně plynů, ta probíhá jen v alveolách. Proto tyto části dýchací soustavy označujeme jako anatomický mrtvý prostor. Ten zaujímá objem okolo 0,15 l vzduchu (Neder *et al.* 1999; Rusz *et al.*, 2011; Schmidt, 1993).

3.2.1.2. Dynamické dechové objemy

Vrcholový průtok vzduchu (PEF) je rychlost průtoku vzduchu při výdechu po maximálním nádechu. Tento údaj se měří po dobu prvních 100 ms usilovného výdechu, vyjadřuje se v l/s. Usilovná vitální kapacita (FVC) je objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout při maximálním usilovném výdechu. Objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1 s po maximálním nádechu se označuje jako vteřinová usilovná kapacita (FEV1). Tiffenaův index ($FEV1/VC$, $FEV1/FVC$) je usilovná vitální kapacita za 1 s vyjádřená v % VC nebo FVC. Jinak řečeno, poměr FEV1 k VC nebo FVC vyjádřený v %. DF je potom klidová dechová frekvence, čili počet dechů za 1 min. Minutová ventilace (MV) je součet klidových objemů při klidném dýchání za 1 min (Banasiak, 2014; Kandus, 2001; Pearce, 2011). Přehled dechových parametrů je zpracován v tabulce 2.



Obr. 3: Plicní objemy a kapacity.

TLC = celková kapacita plic, VC = vitální kapacita, RV = reziduální objem, IC = inspirační kapacita, FRC = funkční reziduální kapacita, IRV = inspirační rezervní objem, ERV = expirační rezervní objem, V_T = dechový objem.

Tab. 2: Přehled statistických a dynamických dechových objemů (upraveno podle Jat, 2013; Schmidt, 1993; Silbernagl et Despopoulos, 2004; Kandus, 2001).

Statické plicní objemy a kapacity	Zkratka	Výpočet	Jednotky
Dechový objem	V_T		l
Inspirační rezervní objem	IRV		l
Expirační rezervní objem	ERV		l
Vitální kapacita plic	VC	$VC = V_T + IRV + ERV$	l
Reziduální objem	RV		l
Inspirační kapacita	IC	$IC = V_T + IRV$	l
Funkční reziduální kapacita	FRC	$FRC = ERV + RV$	l
Celková kapacita plic	TLC	$TLC = RV + VC$	l
Dynamické plicní objemy a kapacity			
Vrcholný průtok vzduchu	PEF		l/s
Usilovná vitální kapacita	FVC		l
Vteřinová usilovná vitální kapacita	FEV1		l
Tiffenaův index	FEV1/VC FEV1/FVC	$(FEV1/VC) \cdot 100$ $(FEV1/FVC) \cdot 100$	%
Dechová frekvence	DF	V_T za 1 min	
Minutová ventilace	MV	ΣV_T za 1 min	l/min

3.2.2. Spirometrie

K základním funkčním vyšetřením plic patří spirometrie, která se stává velice důležitou vyšetřovací technikou, přihlédneme-li k tomu, že se neustále zvyšuje počet respiračních onemocnění. Využívá se zejména jako diagnostická a monitorovací metoda u pacientů s chronickými obstrukčními plicními chorobami. Spirometrie je základní neinvazivní vyšetření plic, které může při správné a kvalifikované interpretaci výsledků odhalit širokou škálu dýchacích potíží a onemocnění dýchací soustavy (Miller, 2005). Vyšetření spočívá v měření vydechovaného či vdechovaného množství vzduchu. Mohou být měřeny jak objemy, tak kapacity plicní ventilace. Je možné změřit statické i dynamické plicní parametry. Jedná se o neocenitelný test respiračního systému, který je možné srovnat s měřením krevního tlaku při zjišťování stavu kardiovaskulárního systému (Plachetka *et al.*, 1999). Spirometrie je velmi užitečným nástrojem v léčbě dětí s dýchacími potížemi, zvláště s astmatem, a je nezbytná pro diagnózu a poznání pacienta (tabulka 3). Získané spirometrické údaje nemocných dětí se při léčbě porovnávají s referenčními hodnotami, závisujícími na věku, pohlaví, výšce a váze a etnické příslušnosti (Alexandraki *et al.*, 2010).

Tab. 3: Přehled využití spirometrie (zpracováno podle Miller, 2005).

Diagnostikování	Hodnocení příznaků, známek nebo abnormálních laboratorních testů
	Měření účinku choroby na plicní funkce
	Sledování jedinců ohrožených plicní chorobou
	Posouzení předoperačních rizik
	Posouzení prognózy
	Posouzení zdravotního stavu před zahájením programu fyzicky náročných aktivit
Sledování	Posouzení terapeutické intervence
	Sledování průběh onemocnění ovlivňujících funkci plic
	Sledování jedinců vystavených újmě agentů
	Sledování nežádoucích účinků léků se známou plicní toxicitou
Hodnocení poruch a postižení	Hodnocení pacientů v rámci rehabilitačního programu
	Posouzení rizik jako součást hodnocení pojistného
	Posouzení jednotlivce z právních důvodů
Veřejné zdraví	Epidemiologické průzkumy
	Odvození referenčních rovnic
	Klinický výzkum

3.3. Základní patologie dýchací soustavy člověka

3.3.1. Obstrukční ventilační poruchy

Obstrukční ventilační porucha je definována jako snížení poměru FEV1 (vteřinová usilovná vitální kapacita plic) ku VC (vitální kapacita plic) nebo FVC (usilovná vitální kapacita plic) (Quanjer *et al.*, 1993).

Podle Kaňkové *et al.* (2009) obstrukční ventilační poruchy způsobují zúžení dýchacích cest, které vede ke zpomalení proudění vzduchu. Dochází tak ke snížení dynamických ventilačních parametrů, hlavně výdechových rychlostí a poměru mezi FEV1 a VC nebo FVC. Zdravý jedinec vydechne za 1 s 80 % a více své vitální kapacity plic, člověk s obstrukční ventilační poruchou potřebuje delší čas. Pro zdravého jedince tedy platí, že Tiffenaův index (FEV1/FVC) je vyšší jak 80 %, nemocný má tento index pod 80 %. Důsledkem obstrukčních ventilačních poruch jsou patologické změny, které vedou ke zvětšení reziduálního objemu (RV). To znamená, že v plicích po výdechu zůstává více vzduchu, jedná se o tzv. hyperinflaci plic. Dochází tak ke zvětšování mrtvého prostoru, což způsobuje snížení množství vydechovaného CO₂, který se hromadí v krvi, a vede k hyperkapnii. Hyperinflace může také napomoci rozvoji plicního emfyzému, o kterém je více v následující kapitole.

3.3.2. Restrikční ventilační poruchy

Restrikční ventilační poruchy způsobují zmenšení funkčního objemu plic. Tedy plochu, na které dochází k difúzi dýchacích plynů. Následkem toho se zmenšují dýchací objemy. Dostatečný příjem kyslíku je pak zajišťován zvýšením dechové frekvence (dochází k hyperventilaci). Funkční vyšetření plic následně ukáže snížené statické ventilační parametry, zejména vitální kapacitu plic (Kaňková *et al.*, 2009; Ahmet *et Milic-Emili*, 1997).

3.4. Přehled základních onemocnění dýchací soustavy

3.4.1. Bronchiální astma

Bronchiální astma je chronické zánětlivé onemocnění dýchacích cest. V dnešní době postihuje toto onemocnění čím dál tím více lidí, obzvláště dětí. Vznik tohoto onemocnění zapříčiňuje mnoho faktorů, tím pádem je téměř nemožné najít jednotnou definici této nemoci. Příznaky a průběh nemoci se liší od pacienta k pacientovi. Termín „astma“ se používá pro označení záchvatů dušnosti, které jsou zapříčiněné dočasným zúžením průdušek. Astma lze nejlépe definovat jako onemocnění charakterizované zánětem dolních cest dýchacích s mnohem vyšší citlivostí na specifické podněty, které vyvolávají zúžení dýchacích cest a omezují proudění vzduchu, projevující se dušností. Zúžení průdušek a dušnost s pískoty jsou výsledkem tří oddělených procesů. Prvním je otok střední vrstvy průdušky (submukóza), druhým zvýšená produkce hlenu hlenovými žlázkami a posledním procesem je stah hladké svaloviny po uvolnění specifických látek z buněk, které jsou nositelem zánětu. Jedním z faktorů spouštějícím astma jsou alergie, téměř každý astmatik je zároveň alergik. Dalšími možnými faktory souvisejícími se vznikem astmatu jsou znečištěné životní prostředí, stres, kouření a nemalou roli hraje i dědičnost. Astma lze diagnostikovat na základě anamnézy, ale často se pro jistotu provádí řada dalších testů. Základem pro rozpoznání astmatu jsou funkční dechové testy, test vrcholové rychlosti výdechu, spirometrie a test reverzibility. Astma se řadí mezi nevyléčitelné nemoci, při dodržování léčby se však jeho projevy výrazně utlumí nebo vymizí zcela (Ayres, 2001).

3.4.2. Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)

CHOPN je chronická obstrukční plicní nemoc, jde o progresivní onemocnění, které ztěžuje dýchání. Progresivní znamená, že nemoc se zhoršuje v průběhu času. CHOPN způsobuje produkci velkého množství hlenu, dráždícímu ke kašli. Dalšími příznaky jsou sípání, dušnost a tlak na hrudi. Nejčastější příčinou vzniku CHOPN je kouření, ale na jeho vzniku se podílejí i další faktory, jako je třeba dlouhodobé vystavení plic znečištěnému ovzduší, chemickým výparům nebo prachu (NIH, 2013).

3.4.3. Chronická bronchitida

Chronická bronchitida je podle mezinárodně platných norem definována jako zánětlivé průduškové onemocnění projevující se kašlem, který trvá nejméně tři měsíce ve dvou po sobě následujících letech. Vyznačuje se nadprodukcí hlenu a je narušena rovnováha mezi sekrecí hlenu a jeho eliminací. Nejčastějším rizikovým faktorem je kouření cigaret, znečištění ovzduší, nezdravé pracovní prostředí nebo infekce. Při pokračujícím zánětu se obstrukce fixuje, a potom hovoříme o chronické obstrukční plicní nemoci (Votava, 1996).

3.4.4. Plicní emfyzém

Plicní emfyzém nebo plicní rozedma je nevratné poškození plicní tkáně. Spouštěcím faktorem onemocnění může být kouření nebo i dlouhodobé vystavení plic znečištěnému ovzduší. Toto onemocnění může být vyvoláno i vrozenou vadou, které se projevuje narušením rovnováhy systému bílkovin poškozujících a bránících lidské tělo. V případě, že převažují bílkoviny, které poškozují tělo, dochází k destrukci plicních sklípků, na jejichž místě vznikají tenkostěnné cysty, které jsou vyplněné vzduchem. K poškození plic dochází často v součinnosti s obstrukcí průdušek, čili s chronickou bronchitidou (Harris *et al.*, 1962; Vitalion, 2016).

4. Praktická část

Spirometrická vyšetření byla provedena podle níže uvedené metodiky na Základní škole Milady Petřkové ve Velkém Týnci. Před zahájením vlastního výzkumu bylo nezbytné všechny zúčastněné seznámit s průběhem, podmínkami a účelem této práce. Rodičům nezletilých žáků byl předložen k podepsání informovaný souhlas (příloha 1).

4.1. Výzkumný soubor

Do výzkumného souboru byli zařazeni jedinci (dále probandi) cíleně vybraní podle následujících kritérií:

- dívky z 6. až 9. třídy, které se narodily v letech 1999 až 2003,
- proband nesmí vykonávat žádné sporty, které významně ovlivňují dechové parametry (např. plavání, potápění),
- u probanda nesmí být diagnostikováno žádné restriční či obstrukční onemocnění,
- proband nesmí být během vyšetření nemocný (nachlazení, kašel).

První spirometrická měření proběhla v březnu a druhá v červnu roku 2015. Prvního měření se zúčastnilo 47 probandů, druhého 50 probandů. U probandů, kteří se účastnili měření ve dvou termínech, bylo vždy pro hodnocení vybráno měření s lepšími výsledky. Na základě podmínek pro zařazení do výzkumného souboru bylo z 97 vzorků vybráno 47 probandů (tabulka 4, tabulka 5).

Tab. 4: Počty testovaných probandů v jednotlivých třídách a termínech a počty probandů vybraných do výzkumného vzorku.

školní třída	termín testování		vybraní pro hodnocení
	březen 2015	červen 2015	
6.	16	19	17
7.	11	12	11
8.	9	6	7
9.	11	13	12
celkem v termínu	47	50	47
celkem měření	97		

Tab. 5: Počty testovaných probandů podle roku narození a termínu testování a počty vybraných probandů do výzkumného souboru podle roku narození.

ročník	termín testování		vybraní pro hodnocení
	březen 2015	červen 2015	
2003	9	10	9
2002	14	17	16
2001	9	7	6
2000	10	12	13
1999	5	4	3
celkem v termínu	47	50	47
celkem měření	97		

4.2. Spirometr Vitalograph 2120

Pro měření spirometrických dat byl využit přístroj Vitalograph 2120 (obr. 4). Jde o ruční elektronický spirometr s pneumotachografem Fleischova typu. Přístroj má vnitřní paměť, která může spravovat databázi pacientů a výsledky provedených testů. Díky tomu lze s přístrojem pracovat bez připojení k počítači. Samostatně ho lze využít k provedení testů SVC (Slow Vital Capacity) a FVC (Forced Vital Capacity), přičemž dokáže automaticky všechny naměřené parametry procentuálně srovnat s náležitými hodnotami probanda. Po připojení k počítači se z tohoto malého přístroje stává dokonalý spirometr, s jehož pomocí je možné na monitoru počítače sledovat křivky V/t (objem / čas) a F/V (průtok / objem) v reálném čase. Pro tento účel byly využity funkce programu SPIROTRAC®IV.

4.2.1 Princip spirometru

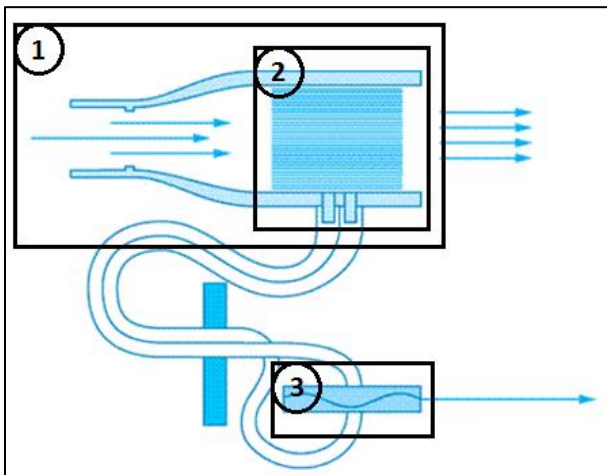
Přístroj funguje na principu měření rozdílu tlaků vzduchu mezi dvěma místy v přístroji. Měření těchto rozdílů umožňuje pneumotachograf Fleischova typu (obr. 5), který je umístěn v rozšířené části tubusu přístroje. Jedná se o tzv. Fleischovu hlavu (obr. 6), která se skládá ze soustavy velice tenkých paralelních trubiček (kapilár), které jsou orientovány ve směru proudění vzduchu v přístroji. Trubičky při průchodu vzduchu kladou odpor, proto je před nimi jiný tlak vzduchu než za nimi. Prostor před trubičkami je lemován perforovaným prstencem, na který membránou navazuje komůrka. Stejně tak je tomu i na druhé straně trubiček. Obě komůrky se setkávají u tlakového snímače, který zaznamenává rozdíly tlaku vzduchu. Převodník poté konvertuje výstup ze snímače do digitální podoby. Důležitým zařízením je elektrické vyhřívání kapilár, které umožňuje odpařování kondenzovaných par obsažených ve vydechaném vzduchu (Spirxpert, 2016; Vitalograph, 2016).



