

UNIVERZITA KARLOVA
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ
KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**HODNOCENÍ SPIROMETRICKÝCH PARAMETRŮ
TĚHOTNÝCH ŽEN**

MARTINA KOČVAROVÁ

Vedoucí diplomové práce: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2022

Poděkování

Ráda bych poděkovala především vedoucímu mé diplomové práce PharmDr. Miroslavu Kovaříkovi, Ph.D. za možnost podílet se na této studii, za vedení, rady a konzultace, jak při psaní, tak při zpracování výsledků. Dále bych ráda poděkovala kolegyni Nikole Hanzalíkové za spolupráci při vyšetřeních v rámci studie a své rodině za trpělivost.

„Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem. Veškerá literatura a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a v práci jsou řádně citovány. Práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného titulu.“

V Hradci Králové 28. 4. 2022

Martina Kočvarová

Obsah

1. OBSAH

2.	ABSTRAKT.....	7
3.	ABSTRACT.....	9
4.	ÚVOD	11
5.	ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE	12
6.	TEORETICKÁ ČÁST.....	13
6.1	Dýchací systém	13
6.1.1	Stavba dýchací soustavy	13
6.1.1.1	Horní cesty dýchací	14
6.1.1.2	Dolní cesty dýchací.....	15
6.1.1.3	Dýchací svaly.....	15
6.1.2	Funkce dýchacího systému	16
6.1.3	Dýchání.....	16
6.2	Spirometrie	19
6.2.1	Indikace spirometrie	19
6.2.2	Kontraindikace spirometrie	20
6.2.3	Měřené veličiny.....	21
6.2.3.1	Statické veličiny.....	23
6.2.3.2	Dynamické veličiny.....	24
6.2.4	Spirometr.....	25
6.2.5	Akceptovatelnost měření	26
6.2.6	Příprava pacienta na měření.....	26
6.2.7	Spirometrické měření.....	27
6.2.8	Vyhodnocení měření.....	27
6.2.8.1	Grafické zobrazení.....	27
6.2.8.2	Hodnocení spirometrických parametrů	30
6.3	Těhotenství	33

6.3.1	Délka těhotenství	33
6.3.2	Fyziologické změny v těhotenství	33
6.3.2.1	Váhový přírůstek	36
6.3.2.2	Kardiovaskulární systém	37
6.3.2.3	Krev	37
6.3.2.4	Vylučovací systém	38
6.3.2.5	Endokrinní systém	38
6.3.2.6	Trávicí systém	39
6.3.2.7	Dýchací systém	39
7.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	43
7.1	Zaměření studie	43
7.2	Metodika	44
7.2.1	Postup měření	44
7.2.1.1	Průběh celého vyšetření	44
7.2.1.2	Spirometrické vyšetření	44
7.2.2	Měřené parametry	47
7.2.2.1	Usilovná vitální kapacita (FVC)	47
7.2.2.2	Usilovně vydechnutý objem za první sekundu (FEV ₁)	47
7.2.2.3	Vrcholový výdechový průtok (PEF)	47
7.3	Statistické zpracování dat	48
8.	VÝSLEDKY	49
8.1	Charakteristika hodnocené skupiny	49
8.2	Hodnocení spirometrických parametrů	50
8.2.1	Hodnoty usilovné vitální kapacity	50
8.2.2	Hodnoty usilovně vydechnutého objemu za první sekundu	51
8.2.3	Tiffeneauův index (FEV ₁ /FVC)	52
8.2.4	Hodnoty vrcholového výdechového průtoku	53
8.3	Korelace	54
8.3.1	Korelace v období G1	55
8.3.2	Korelace v období G2	57
8.3.3	Korelace v období G3	58
9.	DISKUSE	60

10. ZÁVĚR.....	62
11. POUŽITÉ ZKRATKY.....	63
12. SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	66
POUŽITÁ LITERATURA	67

2. ABSTRAKT

Univerzita Karlova

Farmaceutická fakulta v Hradci Králové

Katedra biologických a lékařských věd

Student: Martina Kočvarová

Vedoucí diplomové práce: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

Název diplomové práce: Hodnocení spirometrických parametrů těhotných žen

Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit změnu základních spirometrických parametrů (jak jejich absolutních hodnot, tak relativních v procentech predikované hodnoty) v různých fázích těhotenství a určit faktory, které s těmito změnami souvisí.

Metody

Hodnoty spirometrických parametrů byly získány měřením pomocí spirometru Otthon a následně vyhodnoceny počítačovým softwarem programu Thorsoft. Spirometrické měření je neinvazivní a jednoduché vyšetření plicních funkcí. V rámci studie, které se účastnilo 10 těhotných žen, bylo spirometrické měření prováděno třikrát v různých fázích těhotenství. První měření bylo prováděno ve 20. – 27. týdnu, druhé měření ve 29. – 35. týdnu a třetí měření ve 36. – 38. týdnu.