Obr. 4: Spirometr Vitalograph 2120.



Obr. 5: Pneumotachograf Fleischova typu (zdroj Vitalograph, 2016).



Obr. 6: Schéma Pneumotachografu Fleischova typu, (1) pneumotachograf, (2) Fleischova hlava, (3) tlakový snímač (upraveno podle Vitalograph, 2016).

4.3. Spirometrická vyšetření a zpracování protokolu o měření

4.3.1. Vybavení a materiál

Ke spirometrickému vyšetření byl použit Spirometr Vitalograph 2120, osobní počítač IBM T41 s operačním systémem Windows XP, na kterém byl nainstalovaný program SPIROTRAC®IV, prodlužovací kabel s rozdvojkou, cejchovaná váha dle norem ČSN, měřidlo, úhelník, nepoužité náustky v krabičce, sáček na použité náustky, klapka na nos, dotazníky a psací potřeby.

4.3.2. Prostory

Sběr spirometrických dat byl proveden ve sborovně Základní školy Milady Petřkové Velký Týnec. Jedná se o nekuřáckou místnost, která není vystavena žádným agresivním vůním či pachům. V topném období je v místnosti udržována teplota přibližně 21 °C pomocí těles ústředního topení.

4.3.3. Průběh vyšetření

Pro účely této práce byly vybrány testy SVC (Slow Vital Capacity) a FVC (Forced Vital Capacity) z nabídky programu SPIROTRAC®IV. Zatímco první test SVC spočívá pouze v měření vitální kapacity plic, druhý test v sobě zahrnuje vícero měřených parametrů. Díky tomuto testu lze během jednoho vyšetření získat data k parametrům FVC, FEV₁, FEV₁/VC, FEV₁/FVC a PEF. Čili k získání dat všech výše uvedených dechových parametrů bylo zapotřebí uskutečnit s každým probandem dva testy, které musely být v časovém odstupu, během kterých si vyšetřované osoby mohly odpočinout.

Před vlastním spirometrickým vyšetřením bylo zapotřebí zjistit nezbytné informace o samotných probandech, aby se vybrali jen kandidáti vhodní pro účely této diplomové práce. Hlavní roli hrály tyto parametry: chronické onemocnění dýchací soustavy a povaha sportovních aktivit probandů. Tímto sítím prošli jen zdraví jedinci a ti, kteří neprovozovali sporty, které značně mění různé dechové parametry a mohly by ovlivnit výsledky celého testování. Těmito sporty mohou být vytrvalostní běh, plavání, synchronizované plavání, potápění apod. Poté následovalo měření a vážení probandů. Hodnoty byly zaznamenány do dotazníku (příloha 2) společně s předchozími údaji. Dalším krokem bylo vytvoření karty pacienta v databázi programu SPIROTRAC®IV a vlastní testování. V příloze 3 je podrobný návod ke spirometru a programu SPIROTRAC®IV.

4.3.3.1. Test SVC

Dívkám – probandům byl nejprve vysvětlen průběh i účel testu. Vysvětlení vypadalo asi takto: *„Nyní přistoupíme k vlastnímu měření spirometrie. Účel prvního testu je zjistit, jak moc vzduchu se vejde do vašich plic. To zjistíme tak, že se pokusíte vydechnout do přístroje veškerý vzduch, který máte v plicích. Postup bude následující: Vezmete si přístroj do ruky a postupujete dle mých instrukcí. Na nos vám bude připevněn kolíček tak, aby přes něj nemohl unikat žádný vzduch. Budete v klidu dýchat ústy. Poté se zhluboka nadechnete, vložíte si náustek přístroje do úst, až za zuby. Náustek je možné slabě skousnout zuby. Důležité je stisknutí náustku rty tak, aby neunikal po jeho obvodu vzduch. Poté vydechnete do přístroje veškerý vzduch. Není potřebné, aby výdech byl rychlý, jde o vydechnutí veškerého vzduchu z plic, proto vydechujte, dokud to bude možné.“* Tímto nebo podobným způsobem probíhala instruktáž před samotným měřením SVC. Během vlastního měření byly instrukce každému probandovi ještě opakovány a každý byl veden tak, jak bylo zapotřebí k dosažení úspěšného absolvování testu. Vyšetření probíhalo v sedě a spočívalo v jednom hlubokém nádechu mimo okolí náustku přístroje, a z výdechu do přístroje přes náustek. Výdech nemá být rychlý, jde o postupné vypuzení veškerého vzduchu z prostoru plic. Výdech může trvat i přes 10 sekund, jeli to v silách a schopnostech vyšetřované osoby. V případě, že se očividně některé měření nepovedlo (unikal vzduch kolem náustku, vypadl náustek z nástavce přístroje, proband se plně nesoustředil atd.), měření se zopakovalo po krátkém odpočinku, který proběhl mezitím, co test absolvovali jiní probandi.

4.3.3.2. Test FVC

Podobně jako u předchozího testu, bylo zapotřebí probandům vysvětlit postup a zjednodušeně i účel tohoto vyšetření. Informace byly podány probandům přibližně těmito slovy: *„Tento test bude zpočátku podobný tomu prvnímu. Opět budete v klidu dýchat pusou, s kolíčkem na nose. Přístroj zase držíte připravený v ruce. Po klidném dýchání následuje hluboký nádech, vložení náustku přístroje do úst a usilovný výdech, jako byste chtěli co nejrychleji vydechnout všechny vzduch z plic. Po tomto úkonu se ještě zhluboka nadechnete přes přístroj, jak je to jen možné. To bude vše.“* Stejně jako v případě testů FVC je pro zdárné dokončení testů nutné instruovat probandy během vyšetření každého zvlášť. U tohoto testu vyšetřovaná osoba sedí. Na rozdíl od předchozího testu, je v tomto případě důležité vést výdech velkou silou, aby byl vzduch co možná nejrychleji vypuzen ven z plic, protože u dechových parametrů jako např. PEF, FEV1 nebo FVC jde o rychlost s jakou je vydechnut určitý objem vzduchu během určitého času.

4.4. Metodika zpracování výsledků

Výsledky spirometrických vyšetření byly přepsány z databáze programu SPIROTRAC®IV do Excelu. Soubor dat prodělal úpravy, během kterých byl vybrán lepší výkon probandů ze dvou měření. Dále byli vynecháni probandi, u nichž chyběla data některých sledovaných parametrů. Celý soubor dat byl rozdělen do čtyř tabulek podle roku narození, přičemž probandi jsou seřazeni podle identifikačního čísla (ID), které jim bylo přiděleno během měření. Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze 4 v tabulkách 16, 17, 18 a 19, které obsahují nejen ID a rok narození probanda, ale uvádí také údaje o jeho výšce a váze. U každého probanda jsou dále uvedeny výsledky testů VC (SVC) a FVC, které zahrnují tyto parametry: vitální kapacita plic (VC), usilovná vitální kapacita plic (FVC), vteřinová usilovná kapacita plic (FEV1), Tiffenaův index vztažený jak k VC, tak FVC, vrcholný průtok vzduchu (PEF).

K porovnání výsledků měření ve skupině probandů narozených ve stejném roce posloužilo rozdělení probandů do intervalů podle naměřených hodnot VC a FVC procentuálně porovnaných s náležitými hodnotami probandů (tabulka 6, 7, 8 a 9). Výsledky probandů ve výzkumných souborech byly seřazeny od nejnižších po nejvyšší a rozděleny do tří intervalů. První interval obsahuje hodnoty menší než 95 % a sjednocuje probandy, kteří dosáhli podprůměrných hodnot. Druhý interval zachycuje hodnoty průměrné v rozmezí od 95 % do 105 %. Třetí interval tvoří hodnoty vyšší než 105 % a probandi, kteří se nachází v tomto intervalu, dosáhli nadprůměrných výsledků. Rozdělení do intervalů posloužilo také k porovnání výsledků mezi jednotlivými skupinami (tabulka 10).

Výsledky měření parametrů VC (SVC), FVC, FEV1 a PEF byly procentuálně porovnány s náležitými hodnotami probandů seřazených do souborů podle roku narození (tabulka 11, 12, 13 a 14). K těmto parametrům byl přidán i poměr vteřinové usilovné kapacity plic (FEV1) a usilovné vitální kapacity (FVC) vyjádřený v procentech. Podle stanovených norem (Fišerová, 2001; Heinzmann-Filho *et al.*, 2012; Levy *et al.*, 2009), byly vybrány hodnoty, které by mohly ukazovat na přítomnost poruchy dýchacího systému probandů. Jde o hodnoty nižší než 80 % NH u parametrů VC, FVC a FEV1, o hodnoty nižší než 80 % u poměru FEV1/FVC a o hodnoty nižší než 60 % NH PEF.

Pro porovnání výsledků této práce s jinými, byli probandi rozděleni podle věku na soubory dívek ve věku 11 – 15 let. V každém souboru byla stanovena průměrná výška a váha probandů a směrodatná odchylka každého probanda od průměru těchto ukazatelů. Hodnoty parametrů FVC a FEV1 byly porovnány s náležitými hodnotami každého probanda a stanovena směrodatná odchylka od průměru náležité hodnoty souboru stejně starých probandů. V tabulce 15 je uvedena průměrná hodnota FVC a FEV1 pro probandy každé věkové kategorie a průměrná směrodatná odchylka probandů od náležité hodnoty FVC a FEV1 stanovené pro průměrnou výšku a váhu probanda v každé věkové kategorii.

5. Návrh využití spirometru ve výuce dýchací soustavy člověka na ZŠ a SŠ

Jedním z cílů této práce bylo zjistit, jaké možnosti poskytuje spirometr pro školní výuku a to jak na základních, tak středních školách. Tato kapitola se tedy zabývá aplikací teoretických poznatků do praxe výuky. Vlastní experimentální činnost, spočívající ve sběru dat, poskytla mnoho cenných zkušeností právě pro práci na možné podobě praktických cvičení. Pro potřeby výuky byly vypracovány didaktické analýzy učiva a návrhy pracovních listů k laboratornímu cvičení pro dané ročníky základní a střední školy. Mohou sloužit jako rozšiřující zdroj informací a zároveň i pro aktivní zapojení žáků do výuky.

5.1. Využití spirometru na základní škole

Tato kapitola se zaměřuje na 8. ročníky základních škol. První část je pojatá jako didaktická analýza učiva současně spojená s návodem jak absolvovat laboratorní cvičení. Ve druhé části je přiložen návrh pracovního listu z tohoto cvičení.

5.1.1. Didaktická analýza laboratorního cvičení na téma vitální kapacita plic

Laboratorní cvičení z přírodopisu

Téma:	vitální kapacita plic
Tematický celek:	člověk, dýchací soustava
Zařazení do ročníku:	8. třída základní školy
Mezipředmětové vztahy:	matematika (výpočty, převody jednotek), výchova ke zdraví (kouření)
Hodinová dotace:	2 vyučovací hodiny (90 min)
Pomůcky:	váha, měřidlo, spirometr Vitalograph 2120, PC s dataprojektorem, síťový adaptér, prodlužovací kabel, náustky, sáčky/boxy na čisté a použité náustky, kalkulačky, tabule, křída/fix, protokoly
Obsah učiva:	opakování stavby a fyziologie dýchací soustavy člověka, dechové objemy
Metody práce:	výklad, pokus, demonstrace, řešení úloh, praktické cvičení, samostatná práce
Ikonický text:	nákresy

Výukové cíle:

- Žák popíše stavbu dýchací soustavy člověka a pojmenuje její části,
- žák vysvětlí význam a funkci dýchací soustavy člověka,
- žák použije přístroje (váha, měřidlo, spirometr) k dosažení výsledků své práce,
- žák aplikuje teoretické znalosti (dýchací soustava člověka, matematické výpočty, převody jednotek) při řešení zadaných úkolů,
- žák provede rozbor měření vitální kapacity plic a vyvodí pro ni obecné závěry,
- žák shrne výsledky cvičení a navrhne hodnocení, které si dokáže obhájit.

Rozvíjené klíčové kompetence:

- Kompetence k učení,
- kompetence komunikativní,
- kompetence sociální a personální,
- kompetence pracovní.

Prověření učiva: protokol ze cvičení

Plán cvičení:

Motivace: motivační výklad o sportovcích, zejména o plavcích, o hodnotách jejich vitální kapacity plic, opakování anatomie a fyziologie dýchací soustavy člověka

Expozice: statické plicní objemy, náležitá hodnota vitální kapacity plic

Závěr: samostatné zhodnocení výsledků měření tvorbou závěru v protokolu o laboratorním cvičení

Průběh cvičení:

1. úvod: 10 min

Seznámení žáků s průběhem laboratorního cvičení a s bezpečností práce, stanovení požadavků a zadání úkolů.

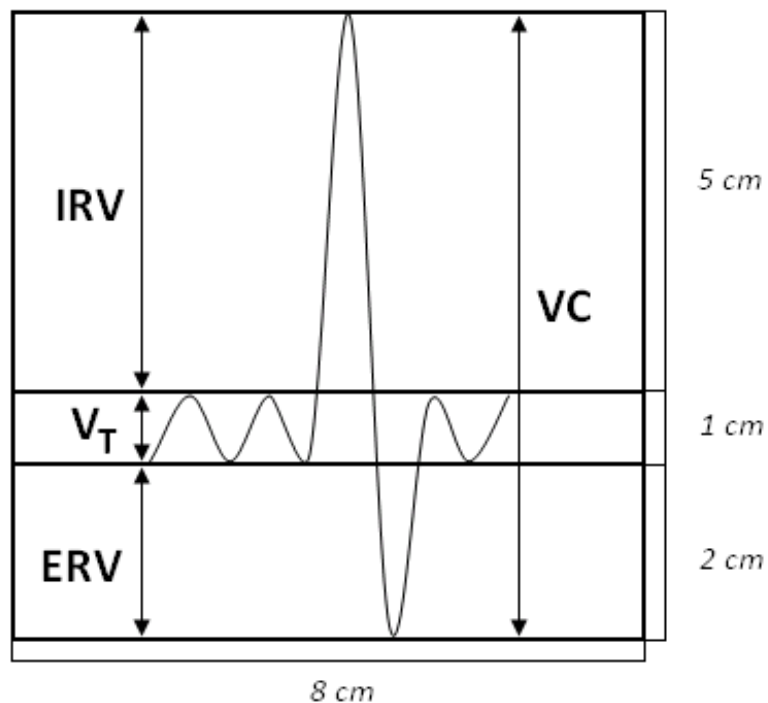
2. motivace: 15 min

Motivační řeč o vysokých hodnotách vitální kapacity plic sportovců a plavců. Vzbuzení zájmu žáků o zjištění vlastních hodnot vitální kapacity plic měřením na spirometru. Představení spirometru. Ukázka měření spirometrie na dobrovolníkovi spojená s prací na prvních úkolech cvičení.

3. expozice: 15 min

- Statické plicní objemy: dechový objem V_T , inspirační rezervní objem IRV, expirační rezervní objem ERV, vitální kapacita plic

- Nákres:



- Náležitá hodnota vitální kapacity plic NHVK – teoretická hodnota objemu plic

4. aktivizace: 35 min

Práce se spirometrem a dalšími přístroji potřebných v rámci cvičení. Plnění zadaných úkolů pod dohledem učitele.

5. závěr: 15 min

Srovnání naměřených hodnot vybraných žáků, vyvození závěru. Dokončování úkolů a samostatná tvorba závěru protokolů. Hodnocení cvičení a úklid třídy.

Komentář:

Toto laboratorní cvičení vzniklo za účelem rozšíření učiva dýchací soustavy člověka na základní škole. Při přípravě na laboratorní cvičení, je důležité si nachystat všechny potřebné pomůcky a vyzkoušet funkčnost přístrojů, zejména potom spirometru propojeného s počítačem.

Důležité je žákům vysvětlit, jak správně postupovat při práci na jednotlivých úkolech, při měření a vážení a názorně jim vše předvést. Nejvíce by se mělo dbát na opatrnost při práci se spirometrem.

Na začátek cvičení by měli být žáci motivováni. Motivací může být možnost pracovat s přístrojem, se kterým se za normálních okolností nesetkají nebo uvedení zajímavých skutečností, jimiž mohou být např. údaje o hodnotách vitální kapacity vrcholových sportovců.

Dobrou cestou k zaujetí žáků je přímá demonstrace použití přístroje na vybraném žákovi. Zjistí se žákova hmotnost a výška a změří se jeho spirometrie, přičemž průběh měření žáci sledují na promítacím plátně. Na výsledcích měření potom lze názorně ukázat základní statické dechové parametry.

Závěrem cvičení je zjištění, že vitální kapacita plic závisí na pohlaví, výšce, váze, trénovanosti jedince a také na zdravotním stavu. Na toto zjištění by žáci měli přijít sami díky práci na protokolu ze cvičení.

Varianty:

V případě, že nemáme prostředky k tisku protokolů, je možné, aby žáci celý protokol vytvořili sami na papír nebo do sešitu přírodopisu či sešitu určeného na laboratorní cvičení. Tato varianta je pro žáky náročnější a práce jim zabere více času. Avšak budou mít méně prostoru na vyrušování. Při této variantě je vhodné úkoly napsat třeba na tabuli, stejně tak vzorce výpočtů. Úkol 2 při této variantě odpadá a opakování stavby dýchacích cest člověka lze provést ústně. Další variantou je předtištění tabulek a obrázků pro usnadnění a urychlení práce žáků. Možností, jak cvičení modifikovat je určitě ještě celá řada. Nemělo by se přitom zapomenout na změnu délky trvání různých činností při úpravě rozvržení cvičení.

5.1.2. Návrh pracovního listu k laboratornímu cvičení na téma vitální kapacita plic

Pracovní list k laboratornímu cvičení

Téma: Vitální kapacita plic

Jméno a příjmení:

Třída:

Datum:

Pomůcky:

Váha, měřidlo, spirometr a PC, náustky, kalkulačka

Teoretický úvod:

Dýchací soustava zprostředkovává výměnu plynů mezi organismem a vnějším prostředím. Výměna plynů probíhá pomocí **dýchání (respirace)**, to se dělí na vnější a vnitřní. **Vnější dýchání** umožňuje výměnu plynů mezi plicemi a krví, **vnitřní dýchání** mezi krví a tkáněmi. Dýchací plyny jsou přenášeny krví. Dýchání je mechanický proces, během kterého se střídají vdech a výdech. V plicích se při jednom nádechu vymění přibližně 0,5 l vzduchu. Toto množství vzduchu se označuje jako **dechový (respirační) objem**. Po normálním klidném nádechu je možné usilovně vdechnout dalších 2,5 l vzduchu, jde o tzv. **inspirační rezervní objem**. A po klidném výdechu je možné vydechnout ještě asi 1 l vzduchu – **expirační rezervní objem**. Objem vzduchu, vydechnutý maximálním výdechem po maximálním nádechu, se nazývá **vitální kapacita plic**. U mužů je vitální kapacita plic 3,5 – 5 l u žen 2,5 – 4 l.

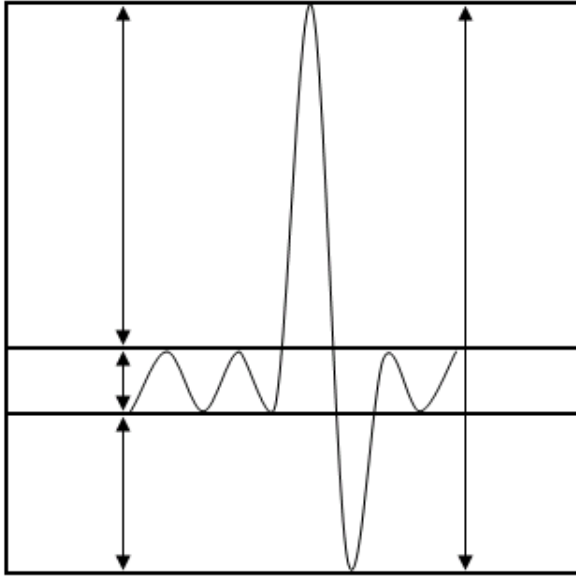
Postup:

Při měření hmotnosti a výšky pracuj ve dvojici se spolužákem. S pomocí vedoucího cvičení změř svou vitální kapacitu plic spirometrem a porovnej ji s náležitou hodnotou vitální kapacity plic.

Úkol 1

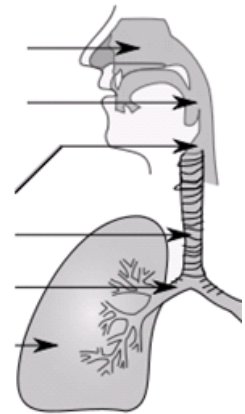
Doplň tabulku i obrázek podle teoretického úvodu v protokolu nebo s pomocí výkladu lektora.

	zkratka	objem (l)
dechový objem		
inspirační rezervní objem		
expirační rezervní objem		
vitální kapacita		



Úkol 2:

Popiš obrázek a barevně podtrhni části patřící k horním cestám dýchacím.
K čemu slouží hrtanová příklopka?



Úkol 3:

Zjisti svou hmotnost a výšku. Hodnoty vepiš do tabulky (viz níže).

Úkol 4:

Vypočítej svou náležitou hodnotu vitální kapacity plic (NHVK) a hodnotu zapiš do tabulky. Jde o teoretickou hodnotu objemu tvých plic vzhledem k tvé výšce, váze, věku a pohlaví.

Výpočet NHVK pro chlapce: $NHVK = [27,63 - (0,112 \cdot \text{věk})] \cdot \text{výška (cm)}$

NHVK = ml = l

Výpočet NHVK pro dívky: $NHVK = [21,78 - (0,101 \cdot \text{věk})] \cdot \text{výška (cm)}$

NHVK = ml = l

Úkol 5:

Změř svou vitální kapacitu plic (VC).

$$VC = \quad /$$

Úkol 6:

Srovnej náležitou hodnotu vitální kapacity (NHVK) s naměřenou hodnotou (VC).

$$P = VC / NHVK \cdot 100$$

$$P = \quad \% \text{ (Hodnota } P \text{ tě informuje, kolika \% NHVK dosahuješ)}$$

Pohlaví	Věk	Výška (cm)	Váha (kg)	NHVK (l)	VC (l)	P (%)

Úkol 7:

Získej údaje o svých spolužácích a doplň si tabulku.

Hodnoty	NHVK (l)	VC (l)	P (%)
Mé			
Spolužákovy			
Spolužaččiny			
Sportovce/ Sportovkyně			
Nesportujícího spolužáka/ spolužačky			

Závěr:

5.2. Využití spirometru na střední škole

5.2.1. Didaktická analýza laboratorního cvičení na téma vitální kapacita plic

Laboratorní cvičení z biologie

Téma:	vitální kapacita plic
Tematický celek:	člověk, dýchací soustava
Zařazení do ročníku:	3. ročník gymnázia, septima
Mezipředmětové vztahy:	informační technologie (práce s PC)
Hodinová dotace:	1 vyučovací hodina
Pomůcky:	váha, měřidlo, spirometr Vitalograph 2120 s PC a dataprojektorem, síťový adaptér, prodlužovací kabel, elektrická zástrčka, náustky, sáčky/boxy na čisté a použité náustky, kalkulačky, tabule, křída/fix, učebna s PC či připojením na internet
Obsah učiva:	dechové objemy
Metody práce:	pokus, demonstrace, řešení úloh, praktické cvičení, samostatná práce, skupinová práce
Výukové cíle:	<ul style="list-style-type: none">• Žák použije přístroje (váha, měřidlo, spirometr) k dosažení výsledků své práce,• žák aplikuje teoretické znalosti při řešení zadaných úkolů a dokáže sám navrhnout jejich řešení,• žák provede rozbor měření vitální kapacity plic a vyvodí pro ni obecné závěry,• žák porovná výsledky své práce s literaturou,• žák shrne výsledky cvičení a navrhne hodnocení, které si dokáže obhájit.

Rozvíjené klíčové kompetence:

- Kompetence k učení,
- Kompetence k řešení problémů
- kompetence komunikativní,
- kompetence sociální a personální,
- kompetence k podnikavosti.

Prověření učiva: protokol ze cvičení

Plán cvičení:

Motivace: měření vitální kapacity plic na dobrovolníkovi

Expozice: statické plicní objemy, BMI, povrch těla, náležitá hodnota vitální kapacity plic

Závěr: samostatné zhodnocení výsledků měření, shrnutí výsledků v závěru protokolu o laboratorním cvičení

Průběh cvičení:

1. úvod: 7 min

Seznámení žáků s průběhem laboratorního cvičení a s bezpečností práce, stanovení požadavků a zadání úkolů.

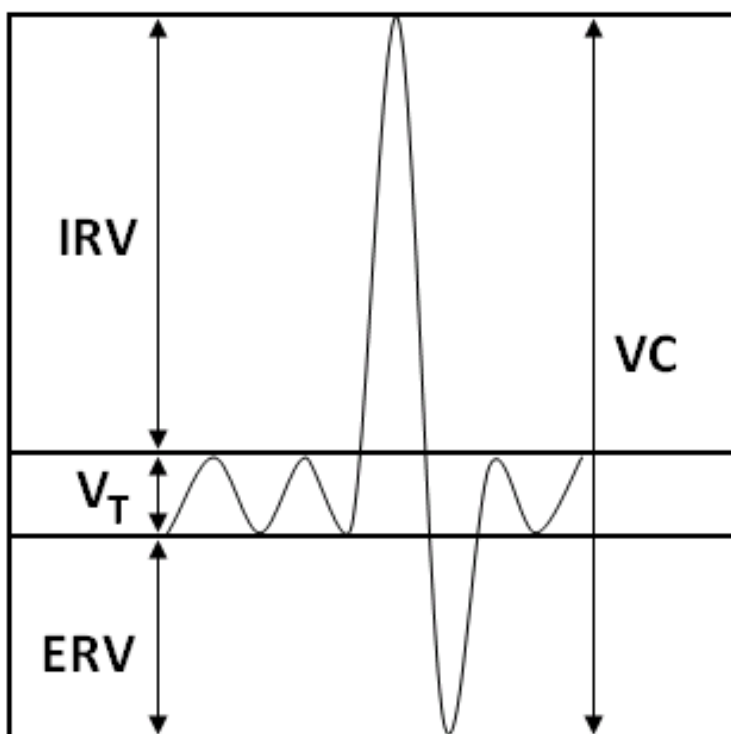
2. motivace: 10 min

Představení spirometru. Ukázka měření spirometrie na dobrovolníkovi spojená s prací na prvním úkolu.

3. expozice: 5 min

- Statické plicní objemy: dechový objem V_T , inspirační rezervní objem IRV, expirační rezervní objem ERV, vitální kapacita plic

- Nákres:



4. aktivizace:

20 min

Samostatná práce při plnění zadaných úkolů. Vyhledávání informací na internetu či v literatuře. Práce se spirometrem a dalšími přístroji potřebnými v rámci cvičení. Sběr dat.

5. závěr:

3 min

Zopakování požadavků pro dokončení protokolu. Úklid třídy.

Komentář:

Toto laboratorní cvičení vzniklo za účelem rozšíření a zpestření učiva dýchací soustavy člověka pro žáky gymnázia. Při přípravě na laboratorní cvičení, je důležité si nachystat všechny potřebné pomůcky a vyzkoušet funkčnost přístrojů, zejména potom spirometru propojeného s počítačem. Nezbytné je zajištění učebny s počítači nebo připojením na internet a žákům včas oznámit, ať si s sebou do školy přinesou vlastní počítače.

Doporučuji mít prostudovanou literaturu k dané problematice ze školní knihovny a kabinetu biologie, aby se žákům mohlo poradit, kde potřebné informace mohou nalézt. Dále je vhodné mít v záloze pár zajímavostí a tipů pro zpestření cvičení.

Během cvičení žáci samostatně pracují na zadaných úkolech, přičemž využívají informačních zdrojů. Je možné, aby pracovali ve dvojicích nebo ve vícečlenných skupinách. Během práce se vystřídají u váhy, měřidla výšky a spirometru, který obsluhuje lektor cvičení.

Při měření na spirometru lektor anonymně zapisuje výsledky měření, které žákům poskytne pro závěry cvičení, nebo si žáci údaje vyměňují sami mezi sebou. Dokončení a vyhodnocení zadaných úkolů žáci řeší jako domácí úkol nebo v rámci následné hodiny biologie. Závěr cvičení přináší zjištění, že vitální kapacita plic závisí na pohlaví, výšce, váze, trénovanosti jedince a také na zdravotním stavu.

Úkol 2:

Zjisti svou hmotnost a výšku. Hodnoty vepiš do tabulky, stejně jako údaje, které získáš při řešení dalších úkolů.

Pohlaví	Věk	Výška (cm)	Váha (kg)	Povrch těla (m ²)	NHVK (l)	VC (l)	P (%)

Úkol 3:

Odpověz na otázky týkajících se Body Mass Index (BMI).