Výsledky

U vrcholového výdechového průtoku vyjádřeného v procentech predikované hodnoty jsme zaznamenali významnou změnu, a to pokles o 7 % při vyšetření ve 36. – 38. týdnu těhotenství oproti hodnotám z vyšetření ve 29. – 35. týdnu těhotenství. Ostatní sledované parametry se významně neměnily. Korelační analýza prokázala závislost všech sledovaných spirometrických parametrů s antropometrickými parametry a parametry dítěte (hmotnost, množství tuku a plocha povrchu těla ženy, hmotnost dítěte). Nejméně asociací bylo zjištěno pro 29. – 35. týden těhotenství. Všechny zjištěné korelace byly pozitivní.

Závěry

Až na pokles výdechového vrcholového průtoku na konci třetího trimestru jsme nezaznamenali významnou změnu spirometrických parametrů v průběhu těhotenství. Zjistili jsme asociace mezi spirometrickými parametry a parametry souvisejícími s těhotenstvím, zejména s parametry odrážející změny tělesné kompozice u ženy v průběhu těhotenství.

Klíčová slova: spirometrie, spirometrické parametry, těhotenství

3. ABSTRACT

Charles University

Faculty of Pharmacy in Hradec Králové

Department of Biological and Medical Sciences

Student: Martina Kočvarová

Supervisor of master thesis: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

Title of master thesis: Evaluation of spirometric parameters of pregnant women

Background

The aim of the thesis is evaluation of the variances in spirometric parameters (both their absolute values and relative in percentage of the predicted value) at different stages of pregnancy and determination the factors related to these changes.

Methods

The values of spirometric parameters were detected by measurement using the spirometer Otthon and then evaluated by software Thorsoft. Spirometric measurement is a non-invasive and simple measurement of lung function. In the study involving 10 pregnant women, the spirometric measurements were performed three times at different stages of pregnancy. The first measurement was in the 20th – 27th, the second in the 29th – 35th and the third in the 36th – 38th week of pregnancy.

Results

We observed significant difference of peak expiratory flow in percentage of the predicted value, namely the decrease of 7 % during measurement in the 36th – 38th week of pregnancy compared to the values from measurement in the 29th – 35th week of pregnancy. Other monitored parameters did not significantly changed. Correlation analysis showed the interdependences for all monitored spirometric parameters with anthropometric parameters and baby's parameters (woman's weight, woman's amount of fat, woman's body surface area or baby's weight). The least associations were found in the 29th – 35th week of pregnancy. All correlation were positive.

Conclusions

Except decrease of peak expiratory flow at the end of the third trimester we did not detected significantly change of other spirometric parameters during pregnancy. We found associations between spirometric parameters and parameters relating to pregnancy, specifically the parameters reflecting changes in body composition in woman during pregnancy.

Key words: spirometry, spirometric parameters, pregnancy

4. ÚVOD

Jako těhotenství je nazýváno období, během kterého se uvnitř ženského těla v děloze vyvíjí plod. Toto období trvá 40 týdnů a lze jej rozdělit do tří trimestrů. V reakci na vývoj plodu dochází k fyziologickým změnám, které ovlivňují všechny systémy těhotné ženy (Physiological changes in pregnancy, 2022; Pregnancy, 2017).

Spirometrie je neinvazivní, reprodukovatelný a cenově dostupný test plicních funkcí využívaný jak u dětí, tak u dospělých. Lze jím stanovit spirometrické parametry, podle kterých je následně možné určit, zda došlo k obstrukci plic, případně do jakého stupně. Spirometrie se využívá k diagnostice chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN), určení stupně poškození plic po respiračním onemocnění či ke zjištění efektu léčby (Augusti, Fabbri a kol., 2021; Kociánová, 2017).

5. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem práce je vyhodnotit změnu základních spirometrických parametrů (jak jejich absolutních hodnot, tak relativních v procentech predikované hodnoty) v různých fázích těhotenství a určit faktory, které s těmito změnami souvisí.

6. TEORETICKÁ ČÁST

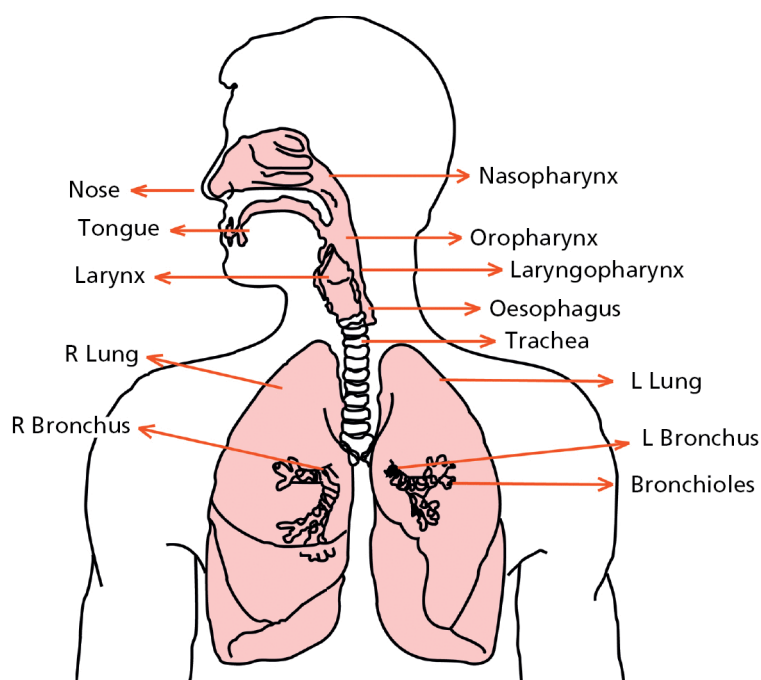
6.1 Dýchací systém

Dýchací systém spolu se systémem oběhovým zajišťuje transport dýchacích plynů. Nejprve přivádí kyslík z okolního vzduchu k buňkám, kde dochází k jeho využití, a to k oxidaci živin a uvolnění energie. Vznikající oxid uhličitý je pak odváděn z buněk zpět do okolní atmosféry (Trojan, 2003).

6.1.1 Stavba dýchací soustavy

Dýchací systém je tvořen šesti funkčními částmi, které dohromady zajišťují výměnu kyslíku a oxidu uhličitého v organismu. Tyto části lze rozdělit do dvou skupin, při čemž první skupinou je anatomický základ, kam patří dýchací cesty, plíce a hrudní stěna. Do druhé skupiny se řadí dýchací centrum, nervy a dýchací svaly, jež společně regulují výměnu plynů. Dýchací cesty se rozdělují na horní a dolní cesty dýchací. Anatomie dýchacích cest je shrnuta na obrázku 1 (Lei, 2017).

Obrázek 1 Dýchací cesty a plíce



Vysvětlivky: Nose – nos, Tongue – jazyk, Larynx – hrtan, R Lung – pravá plíce, R Bronchus – pravá průduška, Nasopharynx – nosohltan, Oropharynx – ústní část hltanu, Laryngopharynx – hrtanová část hltanu, Oesophagus – jícen, Trachea – průdušnice, L Lung – levá plíce, L Bronchus – levá průduška, Bronchioles – průdušinky

Zdroj: Lei, 2017 (převzato)

6.1.1.1 Horní cesty dýchací

Horní cesty dýchací jsou tvořeny nosní dutinou a nosohltanem, který na nosní dutinu navazuje. Vzduch vstupuje do dýchacích cest nosními dírkami, případně ústy. Dýchání ústy je typické pro fyzickou námahu, rovněž během mluvení se vydechuje ústy. V nosní dutině dochází k filtraci a zahřívání vzduchu. Dále vzduch prochází nosními průduchy, jejichž délka se u dospělého člověka pohybuje v rozmezí 10 až 14 cm, k nosohltanu (Reznik, 1990; Slavíková a Švíglerová, 2014).

Stěny jsou pokryty sliznicí, přičemž 5 cm² sliznice zaujímá čichová oblast. Sliznice je dobře prokrvená, takže může docházet ke krvácení. Toto krvácení je poměrně časté obzvláště při zduření sliznice při zánětu (Čihák, 1988).

6.1.1.2 Dolní cesty dýchací

Dolní cesty dýchací zahrnují hrtan, průdušnici, trubici navazující na hrtan, která se dále větví na pravou a levou průdušku. Každá průduška vstupuje do příslušné plíce (Lei, 2017).

Hrtan je tvořen chrupavkami, jež pohyblivě spojují klouby, vazy a svaly. Funkcemi hrtanu jsou dýchání a tvorba hlasu. Důležitou roli má při kašli a polykání. Hlas vzniká napínáním a oddalováním či přibližováním hlasových vazů, kdy při výdechu dojde k jejich rozechvění a vzniká tón, který rezonuje v dutinách nad hrtanem, čímž dosáhne podoby lidského hlasu. U mužů je hrtan větší, delší jsou i hlasové vazy, a jako důsledek je mužský hlas hlubší. S hrtanem rovněž souvisí kašel, kdy při vzniku kašle dochází po hlubokém nádechu ke krátkému uzavření hlasivkové štěrbiny a poté prudkému výdechu (Čihák, 1988).

Plíce jsou párový orgán, jsou uloženy v hrudním koši a prostorově představují většinu hrudní dutiny, při čemž naléhají na bránici. Do každé plíce vstupuje průduška, která se v plicích větví na průdušinky, které se dále větví, až na jejich konečné větvení nasedají plicní sklípky (alveoly). V plicních sklípcích probíhá vlastní výměna plynů. Plicní sklípky jsou tenkostěnné výdutě s průměrem 0,1 až 0,9 mm, dohromady se jejich počet v obou plicích uvádí v rozmezí 300 až 400 milionů a při normálním výdechu zaujímají plochu 55 až 80 m². S usilovnějším výdechem se plocha zmenšuje na hodnoty menší než 40 m² (Čihák, 1988).