1. Co je to BMI?
2. Jaký je vzorec pro výpočet BMI?
3. Jaké je tvé BMI?
4. Do jaké kategorie podle BMI patříš?

Úkol 4:

Zjisti, jaký je povrch tvého těla.

Úkol 5:

Náležitá hodnota vitální kapacity plic (NHVK) je teoretická hodnota objemu plic, která je závislá na výšce, váze a pohlaví. Najdi vzorec pro výpočet NHVK a zjisti svou hodnotu NHVK.

Úkol 6:

Změř svou vitální kapacitu plic (VC).

Úkol 7:

Srovnej své hodnoty NHVK s naměřenou hodnotou VC.

$$P = VC / NHVK \cdot 100$$

$$P = \quad \% \text{ (Hodnota } P \text{ tě informuje, kolika \% NHVK dosahuješ)}$$

Úkol 8:

Získejte údaje svých spolužáků ze skupiny/třídy a doplň tabulku.

Hodnoty	NHVK (I)	VC (I)	P (%)
Mé			
Spolužákovy			
Spolužaččiny			
Sportovce			
Sportovkyně			
Nesportujícího spolužáka			
Nesportující spolužačky			
Astmatika			
Průměr	X	X	X

Závěr:

6. Výsledky

6.1. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám

v souboru probandů narozených v letech 1999 a 2000

Výzkumný soubor probandů narozených v letech 1999 a 2000 čítal celkem 16 jedinců.

Jde o žákyně 8. a 9. třídy ve věku 14 a 15 let a jejich výsledky jsou prezentovány v tabulce 6.

Polovina probandů dosáhla nadprůměrných výsledků podle poměru naměřené VC a náležité hodnoty VC (P1). 25,00 % probandů bylo průměrných a 25,00 % probandů bylo podprůměrných.

Podle naměřených hodnot FVC vztažených k náležitým hodnotám FVC (P2) se 50,00 % probandů zařadilo do intervalu s nadprůměrnými hodnotami. Průměrných hodnot dosáhli dva probandi, kteří představují 12,50 % počtu probandů v souboru. Podprůměrné hodnoty byly zjištěny u 37,50 % probandů.

Tab. 6: Rozdělení probandů narozených v letech 1999 a 2000 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC.

ID	VC (l)	P1 (%)	% probandů	interval	ID	FVC (l)	P2 (%)	% probandů	interval
809	2,15	70,9	25,00	podprůměr	902	3,01	79,8	37,50	podprůměr
902	3,14	83,1			904	3,24	81,8		
904	3,29	83,1			911	3,09	90,4		
911	3,19	93,3			915	3,33	91,2		
803	3,40	99,4	25,00	průměr	805	3,11	92,6	12,50	průměr
915	3,70	101,2			913	2,73	93,3		
909	3,38	103,9			809	2,94	97,1		
913	3,07	104,9			803	3,45	101,0		
903	2,89	108,0	50,00	nadprůměr	909	3,48	107,1	50,00	nadprůměr
805	3,85	114,5			905	3,82	109,8		
810	3,43	115,3			914	3,53	110,6		
905	4,12	118,6			903	2,99	111,9		
910	4,20	118,7			907	3,39	116,0		
907	3,57	121,9			910	4,16	117,7		
908	4,25	122,3			810	3,57	119,8		
914	3,95	123,8			908	4,20	120,8		

ID = identifikační číslo probanda, VC = vitální kapacita plic, P1 = VC / náležitá hodnota VC probanda . 100 (v %), FVC = usilovná vitální kapacita plic, P2 = FVC / náležitá hodnota FVC probanda . 100 (v %), % probandů = procentuální zastoupení probandů v intervalu za skupinu, podprůměr = P1 (P2) < 95 %, průměr = P1 (P2) = 95 %– 105 %, nadprůměr = P1 (P2) > 105 %

6.2. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2001

Do tohoto souboru bylo vybráno 6 žáků ze 7. a 8. třídy ve věku 13 – 14 let. Jejich výsledky jsou zaznamenány v tabulce 7. Dva probandi, tzn. 33,33 % všech probandů ze vzorku, byli s hodnotami nižšími než 95 % náležitě vitální kapacity zařazeni do intervalu s podprůměrnými hodnotami. Pouze jeden proband (16,67 %) byl zařazen do intervalu s průměrnými hodnotami. 50,00 % probandů dosáhlo nadprůměrných hodnot.

Průměrných hodnot poměru mezi naměřenou FVC a náležitou FVC dosáhlo 50,00 % probandů, 33,33 % probandů dosáhlo na nadprůměrné hodnoty a jen 16,67 % probandů (jeden proband) na hodnoty podprůměrné.

Tab. 7: Rozdělení probandů narozených v roce 2001 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležitě hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležitě hodnotě FVC.

ID	VC (l)	P1 (%)	% probandů	interval	ID	FVC (l)	P2 (%)	% probandů	interval
808	2,80	86,2	33,33	podprůměr	804	3,13	90,0	16,67	podprůměr
804	3,03	87,1			807	3,76	98,1		
807	3,86	100,5	16,67	průměr	808	3,29	101,4	50,00	průměr
707	4,24	110,5	50,00	nadprůměr	707	3,96	103,1		
711	3,58	112,2			711	3,48	108,9		
709	3,57	126,6			709	3,35	118,7	33,33	nadprůměr

ID = identifikační číslo probanda, VC = vitální kapacita plic, P1 = VC / náležitá hodnota VC probanda . 100 (v %), FVC = usilovná vitální kapacita plic, P2 = FVC / náležitá hodnota FVC probanda . 100 (v %), % probandů = procentuální zastoupení probandů v intervalu za skupinu, podprůměr = P1 (P2) < 95 %, průměr = P1 (P2) = 95 %– 105 %, nadprůměr = P1 (P2) > 105 %

6.3. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2002

Tento soubor čítal 16 dívek z 6. a 7. třídy ve věku 12 - 13 let. Jak prezentuje tabulka 8, dva probandi (12,50 %) byli zařazeni do intervalu s podprůměrnými hodnotami poměru zjištěné a náležité vitální kapacity plic. 37,50 % probandů dosáhlo průměrných hodnot a celkem osm probandů (50,00 %) nadprůměrných hodnot.

Do intervalu s nadprůměrnými hodnotami FVC vztažených k náležitým hodnotám bylo zařazeno 37,50 % probandů. Průměrných hodnot dosáhlo 43,75 % probandů a podprůměrných 18,75 % probandů.

Tab. 8: Rozdělení probandů narozených v roce 2002 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC.

ID	VC (l)	P1 (%)	% probandů	interval	ID	FVC (l)	P2 (%)	% probandů	interval
608	2,94	93,8	12,50	podprůměr	619	2,93	88,5	18,75	podprůměr
601	3,00	94,0			704	2,65	89,1		
704	2,90	97,5	37,50	průměr	608	2,95	93,9	43,75	průměr
616	2,58	100,1			616	2,49	96,7		
609	2,96	101,0			601	3,09	96,9		
619	3,35	101,2			620	2,87	98,0		
708	2,97	101,6			605	3,20	98,5		
605	3,36	103,3			708	2,97	101,6		
710	3,62	105,9			609	2,99	102,2		
702	3,33	106,0	702	3,21	102,4				
620	3,15	107,6	50,00	nadprůměr	710	3,63	106,3	37,5	nadprůměr
610	2,94	110,2			610	2,84	106,5		
705	3,82	115,5			705	3,54	107,1		
712	3,41	116,5			713	3,41	110,7		
713	3,74	121,4			712	3,30	112,7		
701	3,10	125,2			701	3,22	129,7		

ID = identifikační číslo probanda, VC = vitální kapacita plic, P1 = VC / náležitá hodnota VC probanda . 100 (v %), FVC = usilovná vitální kapacita plic, P2 = FVC / náležitá hodnota FVC probanda . 100 (v %), % probandů = procentuální zastoupení probandů v intervalu za skupinu, podprůměr = P1 (P2) < 95 %, průměr = P1 (P2) = 95 %– 105 %, nadprůměr = P1 (P2) > 105 %

6.4. Výsledky testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám v souboru probandů narozených v roce 2003

Poslední výzkumný soubor zahrnoval žákyně 6. třídy ve věku 11 - 12 let. Soubor tvořilo devět probandů a jejich rozdělení do intervalů bylo pro oba sledované parametry shodné (tabulka 9). 22,22 % probandů dosáhlo podprůměrných hodnot jak pro VC vztaženou k náležitě hodnotě, tak i pro FVC. Shodné 44,45% je zastoupení probandů v intervalech pro průměrné hodnoty a 33,33 % pro hodnoty nadprůměrné.

Tab. 9: Rozdělení probandů narozených v roce 2003 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležitě hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležitě hodnotě FVC.

ID	VC (l)	P1 (%)	% probandů	interval	ID	FVC (l)	P2 (%)	% probandů	interval
615	3,04	91,9	22,22	podprůměr	603	2,72	85,1	22,22	podprůměr
612	3,01	92,6			615	2,97	89,9		
617	2,68	96,8	44,45	průměr	612	3,15	97,0	44,45	průměr
603	3,11	97,3			617	2,75	99,2		
604	3,06	99,3			604	3,13	101,5		
613	2,13	104,6			613	2,11	103,6		
602	2,92	111,4	33,33	nadprůměr	607	3,38	105,8	33,33	nadprůměr
607	3,66	114,6			602	2,90	110,5		
606	3,60	127,4			606	3,71	131,4		

ID = identifikační číslo probanda, VC = vitální kapacita plic, P1 = VC / náležitá hodnota VC probanda . 100 (v %), FVC = usilovná vitální kapacita plic, P2 = FVC / náležitá hodnota FVC probanda . 100 (v %), % probandů = procentuální zastoupení probandů v intervalu za skupinu, podprůměr = P1 (P2) < 95 %, průměr = P1 (P2) = 95 %– 105 %, nadprůměr = P1 (P2) > 105 %

6.5. Porovnání výsledků testů VC a FVC vztažených k náležitým hodnotám mezi jednotlivými soubory probandů

Při srovnání souborů probandů nejlepších výsledků jak v hodnotách VC, tak i FVC dosáhly dívky narozené v roce 2002. Většina výsledků měření byla zařazena mezi průměrné a nadprůměrné hodnoty. I když 50,00 % dívek narozených v roce 2001 dosáhlo nadprůměrných hodnot VC, 33,33 % z nich mělo výsledky podprůměrné. Nejvíce podprůměrných hodnot FVC bylo naměřeno u probandů narozených v letech 1999 a 2000 (tabulka 10).

Tab. 10: Vzájemné srovnání výzkumných souborů probandů rozdělených do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležitě hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležitě hodnotě FVC.

Skupina probandů dle roku nar.	% NH VC			% NH FVC		
	interval			interval		
	podprůměr	průměr	nadprůměr	podprůměr	průměr	nadprůměr
1999 a 2000	25,00	25,00	50,00	37,50	12,50	50,00
2001	33,33	16,67	50,00	16,67	50,00	33,33
2002	12,50	37,50	50,00	18,75	43,75	37,50
2003	22,22	44,45	33,33	22,22	44,45	33,33

6.6. Výsledky parametrů VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v testech probandů vztažené k náležitým hodnotám

V tabulkách 11, 12, 13 a 14 jsou hodnoty uvedených parametrů, které jsou porovnány s náležitými hodnotami probandů. Zvýrazněné hodnoty jsou nižší, než je spodní hranice normálních hodnot jednotlivých spirometrických parametrů stanovených normami (Fišerová, 2001; Heinzmann-Filho *et al.*, 2012; Levy *et al.*, 2009). Jsou to hodnoty nižší než 80 % u parametrů VC, FVC, FEV1 a FEV1/FVC a hodnoty nižší než 60 % u parametru PEF. Napříč všemi soubory probandů bylo nejvíce takových hodnot zjištěno u parametru vrcholové výdechové rychlosti (PEF). Proband s ID 602 narozený v roce 2003 má nepatrně nižší hodnotu (79,22 %) parametru FEV1/FVC (Tiffenaův index) (tabulka 11). U probanda s ID 605 narozeného v roce 2002 byla zjištěna nižší hodnota vteřinové vitální kapacity plic (FEV1) i Tiffenaova indexu (tabulka 12). U probandů narozených v letech 1999 a 2000 bylo zjištěno největší množství snížených hodnot spirometrických parametrů (tabulka 14). U probanda s ID 809 byly nízké hodnoty hned u čtyř parametrů, a to u vitální kapacity (VC), vteřinové vitální kapacity (FEV1), Tiffenaova indexu (FEV1/FVC) a vrcholové výdechové rychlosti (PEF). Proband s ID 902 měl nízké hodnoty parametrů usilovné vitální kapacity (FVC), vteřinové vitální kapacity (FEV1) a vrcholné výdechové rychlosti (PEF). Nízké hodnoty u parametru FEV1 byly zjištěny i u probandů s ID 904 a 911. Proband s ID 911 nedosáhl na spodní hranici také u parametru FEV1/FVC.

Tab. 11: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám u probandů narozených v roce 2003 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince.

ID	% NH VC	% NH FVC	% NH FEV1	FEV1/FVC	% NH PEF
602	111,4	110,5	88,2	79,22	56,6
603	97,3	85,1	83,8	97,87	68,0
604	99,3	101,5	96,8	94,75	72,6
606	127,4	131,4	131,4	99,29	96,1
607	114,6	105,8	96,5	90,61	48,1
612	92,6	97,0	87,1	89,26	60,8
613	104,6	103,6	97,3	93,02	54,9
615	91,9	89,9	83,6	92,39	46,1
617	96,8	99,2	88,9	88,94	74,3

ID = identifikační číslo, % NH VC = poměr naměřené a náležité hodnoty vitální kapacity plic (v %), % NH FVC = poměr naměřené a náležité hodnoty usilovné vitální kapacity plic (v %), % NH FEV1 = poměr naměřené a náležité hodnoty vteřinové vitální kapacity plic (v %), FEV1/FVC = Tiffenaův index (v %), % NH PEF = poměr naměřené a náležité hodnoty vrcholové výdechové rychlosti (v %).

Tab. 12: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v roce 2002 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince.