6.1.1.3 Dýchací svaly

Dýchací svaly zajišťují nádech a výdech. Při nádechu dochází ke zvětšování hrudní dutiny, naopak při výdechu se hrudní dutina zmenšuje. Během klidového dýchání mají klíčovou roli dýchací svaly hlavní. Při stimulovaném dýchání dochází k posílení svaly pomocnými. K tomuto posílení dochází jak při vyšší fyzické zátěži, tak při onemocnění plic či u selhávajícího srdce. Vdechovými hlavními svaly, podílejícími se na zvětšování hrudní dutiny, jsou bránice a zevní mezižeberní svaly. Mezi vdechové pomocné svaly patří svaly zad, svaly krku a malý prsní sval. Za nejvýznamnější dýchací sval je považována bránice. Při nádechu se oploští a posune se směrem dolů.

Její funkce je ale omezena při obezitě a nahromadění tuku v dutině břišní nebo v těhotenství, kdy se bránice posouvá směrem nahoru a dochází k tzv. vysokému stavu bránice. Na výdechu a zmenšování hrudní dutiny se podílí vnitřní mezižeburní svaly, které při kontrakci stahují žebra dolů, čímž dochází ke zmenšení hrudní dutiny. Jako pomocné svaly se při výdechu uplatňují hlavně břišní svaly (Merkunová a Orel, 2008).

6.1.2 Funkce dýchacího systému

Základní funkcí dýchacího systému je zajištění transportu a výměny dýchacích plynů. Další důležitou funkcí je zbavování se mechanických nečistot, které zachycuje hlen epitelu dýchacích cest. Nečistoty jsou společně s hlenem posouvány do hltanu a následně vykašlány nebo spolknuty. Dále je v dýchacích cestách upravována teplota okolního vdechovaného vzduchu a rovněž se vdechovaný vzduch zvlhčuje. Důležitou úlohu má v dýchacích cestách lymfatická tkáň, která zabraňuje možnému vniknutí bakterií a virů do organismu. Mezi funkce dýchací soustavy patří rovněž tvorba hlasu (Trojan, 2003).

6.1.3 Dýchání

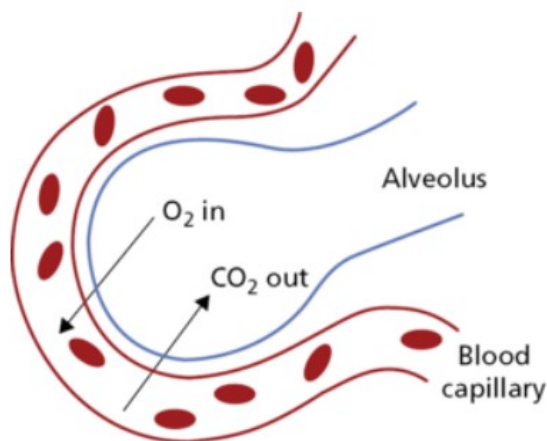
Při nádechu dochází zdvižením žeber a stahem kleneb bránice k rozšíření hrudní dutiny. Nádech i výdech je zajišťován výše zmíněnými dýchacími svaly. Podle míry činnosti mezižeburních svalů a bránice během dýchání je možné určit dva typy dýchání, a to dýchání kostální a abdominální. Dýchání kostální má převahu u žen, dýchání abdominální pak u mužů (Čihák, 1988).

Podstatou dýchání je výměna plynů mezi okolním vzduchem a plicními sklípky. Výměna je umožněna prouděním vzduchu dýchacími cestami ve směru tlakových gradientů. Dýchací plyny se ve směru k alveolární membráně i od alveolární membrány pohybují pomocí difuze po směru koncentračních gradientů (Trojan, 2003).

K výměně plynů dochází v alveolech, které jsou lemovány hustou sítí kapilár, aby vznikla co největší cévní plocha pro difuzi kyslíku a oxidu uhličitého. Tato výměna plynů je naznačena na obrázku 2. Plicními žilami proudí krev okysličená, a to z plic do levé síně. Z levé síně je krev přečerpána levou komorou, a odtud putuje do tělního oběhu.

Odkysličená krev je přiváděna plicními tepnami z pravé komory srdce (Robinson a Furlow, 2007).