ID	% NH VC	% NH FVC	% NH FEV1	FEV1/FVC	% NH PEF
601	94,0	96,9	93,4	95,74	80,9
605	103,3	98,5	77,8	78,51	56,0
608	93,8	93,9	83,6	88,45	61,8
609	101,0	102,2	88,2	85,71	58,8
610	110,2	106,5	106,1	98,86	83,1
616	100,1	96,7	86,1	88,34	52,6
619	101,2	88,5	83,7	93,96	69,4
620	107,6	98,0	98,4	99,78	88,4
701	125,2	129,7	108,2	82,70	55,8
702	106,0	102,4	101,7	98,60	88,3
704	97,5	89,1	85,4	95,11	55,0
705	115,5	107,1	105,3	97,66	88,6
708	101,6	101,6	87,4	85,40	45,1
710	105,9	106,3	101,8	95,16	80,2
712	116,5	112,7	99,1	87,37	74,5
713	121,4	110,7	109,1	97,89	67,8

ID = identifikační číslo, % NH VC = poměr naměřené a náležité hodnoty vitální kapacity plic (v %), % NH FVC = poměr naměřené a náležité hodnoty usilovné vitální kapacity plic (v %), % NH FEV1 = poměr naměřené a náležité hodnoty vteřinové vitální kapacity plic (v %), FEV1/FVC = Tiffenaův index (v %), % NH PEF = poměr naměřené a náležité hodnoty vrcholové výdechové rychlosti (v %).

Tab. 13: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v roce 2001 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince.

ID	% NH VC	% NH FVC	% NH FEV1	FEV1/FVC	% NH PEF
707	110,5	103,1	102,6	98,99	64,4
709	126,6	118,7	107,7	90,05	70,5
711	112,2	108,9	109,5	99,84	119,1
804	87,1	90,0	89,2	98,50	80,9
807	100,5	98,1	97,9	99,27	80,6
808	86,2	101,4	89,0	87,20	59,1

ID = identifikační číslo, % NH VC = poměr naměřené a náležité hodnoty vitální kapacity plic (v %), % NH FVC = poměr naměřené a náležité hodnoty usilovné vitální kapacity plic (v %), % NH FEV1 = poměr naměřené a náležité hodnoty vteřinové vitální kapacity plic (v %), FEV1/FVC = Tiffenaův index (v %), % NH PEF = poměr naměřené a náležité hodnoty vrcholové výdechové rychlosti (v %).

Tab. 14: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v letech 1999 a 2000 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince.

ID	% NH VC	% NH FVC	% NH FEV1	FEV1/FVC	% NH PEF
803	99,4	101,0	86,1	84,81	50,6
805	114,5	92,6	80,0	85,85	38,3
809	70,9	97,1	65,8	67,34	34,3
810	115,3	119,8	107,6	89,18	64,4
902	83,1	79,8	76,2	95,00	54,1
903	108,0	111,9	110,5	98,00	78,5
904	83,1	81,8	76,4	92,96	63,3
905	118,6	109,8	96,7	87,59	53,7
907	121,9	116,0	115,8	99,07	91,1
908	122,3	120,8	104,3	85,83	78,0
909	103,9	107,1	102,3	94,22	78,8
910	118,7	117,7	100,8	85,19	57,4
911	93,3	90,4	69,1	75,96	34,8
913	104,9	93,3	77,5	82,45	57,6
914	123,8	110,6	110,8	99,47	102,8
915	101,2	91,2	87,7	95,58	66,6

ID = identifikační číslo, % NH VC = poměr naměřené a náležité hodnoty vitální kapacity plic (v %), % NH FVC = poměr naměřené a náležité hodnoty usilovné vitální kapacity plic (v %), % NH FEV1 = poměr naměřené a náležité hodnoty vteřinové vitální kapacity plic (v %), FEV1/FVC = Tiffenaův index (v %), % NH PEF = poměr naměřené a náležité hodnoty vrcholové výdechové rychlosti (v %).

6.7. Srovnání výsledků probandů s náležitými hodnotami pro FVC a FEV1

Do výzkumného souboru byly zařazeny dvě dívky ve věku 11 let, 18 dívek ve věku 12 let, 9 dívek ve věku 13 let, 7 dívek ve věku 14 let a 11 dívek ve věku 15 let. (tabulka 15). Trend přibývajících výšky a váhy u dívek v závislosti na věku byl narušen údaji 14letých dívek, které byly průměrně menší a lehčí než dívky 13leté. U 11letých dívek je průměrná hmotnost vyšší než u 12 a 14letých dívek ovlivněna vyšší hmotností jedné ze dvou testovaných dívek (probandi s ID 602, 603; příloha 4, tabulka 18). Průměrná hodnota FVC 11letých dívek je 3,02 l, přičemž každá se odlišuje od své náležité hodnoty průměrně o 0,31 l. Průměrná hodnota $3,00 \pm 0,30$ l FVC u 12letých dívek je nižší než u 11letých. 13leté dívky průměrně nadýchaly $3,46 \pm 0,36$ l FVC, což je nejvyšší hodnota mezi všemi věkovými kategoriemi dívek. U 14letých dívek je průměrná hodnota FVC $3,21 \pm 0,33$ l a u 15letých dívek $3,45 \pm 0,53$ l. Průměrné hodnoty FEV1 mají rostoucí charakter, který je narušen nejnižším výsledkem 14letých dívek, které dosáhly na průměrnou hodnotu FEV1 $2,81 \pm 0,61$ l a 15letých dívek s průměrnou hodnotou $3,12 \pm 0,61$ l.

Tab. 15: Srovnání výsledků testů usilovné vitální kapacity (FVC) a vteřinové vitální kapacity (FEV1) s náležitými hodnotami probandů vztahených k výšce, váze a věku.

věk (roky)	n	Výška (cm)		Váha (kg)		FVC (l)		FEV1 (l)	
		\bar{x}	SD1	\bar{x}	SD1	\bar{x}	SD2	\bar{x}	SD2
11	2	155,50	7,78	52,00	21,21	3,02	0,31	2,48	0,60
12	18	156,67	6,38	46,50	7,69	3,00	0,30	2,76	0,42
13	9	161,11	± 8,16	52,78	± 7,74	3,46	± 0,36	3,27	± 0,21
14	7	160,43	5,38	49,14	5,76	3,21	0,33	2,81	0,59
15	11	164,91	5,74	54,55	8,64	3,45	0,53	3,12	0,61

n = počet probandů, \bar{x} = průměr, SD1 = směrodatná odchylka (standard deviation) od průměru skupiny, SD2 = směrodatná odchylka (standard deviation) od náležité hodnoty, FVC = usilovná vitální kapacita, FEV1 = vteřinová vitální kapacita.

7. Diskuze

Z výsledků studií, využívajících spirometrii jako jednu z výzkumných metod, vyplývá, že vitální kapacita plic člověka vždy závisí na mnoha faktorech, kterými jsou především věk, výška, váha, pohlaví, zdravotní stav, pravidelná tělesná zátěž, příslušnost k etnické skupině a životní prostředí jedince (Jat, 2013; Neukirch *et al.*, 1994; Sharma *et al.*, 1997; Subbarao *et al.*, 2004). Vliv výšky a váhy na parametry spirometrie odráží fakt, že 100 % náležité hodnoty vitální kapacity mohou dosáhnout jedinci s různě vysokou hodnotou naměřené vitální kapacity plic, což dokazují výsledky této práce. Např. v tabulce 6 proband s identifikačním číslem (ID) 903 dosáhl 108,0 % své náležité hodnoty (NH) vitální kapacity plic (VC) při naměřené hodnotě vitální kapacity plic (VC) 2,89 l. Podobného výsledku 114,5 % NH VC při 3,85 l VC dosáhl proband s ID 805. Oba uvedení probandi dosáhli nadprůměrných hodnot v rámci výzkumného souboru probandů narozených v letech 1999 a 2000, přičemž jejich naměřené hodnoty VC se lišily o 0,96 l. Proband s ID 903 měl v době měření spirometrie 151 cm a 41 kg, proband s ID 805 měřil 164 cm a vážil 54 kg (příloha 4, tabulka 16). Závislost výsledků parametrů spirometrie je patrná i z výsledků v tabulce 15. Třináctileté dívky s průměrnou výškou $161,11 \pm 8,16$ cm a hmotností $52,78 \pm 7,74$ kg dosahovaly hodnot $3,46 \pm 0,36$ l FVC a $3,27 \pm 0,21$ l FEV1. Čtrnáctileté dívky ($160,43 \pm 5,38$ cm; $49,14 \pm 5,76$ kg) dosahovaly nižších hodnot, a to $3,21 \pm 0,33$ l FVC a $2,81 \pm 0,59$ l FEV1. Informace o zásadní souvislosti výsledků spirometrických měření s výškou, váhou a věkem, zmiňuje i Cole *et al.* (2009) a Stanojevic *et al.* (2009).

Rosenthal *et al.* (1993) uvádí, že dechové parametry se během dospívání výrazně mění a navíc, že dívky v předpubertálním období mají o 2 – 8 % nižší hodnoty vteřinové vitální kapacity plic (FEV1), usilovné vitální kapacity plic (FVC) a Tiffenaova indexu (FEV1/FVC) než chlapci při stejné výšce. Ke stejným závěrům dospěl ve své práci i Mankze *et al.* (2001).

Vzhledem k tomu, že byly pro výzkum provedený v této diplomové práci vybrány jen dívky, nelze na výsledcích prokázat rozdíly mezi chlapci a dívkami. Výrazné změny dechových parametrů dívek během jejich dospívání nastolují problém, jakým způsobem stanovovat referenční hodnoty pro dívky v tomto období (Subbarao *et al.*, 2004).

Do výzkumného souboru této diplomové práce byly záměrně vybírány pouze zdravé dívky, které se nevěnují žádnému vrcholovému sportu. Otázkou bylo, jestli se u některé z těchto dívek objeví výsledky, které by mohly vypovídat o nějaké poruše dýchacího systému. Chang (2011) uvádí, že se nejčastěji využívají k hodnocení spirometrie tyto parametry: usilovná vitální kapacita (FVC), vteřinová vitální kapacita (FEV1) a Tiffenaův index (FEV1/FVC nebo FEV1/VC). Podle Levy *et al.* (2009) a Fišerové (2001) se za normální výsledky spirometrie považují hodnoty rovnající se a vyšší 80 % náležité hodnoty FEV1 a VC. Spodní hranice FVC zdravého člověka je také 80 % náležité hodnoty (Heinzmann-Filho *et al.*, 2012). Vrcholová výdechová rychlost (PEF) slouží ke sledování obstrukčních ventilačních poruch, ale má jen dlouhodobější význam, poněvadž se hodnoty PEF sledují v delším časovém horizontu. Sleduje se buď 24 hodinová variabilita nebo variabilita PEF během 14 denního monitorování. Pokud variabilita během dne nepřekročí 10 %, sledovaný jedinec obstrukční poruchou netrpí. Když variabilita překročí 20 % během 14 denního pozorování, je sledovaný postižen obstrukční chorobou. Každopádně v případě hodnocení PEF i bez dlouhodobého pozorování, by hodnoty neměly u dětí klesnout pod 60 % NH (Fišerová, 2001).

Na základě těchto údajů byly tyto spirometrické parametry zhodnoceny a zvýrazněny hodnoty, jež by mohly poukazovat na některou z poruch dýchacího systému probanda (tabulka 11, 12, 13 a 14). V souboru probandů narozených v roce 2003 (tabulka 11) byly zjištěny podlimitní hodnoty u vrcholové výdechové rychlosti (PEF) u probandů s ID 602 (56,6 % NH PEF), 607 (48,1 % NH PEF), 613 (54,9 % NH PEF) a 615 (46,1 % NH PEF). Naměřené hodnoty poukazují na to, že by se u těchto probandů mohla vyskytovat obstrukční ventilační porucha. U probanda s ID 602 byl zaznamenán mírný pokles od normální hodnoty u parametru FEV1/FVC (79,22 %). Ostatní naměřené hodnoty jsou v normě.

Nízké hodnoty PEF se objevily i v souboru probandů narozených v roce 2002 (tabulka 12). Hodnoty nižší než 60 % NH PEF měli probandi s ID 605, 609, 616, 701, 704, 708. U těchto probandů je podezření na obstrukční ventilační poruchu. Proband s ID 605 měl navíc podlimitní hodnoty FEV1 (77,8 % HN) a FEV1/FVC (78,51 %).

Nejméně hodnot pod normami zjištěnými v odborné literatuře bylo zaznamenáno u probandů narozených v roce 2001 (tabulka 13). Pouze proband s ID 808 měl hodnotu pod 60 % NH PEF (59,1 %).

Naopak nejvíce podlimitních hodnot bylo zaznamenáno u nejstarších probandů narozených v letech 1999 a 2000 (tabulka 14). Celkem sedm probandů mělo nízké hodnoty PEF. Čtyři probandi (ID 809, 902, 904, 911) měli nízké hodnoty FEV1 (65,8; 76,2; 76,4; 69,1 % NH FEV1). U probanda s ID 809 byly naměřeny nižší hodnoty u parametru VC (70,9 % NH), FEV1 (65,8 % NH) a FEV1/FVC (67,34 %). 79,8 % NH FVC je taktéž hodnota nižší než je normálních minimálních 80 %. Tato hodnota byla zjištěna u probanda s ID 902. Proband s ID 911 má kromě nízkých hodnot FEV1 a PEF nízkou hodnotu také u parametru FEV1/FVC (75,96 %).

Fišerová (2001) uvádí, že v případě poklesu FEV1 pod 80 % jde o obstrukční ventilační poruchu a v případě poklesu VC pod 80 % o restriční ventilační poruchu. U obstrukčních ventilačních poruch bývá FEV1 sníženo primárně, kdežto u restričních ventilačních poruch sekundárně vlivem snížení VC. Obstrukční ventilační porucha se nemusí nijak projevit ve snížení VC. Naopak u restriční ventilační poruchy klesá VC pod 80 % náležitě hodnoty (Čmejla, 2012). Závažnost obstrukční ventilační poruchy u dětí lze určit na základě hodnot FEV1 vztažených k náležitým hodnotám. FEV1 < 100 % až 80 % indikuje lehkou obstrukční ventilační poruchu, FEV1 < 80 % až 50 % střední obstrukční ventilační poruchu, FEV1 < 50 % až 30 % znamená, těžkou obstrukční ventilační poruchu a FEV1 < 30 % indikuje velmi závažnou poruchu (Fuhlbrigge *et al.*, 2006). Ptáčnicková (2012) také uvádí, že obstrukční ventilační porucha je charakterizována poklesem hodnoty FEV1. Dušíková (2006), Chlumský *et al.* (2013) a Ptáčnicková (2012), uvádí však odlišné dělení dle závažnosti. Při FEV1 < 80 % až 60 % jde o lehký stupeň obstrukční ventilační poruchy. Hodnoty FEV1 < 60 % až do 45 % označují jako středně těžký stupeň obstrukční ventilační poruchy a za těžký stupeň pokládají snížení FEV1 pod 45 %. Podle těchto parametrů byly posuzovány výsledky poukazující na možnou ventilační poruchu.