Obrázek 2 *Výměna plynů mezi plicním sklípkem a kapilárou*

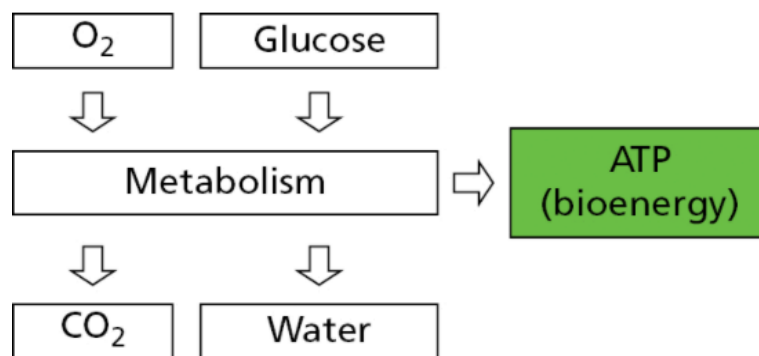


Vysvětlivky: Alveolus – plicní sklípek, Blood capillary – krevní kapilára; O₂ – kyslík, CO₂ – oxid uhličitý; in – dovnitř, out – ven

Zdroj: Lei, 2017 (převzato)

Pohlíží-li se na dýchání z pohledu metabolismu, potřebují buňky dostatečné množství energie, aby mohly vykonávat své funkce. Biochemickým procesem vzniká v buňkách energie ve formě ATP za spotřeby kyslíku a glukózy. Dalšími vznikajícími produkty jsou oxid uhličitý a voda. Tento biochemický proces je znázorněn na obrázku 3. energii potřebují všechny živé buňky neustále, tudíž i dýchání musí probíhat nepřetržitě. Dojde-li k pozastavení dýchání, k buňkám se nedostává kyslík, nedochází ke vzniku energie a buňkám, potažmo celému organismu, hrozí smrt (Lei, 2017).

Obrázek 3 Biochemický proces vzniku ATP



Vysvětlivky: O₂ – kyslík, Glucose – glukóza, Metabolism – metabolismus (metabolický proces), CO₂ – oxid uhličitý, Water – voda, ATP (bioenergy) – adenosintrifosfát (bioenergie)

Zdroj: Lei, 2017 (převzato)

6.2 Spirometrie

Spirometrie je jednoduchá vyšetřovací neinvazivní metoda, kterou lze zjistit dechové funkce vyšetřované osoby. Podstatou je zjištění, jak dokáže vyšetřovaná osoba vdechnout a vydechnout objem vzduchu (Kociánová, 2017).

Poprvé byl tento způsob testování funkce plic popsán v roce 1846 britským lékařem Johnem Hutchinsonem, který je zároveň považován za vynálezce spirometru (Barnes a Fromer, 2011).

6.2.1 Indikace spirometrie

Spirometrie může být indikována z mnoha důvodů. Častou indikací bývají důvody diagnostické. Spirometrického vyšetření se využívá pro diagnostiku CHOPN, kdy se podle získaných parametrů rozlišují stupně CHOPN. Sleduje se FEV₁ (objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za první sekundu po maximálním nádechu) a FVC (usilovná vitální kapacita), přičemž konkrétně pro diagnostiku CHOPN platí, že jejich poměr je menší než 70 % (Hammer a Kotolová, 2018).

Dále bývá spirometrie indikována, pokud je potřeba odhadnout postižení plic při respiračních onemocněních. Využívá se, je-li třeba posoudit, zda jsou plicní onemocnění u daného pacienta efektivně léčena, případně zda je fyzioterapií či rehabilitací u konkrétního pacienta dosahováno cílů. Spirometrické vyšetření lze indikovat i při změně farmakoterapie nebo ke zjišťování nežádoucích účinků léčiv, které toxicky působí na plicní tkáň (Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Kociánová, 2017).

Příkladem takového léčiva je antiarytmikum amiodaron, pro něhož je typický dlouhý biologický poločas (až 50 dnů). Jeho nežádoucím účinkem z pohledu dýchacího systému je plicní fibróza (Martínková a kol., 2018).

Další indikací spirometrie jsou předoperační vyšetření. Součástí předoperačních vyšetření bývá zejména u kuřáků, u pacientů s již diagnostikovanými respiračními poruchami, u pacientů s deformitami hrudníku, u pacientů trpících obezitou, či neurologickými nebo svalovými onemocněními, jež omezují dýchací funkce. Z pohledu operací jsou rizikové operace plic a jiné nitrohruční operace (Blažek, Havel a Bělobrádková, 2012; Kociánová, 2017).

Spirometrie může být indikována v rámci klinického výzkumu nebo v rámci průzkumu veřejného zdraví, například při epidemiích, pokud se zjišťuje, zda dochází nebo nedochází ke změnám v dýchacích funkcích. Dle posouzení změřených veličin lze určit, zda došlo k obstrukci, případně do jakého stupně. Pro diagnostiku ventilační poruchy se následně doporučuje provést bronchodilatační test, při kterém se měří ventilační parametry po podání bronchodilatačního léku. Jako bronchodilatační léky se používají salbutamol nebo ipratropium (Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Kociánová, 2017).

Salbutamol patří mezi krátkodobě působící agonisty β_2 receptorů. β_2 receptory se nacházejí mimo jiné v hladké svalovině bronchů a jejich aktivací dochází k uvolnění hladké svaloviny neboli bronchodilataci. Ipratropium navozuje bronchodilataci antagonistickým působením na muskarinové M_3 receptory, které se rovněž nacházejí v hladké svalovině bronchů (Martínková a kol., 2018).

6.2.2 Kontraindikace spirometrie

Existují případy, kdy je spirometrické vyšetření kontraindikováno. To se týká pacientů, kteří prodělali infarkt myokardu nebo plicní embolii v době kratší než jeden měsíc, pacientů po nedávných chirurgických operacích v oblasti hrudníku nebo břicha, dále pacientů trpících akutními infekcemi, nebo pacientů s demencí. Stejně tak se spirometrie neprovádí u pacientů, kteří nejsou schopni dostatečné spolupráce, aby měření mohlo proběhnout. Těmito pacienty obvykle bývají i děti ve věku do šesti let. Další skupinou pacientů, u kterých by mohlo být spirometrické měření kontraindikováno, jsou pacienti, a zejména se v tomto případě jedná o pacienty vyššího věku, kteří mají problémy s inkontinencí. Inkontinence může pacientům zabránit provést dostatečné usilovné dechové manévry, a tudíž by mohly být výsledky měření ovlivněny. Také z tohoto důvodu se doporučuje, aby měl pacient před vyšetřením vyprázdňovaný močový měchýř (Kociánová, 2017; Moore, 2012).

6.2.3 Měřené veličiny

Veličiny, které měřením získáváme, lze rozdělit do dvou skupin, a to na veličiny dynamické a statické. Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami spočívá v dechovém úsilí pacienta, za kterého je měření prováděno, a dále, zda je sledován vztah k času, a zda je důležitý průtok vzduchu. V tabulce 1 se nachází přehled veličin podle zkratk (Kociánová, 2017).

Tabulka 1 Přehled spirometrických veličin

Zkratka	Veličina	Anglický termín
DF	Dechová frekvence klidová – počet dechů za minutu	Respiratory rate
ERV	Expirační rezervní objem = objem vzduchu, který je možno vydechnout po klidovém výdechu	Expiratory reserve volume
EVC	Vitální kapacita výdechu	Expiratory vital capacity
FEF	Usilovné výdechové průtoky na různých úrovních již vydechnuté FVC (FEF ₂₅ , FEF ₅₀ , FEF ₇₅) a vztaženy jsou k exspirovanému objemu	Forced expiratory flow
FET	Čas trvání usilovného výdechu FEF	Forced expiratory time
FEV ₁	Objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za první sekundu po maximálním nádechu	Forced expiratory volume in the first second
FEV ₁ % SVC	Vyjádření poměru FEV ₁ k nejvyšší dosažené hodnotě SVC v %	
FVC	Usilovná vitální kapacita = maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu vydechnout při maximálním usilovném výdechu	Forced vital capacity
IVC	Vitální kapacita nádechu	Inspiratory vital capacity
IRV	Inspirační rezervní objem = objem vzduchu, který je možno nadechnout po klidovém nádechu	Inspiratory reserve volume
MEF	Maximální výdechové průtoky na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout	Maximal expiratory flow
MV	Minutová ventilace	Minute volume
MVV	Maximální usilovná ventilace = maximální objem vzduchu, který může být proventilován plicemi za minutu při maximálním úsilí	Maximum voluntary ventilation
PEF	Vrcholový výdechový průtok = nejvyšší průtok na vrcholu usilovného výdechu, vysoce závislý na úsilí	Peak expiratory flow
(S)VC (VC _{max})	Vitální kapacita = maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu vydechnout (EVC) nebo po maximálním výdechu nadechnout (IVC); při pomalém, neusilovném manévru	(Slow) Vital capacity EVC = expiratory vital capacity IVC = inspiratory vital capacity
V _T	Dechový objem = objem vzduchu vdechnutý nebo vydechnutý jedním klidovým nádechem nebo výdechem	Tidal volume

Zdroj: Kociánová, 2017 (převzato)

6.2.3.1 Statické veličiny

U veličin statických probíhá měření při klidovém dýchání. Do této skupiny patří vitální kapacita (VC), vitální kapacita nádechu (IVC) nebo vitální kapacita výdechu (EVC). Tyto plicní kapacity jsou spolu s plicními objemy znázorněny na obrázku 4 (Kociánová, 2017).