U probandů narozených v roce 2003 se sníženými hodnotami PEF se objevila mírně nižší hodnota FEV1/FVC u jednoho probanda s ID 602. Tyto výsledky by mohly ukazovat na obstrukční ventilační poruchu. Odchytky byly však pouze minimální, a proto lze říct, že dívky z tohoto vzorku byly zdravé. Podobný výsledek se týká i probandů narozených v roce 2002. Pouze jeden proband s ID 605 měl kromě nízké hodnoty PEF i hodnoty FEV1 pod 80 % NH (77,8 %) a FEV1/FVC (78,51 %). Dle této hodnoty se dá usuzovat na lehkou obstrukční ventilační poruchu. Podle výsledků v tabulce 13 s probandy narozenými v roce 2001 srovnanými s literaturou lze usoudit, že byly všichni probandi zdraví, neboť všechny hodnoty byly v normě,

kromě již zmíněného malého poklesu hodnoty PEF u probanda s ID 808. Největší množství hodnot, které klesly pod spodní hranici normálních výsledků, bylo zaznamenáno u probandů narozených v letech 1999 a 2000. Podle výsledků FEV1 lze u probandů s ID 809, 902, 904 a 911 s hodnotami 65,8; 76,2; 76,4; 69,11 % NH diagnostikovat lehkou obstrukční ventilační poruchu. Toto tvrzení u probandů s ID 809 a 911 podporují nízké hodnoty FEV1/FVC, u zbývajících vyjmenovaných probandů nízké hodnoty PEF.

Restrikční ventilační porucha se vyznačuje jak normálními hodnotami FEV1, tak i jejich poklesem pod 80 % náležité hodnoty FEV1. Dále poklesem FVC pod 80 % náležité hodnoty. FEV1/FVC nabývá normálních hodnot, tzn. 100 % - 80 % náležité hodnoty (Mikulski *et al.*, 2013). Ptáčnicková (2012) a Voller (2014) restrikční ventilační poruchu rozdělují podle závažnosti na lehkou (FVC < 80 % až 60 %), středně těžkou (FVC < 60 % až 40 %) a těžkou (FVC < 40 %). Stejně rozdělení najdeme i v práci Chlumský *et al.* (2013). Hodnoty 70,9 % NH VC, 65,8 % NH FEV1 zjištěné u probanda s ID 809, nasvědčují restrikční ventilační poruše. Hodnota 97,1 % NH FVC této poruše však nenasvědčuje. Nízké hodnoty FEV1 (65,8 % NH FEV1) a PEF (34,3 % NH PEF) spíše vypovídají o obstrukční poruše. V populaci však existuje variabilita a proto je nutné po základním spirometrickém vyšetření provádět detailní vyšetření dýchací soustavy (celotělová pletysmografie), které může u probanda onemocnění potvrdit nebo vyvrátit.

Strang (1959) provedl podobné měření na třech vybraných školách v Newcastlu. U 209 dívek ve věkovém rozměru 7 – 18 let zjišťoval hodnoty FVC a FEV1. Měření provedl na 20 dívkách v každé věkové kategorii od 7 do 18 let. Hodnoty FVC a FEV1 jsou podobné s výsledky v této diplomové práci. Strang (1959) prezentuje hodnoty FVC a FEV1 pro jednotlivé věkové kategorie dívek stejným způsobem. 11leté dívky dosahovaly hodnot $2,68 \pm 0,63$ l FVC a $2,49 \pm 0,23$ l FEV1. U 12letých dívek byly hodnoty $3,14 \pm 0,43$ l FVC, $2,64 \pm 0,66$ l FEV1, u 13letých dívek $3,35 \pm 0,45$ l FVC, $3,02 \pm 0,35$ l FEV1, u 14letých dívek $3,61 \pm 0,48$ l FVC a $3,20 \pm 0,39$ l FEV1 a u 15letých dívek $3,75 \pm 0,53$ l FVC a $3,32 \pm 0,33$ l FEV1. Odlišnosti od výsledků v této diplomové práci jsou u hodnoty FVC 11letých dívek, které dosáhly vyšších hodnot. Nižší hodnoty FVC i FEV1 byly zaznamenány u 14letých dívek, které jsou způsobeny pravděpodobně nižší průměrnou hmotností a výškou dívek vybraných do souboru v této věkové kategorii. Poněkud nižší byly i hodnoty FVC 15letých dívek, příčinou může být větší počet podlimitních hodnot ukazujících na podezření z ventilační poruchy.

Chinn *et Rona* (1992) ve své práci prezentují výsledky spirometrických testů 722 dívek z Anglie ve věku 6 – 11 let. S touto prací lze porovnat pouze hodnotu $2,23 \pm 0,38$ l FEV1 u 11letých dívek, která je nižší než výsledky stejně starých dívek v této práci ($2,48 \pm 0,60$ l FEV1). V jiné práci, prezentující výsledky měření spirometrie předškolních a školních dětí, byly výsledky vhodné pro srovnání s touto prací pro věkovou kategorii dívek 10 až 12 let, které dosahovaly hodnot $2,85 \pm 0,69$ l FVC a $2,57 \pm 0,58$ l FEV1 (Heinzmann-Filho *et al.*, 2012).

Naopak měření FVC a FEV1 provedené u skupiny 188 indických dívek (Sharma *et al.*, 1997) přineslo výsledky odlišné od podobných výzkumů v Evropě. Veškeré výsledné hodnoty sledovaných parametrů těchto dívek byly podstatně nižší, než hodnoty probandů vybraných pro účely této práce (dívkyně europoidní rasy). Průměrná hodnota FVC 11 a 12letých indických dívek byla $1,64 \pm 0,50$ l a FEV1 $1,60 \pm 0,50$ l. Průměrné hodnoty 14 a 15letých dívek byly $2,49 \pm 0,2$ l FVC a $2,28 \pm 0,3$ l FEV1. Rozdíly ve spirometrii u příslušníků různých etnik a vlivu etnické příslušnosti na výpočty referenčních hodnot spirometrických parametrů potvrzuje Neukirch *et al.* (1994).

Výsledky a možnosti jejich statistického zpracování v této diplomové práci byly ovlivněny malým počtem probandů v jednotlivých věkových skupinách. Porovnání výsledků s odbornou literaturou je pouze orientační a slouží spíše k nastínění možností, jakým směrem by se interpretace výsledků mohla ubírat v případě rozsáhlejšího výzkumného souboru.

Na základě osobní konzultace výsledků měření s odborníky v oblasti imunologie, alergologie a plicního lékařství (Fakultní nemocnice Olomouc) nebylo doporučeno hodnotit nízké hodnoty parametru PEF jako ukazatele obstrukční ventilační poruchy. V případě výsledků získaných v této práci nízké hodnoty PEF odrážejí spíše sníženou snahu probandů při měření.

Z didaktického hlediska se přístroj Vitalograph 2120 osvědčil jako zajímavé zpestření během výuky dýchací soustavy v přírodopisu a biologii. Je však zapotřebí s přístrojem umět zacházet a najít v učebním plánu místo na dvouhodinové praktické cvičení, což může být hůře realizovatelné. Na druhou stranu změření vlastních výsledků žáků a studentů významně zvyšuje motivaci.

8. Závěr

Tato diplomová práce se zaměřila na představení dýchací soustavy člověka, získávání digitálních spirometrických dat spirometrem Vitalograph 2120 a jejich následnou analýzu v kontextu literatury, zabývající se touto problematikou. Praktická část obsahuje výsledky měření vitální kapacity plic u vzorku populace, který byl vybrán pro spirometrická vyšetření, tj. u zdravých žákyň 6. – 9. třídy ZŠ. U některých dívek se objevily podprůměrné výsledky, které by mohly naznačovat nezdravý životní styl nebo onemocnění dýchacího systému. Tyto dívky byly informovány o svých výsledcích a v případě vzniku dýchacích obtíží jim byla doporučena návštěva imunologicko-alergologické poradny.

Diplomová práce byla doplněna i návrhy na praktická cvičení pro základní a střední školy, kde může být přístroj využit za účelem přiblížit žákům spirometrii, jako základní funkční vyšetření dýchací soustavy.

9. Literatura

AHMET, B. et MILIC-EMILI, J. (1997): *Expiratory Flow Limitations During Spontaneous Breathing. Comparison of Patients with Restrictive and Obstructive Disorders*. Chest 112: 1017 – 1023.

ALEXANDRAKI, S., KOUTSILIERIS, M., SIAFAKAS, N. et KATSARDIS, C. (2010): *Spirometric Reference Values in Greek Children and Adolescents*. In vivo 24: 195 – 200.

AYRES, J. (2001): *Astma*. Informace a rady lékaře. Praha: Grada publishing, spol. s. r. o., 95 s.

BANASIAK, N. C. (2014): *Primary Care Approaches. Spirometry in Primary Care for Children with Asthma*. Pediatric Nursing 40: 195 – 108.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (CIA). (2016): *The World Factbook*. [online]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/us.html> [cit. 2016-07-11].

COLE, T. J., STANOJEVIC, S., STOCKS, J., COATES, A. L., HANKINSON, J. L. et WADE, A. M. (2009): *Age- and size-related reference ranges: A case study of spirometry through childhood and adulthood*. Statistics in Medicine 28: 880 – 898.

DURMIC, T., LAZOVIC, B., DJELIC, M., LAZIC, J. S., ZIKIC, D., ZUGIC, V., DEKLEVA, M. et MAZIC, S. (2015): *Sport-specific Influences on Respiratory Patterns in Elite Athletes*. The Brazilian Journal of Pulmonology 41: 516 – 522.

DUŠÍKOVÁ, D. (2006): *Funkční vyšetření plic*. Ostrava: FN Ostrava. [online]. Dostupné z: http://www.fno.cz/documents/2006_03_28_004.pdf [cit. 2016-04-29].

DYLEVSKÝ, I. (2013): *Základy funkční anatomie člověka*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 213 s.

ČMEJLA, R. (2012): *Textová verze 12. přednášky z BSG: Plicní funkce, spirometrie*. Praha: ČVUT. [online]. Dostupné z: <http://sami.fel.cvut.cz/bsg/BSG12.txt> [cit. 2016-04-29].

FIŠEROVÁ, J. (2001): *Doporučené postupy pro praktické lékaře: Základní a specializovaná funkční vyšetření plic. ČLS* [online]. Dostupné z: www.cls.cz/dokumenty2/os/r088.rtf [cit. 2015-08-05].

FIŠEROVÁ, J., CHLUMSKÝ, J. et KOCIÁNOVÁ, J. (2003): *Funkční vyšetření plic*. 1. vyd. Praha: GEUM, 128 s.

FUHLBRIGGE, A. L., WEISS, S. T., KUNTZ, K. M. et PALTIEL, A. D. (2006): *Forced Expiratory Volume in 1 Second Percentage Improves the Classification of Severity among Children with Asthma*. Pediatrics 118: 347 – 355.

HARRIS, H. W., MENEELY, G. R., RENZETTI, A. D., STEELE J. D. et WYATT, J. P. (1962): *Chronic Bronchitis, Asthma, and Pulmonary Emphysema*. Archives of Environmental Health: An International Journal 5: 375 – 382.

HEINZMANN-FILHO, J. P., VIDAL, P. C. V., JONES, M. H. et DONADIO, M. V. F. (2012): *Normal Values for Respiratory Muscle Strength in Healthy Preschoolers and School Children*. Respiratory Medicine 106: 1639 – 1646.

CHANG, C. (2011): *Asthma in Children and Adolescents: A Comprehensive Approach to Diagnosis and Management*. Clinical Reviews in Allergy & Immunology 43: 98 - 137.

CHINN, S. et RONA, R. J. (1992): *Height and Age Adjustment for Cross Sectional Studies of Lung Function in Children Aged 6 – 11 Years*. Thorax 47: 707 – 714.

CHLUMSKÝ, J., FIŠEROVÁ, J., KOCIÁNOVÁ, J., ZINDR, V. et KOBLÍŽEK, V. (2013): *Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí*. Česká pneumologická a ftizeologická společnost ČLS JEP [online]. Dostupné z: www.pneumologie.cz/upload/1385996944.pdf [cit. 2016-07-09].

JAT, K. R. (2013): *Spirometry in Children*. Primary Care Respiratory Journal 22: 221 – 229.

JELÍNEK, J. et ZICHÁČEK, V. (2004): *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 7., aktualiz. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 574 s.

KANDUS, J. (2001): *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích*. Vyd. 2. nezměn. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 138 s.

KAŇKOVÁ, K., HÁJEK, D., HORKÝ, M., IZAKOVIČOVÁ-HOLÁ, L., JURAJDA, M., KOTALA, V., VÁCHA, J., VAŠKŮ, A. et ZNOJIL, V. (2009): *Patologická fyziologie pro bakalářské studijní programy*. Brno: Masarykova univerzita, 166 s.

KOLÁŘ, P. (2009): *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 713 s.

LEVY, M. L., QUANJER, P. H., BOOKER, R., COOPER, B. G., HOLEMS, S. et SMALL, I. R. (2009): *Diagnostic Spirometry in Primary Care*. Primary Care Respiratory Journal, 18: 130 - 147.

MANZKE, H., STADLOBER, E. et SCHELLAUF, H-P. (2001): *Combined Body Plethysmographic Spirometric and Flow Volume Reference Values for Male and Female Children Aged 6 to 16 Years Obtained from Hospital Normals*. European Journal of Pediatrics 160: 300 – 306.

MIKULSKI, M. A., GERKE, A. K., LOURENS, S., CZECZOK, T., SPRINCE, N. L., LANEY, A. S., et FOURTES, L. J. (2013): *Agreement Between Fixed-Ratio and Lower Limit of Normal Spirometry Interpretation Protocols Decreases With Age*. Journal of Occupation and Environmental Medicine 7: 802 – 808.

MILLER, M. R. (2005): *General Considerations for Lung Function Testing*. European Respiratory Journal 26: 153 - 161.

MUSIL, J. (2012): *Pneumologie. 2., upr. vyd.* Praha: Karolinum, 250 s.

NATIONAL ASTHMA EDUCATION AND PREVENTION PROGRAM (NAEPP). 2007. *Expert panel Report 3: Guidelines for the Diagnosis and Management of Asthma*. National Institutes of Health. [online]. Dostupné z: <http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/asthma/asthsumm.htm> [cit. 2016-07-05].

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). (2013): *What Is COPD?*. [online]. Dostupné z: <http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/copd> [cit. 2016-07-06].

NEDER, J. A., ANDREONI, S., CASTELO – FILHO, A. et NERY, L. E. (1999): *Reference Values for Lung Function Tests. I. Static Volumes*. Brazilian Journal of Medical and Biological Research 32: 703 – 717.

NEUKIRCH, F., CHASIN, R., LIARD, R., LEVALLOIS, M. et LEPROUX, P. (1994): *Spirometry and Maximal expiratory Flows-Volume Curve Reference Standards for Polynesian, European, and Chinese Teenagers*. Chest 4: 792 – 798.

NOVOTNÝ, I. et HRUŠKA, M. (1995): *Biologie člověka pro gymnázia. 1. vyd.* Praha: Fortuna, 136 s.

PALATKA, K. (2006): *Funkční vyšetření plic a jeho klinický význam*. Lékařské listy 13 [online]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/funkcni-vysetreni-plic-a-jeho-klinicky-vyznam-173677> [cit. 2015-08-05].

PALEČEK, F. (1999): *Patofyziologie dýchání. Vyd. 2., přeprac. a rozš., v Akademii 1.* Praha: Academia, 402 s.

PEARCE, L. (2011): *Understanding Spirometry*. Nursing Times 107: 14 – 17.

PLACHETA, Z., SIEGELOVÁ, J. et ŠTEJFA, M. (1999): *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi. 1. vyd.* Praha: Grada Publishing, 276 s.

PTÁČNÍKOVÁ, J. (2012): *Hodnocení vybraných spirometrických a dynamometrických parametrů bronchogenního karcinomu*. UK v Praze, 65 s.

QUANJER, H., TAMMELING, G. J., COTES, J. E., PEDERSEN, O. F., PESLIN, R. et YERNAULT, J.-C. (1993): *Lung Volumes and Forced Ventilatory Flows*. European Respiratory Journal 6: 5 – 40.

ROSENTHAL, M., CRAMER, D., BAIN, S. H., DENISON, D., BUSH, A. et WARNER, J. (1993): *Lung Function in White Children Aged 4 to 19 Years: II-Single Breath Analysis and Plethysmography*. Thorax 48: 803 – 808.

RUSZ, J., ČMEJLA, R., STRÁNÍK, A. et JANČA, R. (2011): *Komplexní měření plicních funkcí s využitím spirometrie*. 19th Annual Conference Proceedings Technical Computing Prague 2011. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 1 – 5.

SHARMA, P. P., GUPTA, P., DESHPENDE, R. et GUPTA, P. (1997): *Lung Function Values in Healthy Children (10 – 15 years)*. Indian Journal of Pediatrics 64: 85 – 91.

SCHMIDT, R. F. (1993): *Memorix - Fyziologie*. 1. vyd. Praha: Scientia Medica, 310 s.

SILBERNAGL, S. et DESPOPOULOS, A. (2004): *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd., zcela přeprac. a rozš., Vyd. 3. české. Praha: Grada, 435 s.

SLAVÍKOVÁ, J. et ŠVÍGLEROVÁ, J. (2012): *Fyziologie dýchání*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 92 s.

SMOLÍKOVÁ, L. et MÁČEK, M. (2010): *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 194 s.

SPIRXPERT. (2016): *Fleisch Type Pneumotachometer*. [online]. Dostupné z: <http://www.spirxpert.com/technical2.htm> [cit. 2016-02-17].

STANOJEVIC, S., WADE, A., STOCKS, J., HANKINSON, J., COATES, A. L., PAN, H., ROSENTHAL, M., COREY, M., LEBECQUE, P. et al. (2008): *Reference Ranges for Spirometry Across All Ages*. American Journal of Respiratory and Critical Care 177: 253-260.

STIEFEL Eurocart, s.r.o (2015): *Dýchací soustava*. [online]. Dostupné z: <http://www.stiefel-eurocart.cz/nastenne-didakticke-pomucky-/100-dychacia-sustava.html#idTab1> [cit. 2015-08-06].

STRANG, L. B. (1959): *The Ventilatory Capacity of Normal Children*. Thorax 14: 305 – 310.

SUBBARAO, P., LEBECQUE, P., COREY, M. et COATES, A. L. (2004): *Comparison of Spirometric Reference Values*. Pediatric Pulmology 37: 512 – 522.

TROJAN, S. (1996): *Lékařská fyziologie*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: Grada, 489 s.

VITALION. (2015): *Nemoci: Plicní emfyzém*. [online]. Dostupné z: <http://nemoci.vitalion.cz/plicni-emfyzem/> [cit. 2015-08-05].

VITALOGRAPH. (2016): *The Fleisch Pneumotachograph*. [online]. Dostupné z: <https://vitalograph.ie/education/fleisch> [cit. 2016-02-17].

VOLLER, J. (2014): *Poruchy a vyšetření plicní ventilace*. Plzeň: Ústav patologické fyziologie LF UK v Plzni. [online]. Dostupné z: <http://www.lfp.cuni.cz/patofyziologie/materialy/ventilace.ppt> [cit. 2016-04-29].

VOTAVA, V. (1996). *Pneumologie v praxi*. Praha: Galén, 279 s.

ZATLOUKAL, J. (2011): *Mechanika dýchání a její terapeutické ovlivnění u pacientů s plicní formou sarkoidózy*. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* 4: 167-172.

10. Přílohy

Příloha 1: Informovaný souhlas zákonného zástupce žáka

Vážení rodiče,

jako student 5. ročníku Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci oboru učitelství geografie a biologie, Vás žádám jak jménem svým, tak jménem vedoucí mé diplomové práce paní RNDr. Ivany Fellnerové, Ph.D. o poskytnutí souhlasu ke spirometrickému vyšetření Vaší dcery. Toto vyšetření je velice jednoduché a spočívá v dýchání do přístroje zvaného spirometr. Aby mohl přístroj správně vyhodnotit měření, je nutné znát výšku a váhu vyšetřované osoby. Výstupní data z měření budou pak analyzována a vyhodnocena v mé diplomové práci. Celé vyšetření je zcela anonymní a výsledky měření budou využity pouze pro účely diplomové práce.

Děkuji Vám

Bc. Jan Zdráhal

V případě dotazů pište na mail: jenik.zdrahal@seznam.cz
nebo volejte na tel.: 724490590

Souhlas zákonného zástupce žáka se spirometrickým vyšetřením

Jméno a příjmení žáka: _____

Účel a cíl vyšetření:

Sběr digitálních spirometrických dat, která budou zpracována a využita pro účely diplomové práce.

Povaha (rozsah) vyšetření:

Žák bude vyšetřen studentem Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, při kterém budou zjišťovány hodnoty žákovy výšky a váhy, které slouží jako vstupní data pro spirometrické vyšetření. Vlastní vyšetření spočívá v dýchání do spirometru podle instrukcí vyšetřujícího.

Doba trvání vyšetření:

Pohybuje se od 5 do 10 minut.

Souhlasím s účastí své dcery na spirometrickém vyšetření.

Podpis zákonného zástupce žáka: _____

Dne . . 2015 V _____

Příloha 3: Návod k spirometru Vitalograph 2120

Zprovoznění spirometru Vitalograph 2012

Samotný přístroj je připraven ihned k používání, pomine-li nabíjení baterie. Je-li záměrem práce se spirometrem ukládání většího množství dat je potřeba propojit spirometr s počítačem a nainstalovat potřebný software.

Instalace USB převodníku

Ke kompatibilnímu propojení spirometru s počítačem slouží sériový port RS-232 (COM1, COM2), který s hardwaru počítačů mizí a proto bylo nutné použít k propojení USB převodník UC-232 (obr. 7). Postup instalace:

1. Připojte převodník k USB portu počítače. Automaticky se spustí průvodce instalace nového hardwaru (New Hardware Wizard).
2. Vložte instalační CD do CD ROM počítače a nainstalujte software.

Instalace programu SPIROTRAC®IV

Díky tomuto programu je možné provádět spirometrické testy se spirometrem připojeným k počítači a sledovat jejich průběh v reálném čase. Nutná je instalace softwaru ke spirometru do počítače. Instalace probíhá stejně jako u jiného softwaru. Postup instalace:

1. Nejprve vložte instalační CD (obr. 8) do mechaniky počítače, automaticky se spustí průvodce instalací nového softwaru.
2. Následuje výběr jazyka, poté vyskočí okno, kde je nutné souhlasit s licenčními podmínkami.
3. Pokud jste spokojeni s místem, kam bude software nainstalován, pokračujte k dalšímu kroku. Pokud ne, vyberte sami místo na disku počítače pomocí tlačítka Browse.
4. Následuje výběr komponentů programů a výběr verze podle typu spirometru. Poté je zahájena instalace programu SPIROTRAC®IV.

Propojení spirometru s počítačem

Nyní je možné připojit přístroj k počítači. Koncovka sériového portu se připojí k převodníku USB a dotáhnou se šroubky zabraňující rozpojení. Druhý konec kabelu potom patří do zdířky na spodní straně spirometru. Součástí propojovacího kabelu je zástrčka, do které se připojuje

trafo napájející přístroj z rozvodné elektrické sítě. Jakmile byly provedeny všechny uvedené kroky, zařízení bylo připraveno k používání. Obrázek 9 zachycuje spirometr připravený k měření.

Metodika práce se spirometrem Vitalograph 2120

Práce se spirometrem napojeným na osobní počítač není složitá, je však zapotřebí naučit se pohybovat v prostředí programu SPIROTRAC®IV, ovládat spirometr a mít nastudované postupy měření u jednotlivých testů. Následující kapitola popisuje, jak zacházet s přístrojem tak, aby na konci měření byla v paměti počítače spirometrická data, která jsou validní, a je možné s nimi dál pracovat.



Obr. 7: USB převodník UC-232, instalační CD-ROM a návod.



Obr. 8: Instalační CD-ROM programu SPIROTRAC®IV.



Obr. 9: Spirometr připravený na měření.

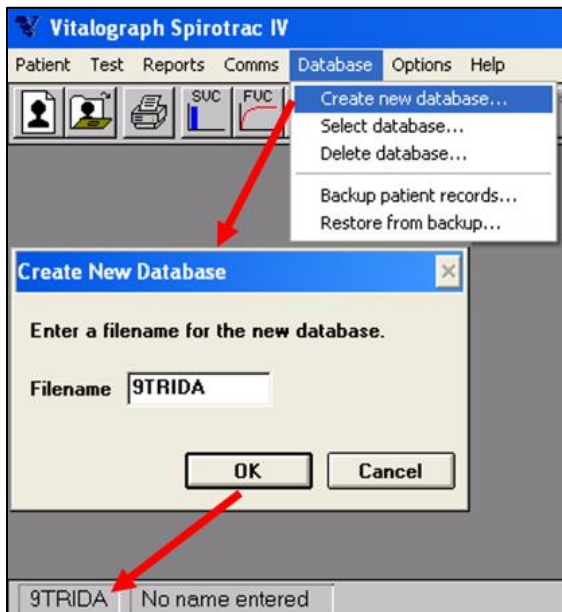
Databáze a pacienti

Na úplném začátku měření je zapotřebí vytvořit databázi v programu SPIROTRAC®IV, ve které se budou shromažďovat měřená data. K tomu slouží záložka Database, jenž nabízí možnosti práce s databázemi. Jednou z nich je vytvoření nové databáze. Po zvolení této možnosti program vyzve k pojmenování nové databáze. Jakmile je nová databáze vytvořena, mohou se do ní vkládat noví pacienti. V případě, že je potřeba pracovat s vícero databázemi, je možné mezi nimi opět pomocí záložky Database přepínat. Fakt, že je vše v pořádku, poznáte, když se název nové nebo jiné vybrané databáze zobrazuje na spodní liště (obr. 10).

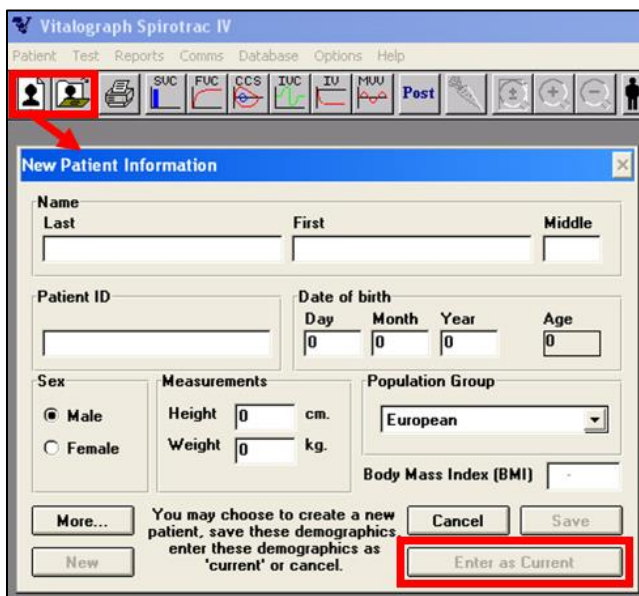
První dvě ikony v panelu nástrojů slouží k práci s pacienty. Hned první ikona zleva slouží k vytvoření nového pacienta, druhá k výběru již existujícího pacienta ve zvolené databázi (obr. 11). V případě zakládání nové karty pacienta je nutné uvést jeho identifikační číslo, datum narození, pohlaví, výšku a váhu. Věk a BMI (Body Mass Index) program dopočítá sám, dle zadaných parametrů. Pokud jde při testování o anonymitu, lze vynechat kolonky pro jméno a příjmení, nebo je možné vepsat pouze pacientovy iniciály, které se pak zobrazují na spodní liště, stejně jako název databáze. Když je karta nového pacienta správně vyplněna, je možné uložit pacienta do databáze a zároveň okamžitě otevřít jeho kartu pomocí výběru Enter as Current. Po absolvování těchto kroků, je program připraven na měření. Pokud je k počítači připojen přístroj a je zapnutý, může začít testování pacienta.

Testování

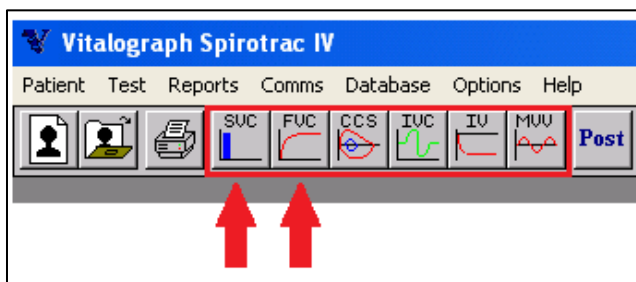
Program SPIROTRAC®IV nabízí hned několik různých možností testování respiračního systému člověka. Pro tuto diplomovou práci byly využity testy SVC a FVC, které je možné si zvolit na panelu nástrojů (obr. 12). Po kliknutí na vybraný test proběhne kontrola, zda je počítač se spirometrem správně propojen. V případě, že je vše v pořádku, program vyzve k zahájení testování. Po ukončení testu se program zeptá, zda má test uložit nebo jestli bude proveden jiný. Po uložení je možné si výsledky testu okamžitě prohlédnout. Výsledky testu lze také vytisknout.



Obr. 10: Schéma tvorby nové databáze.



Obr. 11: Schéma tvorby karty pacienta.



Obr. 12: Výběr testů z panelu nástrojů.

Příloha 4: Podrobné výsledky měření spirometrických testů

Tab. 16: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 1999 a 2000 seřazených dle ID.