Při klidovém dýchání dojde v plicích během jednoho nádechu k výměně přibližně 500 ml vzduchu, což se označuje jako dechový objem (V_T). Avšak je třeba zohlednit tzv. anatomický mrtvý dýchací prostor, tedy objem vzduchu, který se na výměně vzduchu při nádechu nepodílí, a tento objem se stále nachází v dýchacích cestách. U dospělého muže se mrtvý objem pohybuje v průměru mezi 150 až 200 ml, takže z 500 ml, které při klidovém nádechu vdechneme, se do alveol dostane pouze 300 až 350 ml vzduchu. Pokud provádíme klidový výdech, lze po jeho ukončení ve výdechu pokračovat a průměrně je možné vydechnout ještě dalších 1,1 l vzduchu. V tomto případě pak hovoříme o rezervním expiračním objemu (ERV). Reziduální objem (RV) značí vzduch, který je obsažen v plicích i po maximálním výdechu. U průměrného člověka se tento objem pohybuje okolo 1,2 l vzduchu. Podobně po ukončení klidového nádechu lze vdechnout ještě další objem vzduchu, rezervní inspirační objem (IRV), pohybující se okolo 3 l vzduchu (Trojan, 2003).

Plicní kapacity se určují z plicních objemů. Vitální kapacita plic (VC) je dána součtem dechového objemu a rezervního inspiračního i expiračního objemu. Vzorcem lze vitální kapacitu plic vyjádřit následovně.

$$VC = V_T + IRV + ERV$$

Dalšími plicními kapacitami jsou celková plicní kapacita (TLC) a funkční reziduální plicní kapacita (FRC). Celkovou plicní kapacitu lze určit součtem vitální kapacity a reziduálního objemu. Pokud vyjádříme opět vzorcem:

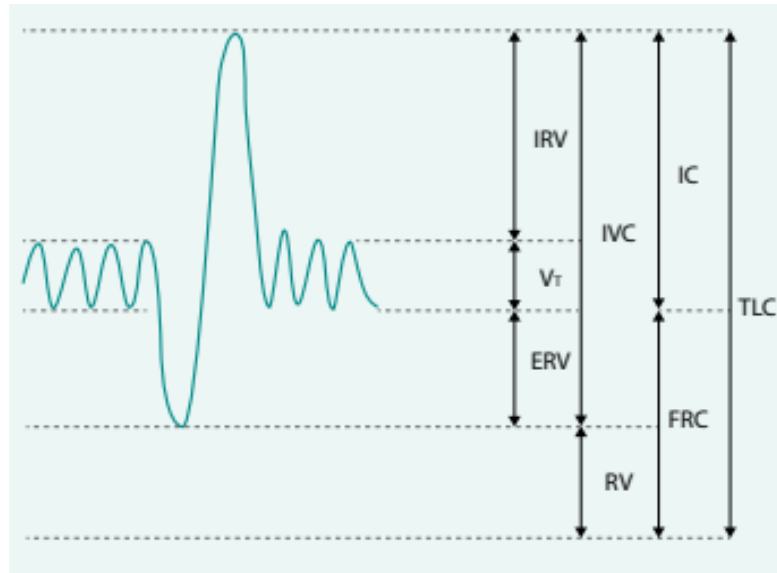
$$TLC = VC + RV, \text{ neboli } TLC = V_T + IRV + ERV + RV.$$

Funkční reziduální kapacita vyjadřuje objem vzduchu, který zůstává v plicích po skončení klidového výdechu. Vyjádříme-li opět vzorcem:

$$FRC = ERV + RV.$$

Ze vzorce je patrné, že se jedná o součet rezervního expiračního objemu a reziduálního objemu (Trojan, 2003).

Obrázek 4 Plicní objemy a kapacity se znázorněním nepřímo měřitelných objemů



Vysvětlivky: ERV – expirační rezervní objem, FRC – funkční reziduální kapacita, IRV – inspirační rezervní objem, IC – inspirační kapacita, IVC – inspirační vitální kapacita, RV – reziduální objem, TLC – totální kapacita plic, V_T – dechový objem

Zdroj: Kociánová, 2017 (převzato)