ID	Datum narození	výška (cm)	váha (kg)	VC (SVC)		FVC		FEV1		FEV1/VC		FEV1/FVC		PEF	
				test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (%)	% NH	test (%)	% NH	test (l/s)	% NH
803	19.10.2000	165	46	3,40	99,4	3,45	101,0	2,93	86,1	86,11	86,6	84,81	100,5	3,57	50,6
805	25.9.2000	164	54	3,85	114,5	3,11	92,6	2,67	80,0	69,40	69,8	85,85	101,8	2,67	38,3
809	5.12.2000	158	46	2,15	70,9	2,94	97,1	1,98	65,8	92,19	92,8	67,34	79,8	2,23	34,3
810	25.9.2000	157	46	3,43	115,3	3,57	119,8	3,18	107,6	92,71	93,3	89,18	105,7	4,13	64,4
902	19.12.1999	171	55	3,14	83,1	3,01	79,8	2,86	76,2	91,08	91,7	95,00	112,6	4,08	54,1
903	4.9.2000	151	41	2,89	108,0	2,99	111,9	2,93	110,5	101,50	102,5	98,00	116,2	4,66	78,5
904	16.3.2000	174	51	3,29	83,1	3,24	81,8	3,01	76,4	91,49	91,9	92,96	110,2	4,93	63,3
905	26.4.2000	166	51	4,12	118,6	3,82	109,8	3,34	96,7	81,08	81,6	87,59	103,8	3,84	53,7
907	8.12.1999	156	53	3,57	121,9	3,39	116,0	3,36	115,8	94,29	95,0	99,07	117,4	5,77	91,1
908	18.1.2000	167	69	4,25	122,3	4,20	120,8	3,60	104,3	84,71	85,3	85,83	101,8	5,57	78,0
909	8.3.2000	162	58	3,38	103,9	3,48	107,1	3,30	102,3	97,63	98,5	94,22	112,5	5,38	78,8
910	20.12.1999	167	64	4,20	118,7	4,16	117,7	3,54	100,8	84,44	84,9	85,19	101,0	4,15	57,4
911	13.5.2000	165	50	3,19	93,3	3,09	90,4	2,35	69,1	73,56	74,0	75,96	90,1	2,46	34,8
913	11.4.2000	156	38	3,07	104,9	2,73	93,3	2,25	77,5	73,29	73,9	82,45	97,7	3,65	57,6
914	30.6.2000	161	63	3,95	123,8	3,53	110,6	3,51	110,8	88,86	89,5	99,47	117,9	6,93	102,8
915	24.2.2000	169	48	3,70	101,2	3,33	91,2	3,19	87,7	86,22	86,7	95,58	113,3	4,92	66,6

ID = identifikační číslo, VC (SVC) = vitální kapacita plic, FVC = usilovná vitální kapacita plic, FEV1 = vteřinová usilovná vitální kapacita plic, FEV1/VC = Tiffenaův index vztažený k VC, FEV1/FVC = Tiffenaův index vztažený k FVC, PEF = vrcholný průtok vzduchu, test = naměřená hodnota v daných jednotkách, % NH = poměr naměřené hodnoty ku náležité hodnotě v %.

Tab. 17: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2001 seřazených dle ID.

ID	Datum narození	výška (cm)	váha (kg)	VC (SVC)		FVC		FEV1		FEV1/VC		FEV1/FVC		PEF	
				test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (%)	% NH	test (%)	% NH	test (l/s)	% NH
707	24.10.2001	172	68	4,24	110,5	3,96	103,1	3,92	102,6	94,54	95,1	98,99	117,4	4,91	64,4
709	21.12.2001	154	53	3,57	126,6	3,35	118,7	3,02	107,7	72,13	72,7	90,05	106,8	4,35	70,5
711	17.11.2001	161	50	3,58	112,2	3,48	108,9	3,47	109,5	96,96	97,6	99,84	118,4	8,03	119,1
804	10.2.2001	166	56	3,03	87,1	3,13	90,0	3,08	89,2	62,07	62,4	98,50	116,8	5,78	80,9
807	21.8.2001	172	52	3,86	100,5	3,76	98,1	3,74	97,9	96,82	97,3	99,27	117,7	6,14	80,6
808	18.4.2001	162	55	2,80	86,2	3,29	101,4	2,87	89,0	102,58	103,2	87,20	103,4	4,03	59,1

ID = identifikační číslo, VC (SVC) = vitální kapacita plic, FVC = usilovná vitální kapacita plic, FEV1 = vteřinová usilovná vitální kapacita plic, FEV1/VC = Tiffenaův index vztažený k VC, FEV1/FVC = Tiffenaův index vztažený k FVC, PEF = vrcholný průtok vzduchu, test = naměřená hodnota v daných jednotkách, % NH = poměr naměřené hodnoty ku náležité hodnotě v %.

Tab. 18: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2002 seřazených dle ID.

ID	Datum narození	výška (cm)	váha (kg)	VC (SVC)		FVC		FEV1		FEV1/VC		FEV1/FVC		PEF	
				test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (%)	% NH	test (%)	% NH	test (l/s)	% NH
601	22.8.2002	161	45	3,00	94,0	3,09	96,9	2,96	93,4	98,68	99,3	95,74	113,5	5,45	80,9
605	22.7.2002	162	53	3,36	103,3	3,20	98,5	2,51	77,8	74,70	75,3	78,51	93,1	3,82	56,0
608	6.10.2002	160	50	2,94	93,8	2,95	93,9	2,61	83,6	88,57	89,2	88,45	104,9	4,12	61,8
609	10.9.2002	156	45	2,96	101,0	2,99	102,2	2,56	88,2	86,66	87,3	85,71	101,6	3,73	58,8
610	26.9.2002	151	39	2,94	110,2	2,84	106,5	2,81	106,1	95,51	96,3	98,86	117,2	4,93	83,1
616	4.11.2002	149	36	2,58	100,1	2,49	96,7	2,20	86,1	85,36	86,1	88,34	104,7	3,03	52,6
619	10.9.2002	163	43	3,35	101,2	2,93	88,5	2,75	83,7	82,09	82,7	93,96	111,4	4,79	69,4
620	29.9.2002	156	41	3,15	107,6	2,87	98,0	2,86	98,4	90,79	91,4	99,78	118,3	5,60	88,4
701	21.6.2002	147	50	3,10	125,2	3,22	129,7	2,66	108,2	85,69	86,4	82,70	98,0	3,13	55,8
702	28.1.2002	160	42	3,33	106,0	3,21	102,4	3,17	101,7	95,20	95,9	98,60	116,9	5,88	88,3
704	31.7.2002	157	47	2,90	97,5	2,65	89,1	2,52	85,4	86,92	87,5	95,11	112,8	3,53	55,0
705	26.2.2002	163	50	3,82	115,5	3,54	107,1	3,46	105,3	90,62	91,2	97,66	115,8	6,12	88,6
708	5.3.2002	156	48	2,97	101,6	2,97	101,6	2,54	87,4	85,37	86,0	85,40	101,2	2,86	45,1
710	20.4.2002	165	62	3,62	105,9	3,63	106,3	3,46	101,8	95,50	96,1	95,16	126,9	5,66	80,2
712	18.7.2002	156	56	3,41	116,5	3,30	112,7	2,88	99,1	84,46	85,1	87,37	103,6	4,72	74,5
713	7.7.2002	159	45	3,74	121,4	3,41	110,7	3,34	109,1	89,30	89,9	97,89	116,0	4,46	67,8

ID = identifikační číslo, VC (SVC) = vitální kapacita plic, FVC = usilovná vitální kapacita plic, FEV1 = vteřinová usilovná vitální kapacita plic, FEV1/VC = Tiffenaův index vztažený k VC, FEV1/FVC = Tiffenaův index vztažený k FVC, PEF = vrcholný průtok vzduchu, test = naměřená hodnota v daných jednotkách, % NH = poměr naměřené hodnoty ku náležité hodnotě v %.

Tab. 19: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2003 seřazených dle ID.

ID	Datum narození	výška (cm)	váha (kg)	VC (SVC)		FVC		FEV1		FEV1/VC		FEV1/FVC		PEF	
				test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (l)	% NH	test (%)	% NH	test (%)	% NH	test (l/s)	% NH
602	13.7.2003	150	37	2,92	111,4	2,90	110,5	2,30	88,2	78,57	79,2	79,22	93,9	3,31	56,6
603	31.7.2003	161	67	3,11	97,3	2,72	85,1	2,66	83,8	85,52	86,1	97,87	116,0	4,58	68,0
604	2.2.2003	159	42	3,06	99,3	3,13	101,5	2,96	96,8	96,73	97,5	94,75	112,3	4,78	72,6
606	31.1.2003	155	53	3,60	127,4	3,71	131,4	3,68	131,4	102,22	103,1	99,29	117,7	5,93	96,1
607	3.1.2003	161	56	3,66	114,6	3,38	105,8	3,06	96,5	83,70	84,2	90,61	107,4	3,24	48,1
612	9.5.2003	162	56	3,01	92,6	3,15	97,0	2,81	87,1	93,47	94,1	89,26	105,8	4,15	60,8
613	8.2.2003	137	31	2,13	104,6	2,11	103,6	1,96	97,3	92,15	93,1	93,02	110,3	2,64	54,9
615	27.5.2003	163	58	3,04	91,9	2,97	89,9	2,75	83,6	90,41	91,0	92,39	109,5	3,18	46,1
617	11.3.2003	153	41	2,68	96,8	2,75	99,2	2,44	88,9	91,04	91,8	88,94	105,4	4,53	74,3

ID = identifikační číslo, VC (SVC) = vitální kapacita plic, FVC = usilovná vitální kapacita plic, FEV1 = vteřinová usilovná vitální kapacita plic, FEV1/VC = Tiffenaův index vztažený k VC, FEV1/FVC = Tiffenaův index vztažený k FVC, PEF = vrcholný průtok vzduchu, test = naměřená hodnota v daných jednotkách, % NH = poměr naměřené hodnoty ku náležité hodnotě v %.

Seznam a zdroje obrázků

Obr. 1: Anatomie dýchací soustavy člověka, upraveno dle STIEFEL Eurocart, s.r.o (2015): *Dýchací soustava*. [online]. Dostupné z: <http://www.stiefel-eurocart.cz/nastenne-didakticke-pomucky-/100-dychacia-sustava.html#idTab1> [cit. 2015-08-06].

Obr. 2: Mechanika nádechu a výdechu, upraveno dle STIEFEL Eurocart, s.r.o, (2015): *Dýchací soustava*. [online]. Dostupné z: <http://www.stiefel-eurocart.cz/nastenne-didakticke-pomucky-/100-dychacia-sustava.html#idTab1> [cit. 2015-08-06].

Obr. 3: Plicní objemy a kapacity, Jan Zdráhal (2016).

Obr. 4: Spirometr Vitalograph 2120, Jan Zdráhal (2016).

Obr. 5: Pneumotachograf Fleischova typu, zdroj VITALOGRAPH. (2016): *The Fleisch Pneumotachograph*. [online]. Dostupné z: <https://vitalograph.ie/education/fleisch> [cit. 2016-02-17].

Obr. 6: Schéma Pneumotachografu Fleischova typu, (1) pneumotachograf, (2) Fleischova hlava, (3) tlakový snímač, upraveno podle VITALOGRAPH. (2016): *The Fleisch Pneumotachograph*. [online]. Dostupné z: <https://vitalograph.ie/education/fleisch> [cit. 2016-02-17].

Obr. 7: USB převodník UC-232, instalační CD-ROM a návod, Jan Zdráhal (2016).

Obr. 8: Instalační CD-ROM programu SPIROTRAC® IV, Jan Zdráhal (2016)

Obr. 9: Spirometr připravený na měření, Jan Zdráhal (2016)

Obr. 10: Schéma tvorby nové databáze, Jan Zdráhal (2016)

Obr. 11: Schéma tvorby karty pacienta, Jan Zdráhal (2016)

Obr. 12: Výběr testů z panelu nástrojů, Jan Zdráhal (2016)

Seznam a zdroje tabulek

Tab. 1: Metody funkčního vyšetření plic, upraveno podle FIŠEROVÁ, J. (2001): *Doporučené postupy pro praktické lékaře: Základní a specializovaná funkční vyšetření plic. ČLS* [online]. Dostupné z: www.cls.cz/dokumenty2/os/r088.rtf [cit. 2015-08-05]; KANDUS, J. (2001): *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích*. Vyd. 2. nezměn. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 138 s.

Tab. 2: Přehled statistických a dynamických dechových objemů, upraveno podle JAT, K. R. (2013): *Spirometry in Children*. Primary Care Respiratory Journal. 22: 221 – 229.; SCHMIDT, R. F. (1993): *Memorix - Fyziologie*. 1. vyd. Praha: Scientia Medica, 310 s.; SILBERNAGL, S. et DESPOPOULOS, A. (2004): *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd., zcela přeprac. a rozš., Vyd. 3. české. Praha: Grada, 435 s.; KANDUS, J. (2001): *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích*. Vyd. 2. nezměn. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 138 s.

Tab. 3: Přehled využití spirometrie, upraveno podle MILLER, M. R. (2005): *General Considerations for Lung Function Testing*. European Respiratory Journal 26: 153 - 161.

Tab. 4: Počty testovaných probandů v jednotlivých třídách a termínech a počty probandů vybraných do výzkumného vzorku, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 5: Počty testovaných probandů podle roku narození a termínu testování a počty vybraných probandů do výzkumného souboru podle roku narození, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 6: Rozdělení probandů narozených v letech 1999 a 2000 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 7: Rozdělení probandů narozených v roce 2001 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 8: Rozdělení probandů narozených v roce 2002 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 9: Rozdělení probandů narozených v roce 2003 do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 10: Vzájemné srovnání výzkumných souborů probandů rozdělených do intervalů podle dosažených hodnot poměru naměřené VC ku náležité hodnotě VC a poměru naměřené FVC ku náležité hodnotě FVC, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 11: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám u probandů narozených v roce 2003 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 12: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v roce 2002 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 13: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v roce 2001 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 14: Výsledky měření VC, FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF v poměru k náležitým hodnotám probandů narozených v letech 1999 a 2000 se zvýrazněnými hodnotami nedosahujícími normálních hodnot pro zdravé jedince, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 15: Srovnání výsledků testů usilovné vitální kapacity (FVC) a vteřinové vitální kapacity (FEV1) s náležitými hodnotami probandů vztažených k výšce, váze a věku, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 16: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 1999 a 2000 seřazených dle ID, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 17: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2001 seřazených dle ID, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 18: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2002 seřazených dle ID, Jan Zdráhal (2016).

Tab. 19: Naměření hodnoty testů VC (SVC), FVC, FEV1, FEV1/VC, FEV1/FVC a PEF porovnané s náležitými hodnotami probandů narozených v letech 2003 seřazených dle ID, Jan Zdráhal (2016).

Seznam zkratek

BMI	Body Mass Index
CO ₂	oxid uhličitý
ČSN	České státní normy
DF	dechová frekvence
ERV	expirační rezervní objem
FEV1	vteřinová usilovná kapacita plic
FVC	usilovná vitální kapacita plic
FRC	funkční reziduální kapacita plic
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
IC	inspirační kapacita
ID	identifikační číslo
IRV	inspirační rezervní objem
MV	minutová ventilace
NH	náležitá hodnota
NHVK	náležitá hodnota vitální kapacity plic
PEF	vrcholný průtok vzduchu
RV	reziduální objem
SVC	pomalá vitální kapacita plic
TLC	totální kapacita plic
VC	vitální kapacita plic
V _T	dechový objem