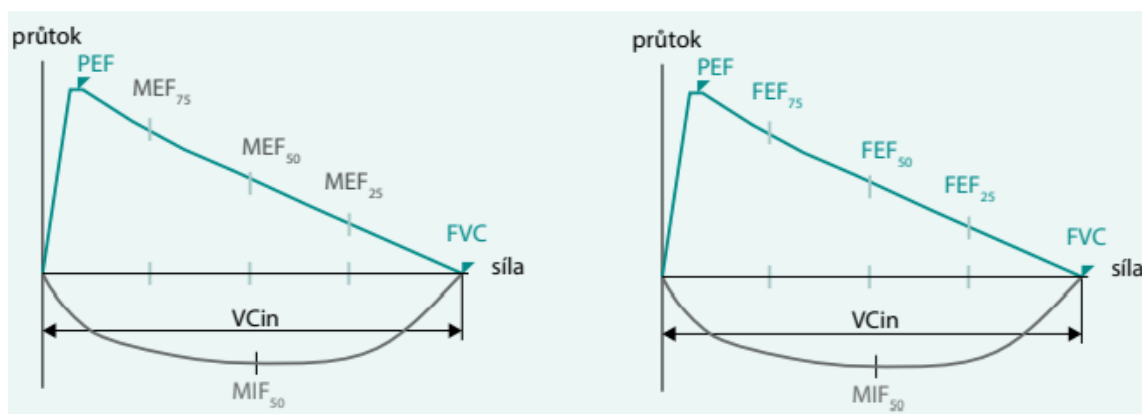
6.2.3.2 Dynamické veličiny

Dynamické veličiny se měří při usilovných dýchacích manévrech, pacient tedy provádí usilovný nádech a usilovný výdech. U dynamických veličin je také sledován vztah k času a dále je měřen průtok nebo objem vzduchu. K dynamickým veličinám patří usilovná vitální kapacita (FVC), objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za první sekundu po maximálním nádechu (FEV_1), maximální výdechové průtoky na různých úrovních FVC, které je ještě třeba vydechnout (MEF), vrcholový výdechový průtok (PEF), usilovné výdechové průtoky na různých úrovních již vydechnuté FEV označované jako FEF (Kociánová, 2017).

Hodnota FEV_1 se dává do poměru s hodnotou VC. Tento podíl se označuje jako Tiffeneauův index a procentuální hodnota poměru se využívá jako ukazatel obstrukční ventilační poruchy (Trojan, 2003).

Na obrázku 5 lze vidět grafické znázornění usilovných výdechových průtoků dle Evropské respirační společnosti (ERS) a Americké hrudní společnosti (ATS).

Obrázek 5 Znáznornění usilovných výdechových průtoků dle ERS a ATS



Vysvětlivky: FVC – usilovná vitální kapacita, FEF₂₅₋₇₅ – usilovný výdechový průtok, MEF₂₅₋₇₅ – maximální výdechový průtok, MIF₅₀ – střední nádechový průtok v úrovni 50 % nadechnuté FVC, VC_{in} – nádechová vitální kapacita

Zdroj: Kociánová, 2017 (převzato a upraveno)

6.2.4 Spirometr

Přístroj používaný ke spirometrickému měření plicních funkcí se nazývá spirometr. Existují dva typy. První typ měří primárně objem dýchaného vzduchu, druhý typ měří primárně průtok vzduchu, přičemž použití tohoto typu v současné době převažuje. Průtok vzduchu měří pneumotachografy a právě ty přichází nejvíce do kontaktu s vydechovaným vzduchem pacienta, tudíž je potřeba je pravidelně dezinfikovat, a to v intervalech dle doporučení výrobce konkrétního spirometru. Každý spirometr používaný k měření musí být pravidelně kontrolován a musí splňovat kritéria Americké hrudní společnosti (ATS) a Evropské respirační společnosti (ERS). Těmito kritérii jsou schopnost měřit výdech déle než 15 s a objem menší než 8 l s přesností $\pm 3\%$ nebo $\pm 0,05$ l v rozmezí průtoku 0 – 14 l/s, celkový odpor proudění vzduchu při průtoku 14 l/s musí být menší než 1,5 cm H₂O/l/s (0,15 kPa/l/s). Spirometry musí být pravidelně kontrolovány a kalibrovány, kontroly se zapisují do kontrolních knih. Za splnění kritérií vždy zodpovídá funkční laboratoř, kde je vyšetření prováděno. Kalibrace spirometru je prováděna v různých intervalech na různých stupních. Objemová kalibrace je prováděna každý den, kontrola průtokové linearitity jednou týdně, kontrola objemové linearitity jednou za tři měsíce, objemová

kalibrace kalibrační pumpy jedenkrát za rok, zkouška těsnosti a kontrola časové přesnosti jsou pak prováděny dle doporučení výrobce. Pokud přístroj neměří automaticky, je nutné každý den zadat teplotu okolního vzduchu, barometrický tlak a vlhkost. Každý rok by spirometr měl zkontrolovat servisní technik (Chlumský, 2019; Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Miller a kol., 2005).

6.2.5 Akceptovatelnost měření

Aby se měření dalo považovat za akceptovatelné, tak výsledky musejí splňovat následující kritéria: zpětně extrapolovaný objem (EV) musí být menší než 5 % FVC nebo menší než 150 ml, PEF musí být dosaženo do 120 ms po zahájení usilovného výdechu, provedení dechových manévrů musí být s dobrým úsilím a křivka musí být bez artefaktů. Čas výdechu (FET) musí být alespoň 6 s (u dětí do 10 let 3 s, u mladých žen může být čas výdechu kratší, u pacientů s obstrukcí naopak delší). Měříme-li dynamické veličiny, tak usilovné dechové manévry se provádí třikrát, případně vícekrát, pokud byly provedeny nesprávně, nebo pokud se nejlepší hodnoty FVC nebo FVC_1 výrazně liší, avšak dechové manévry je doporučováno provést maximálně osmkrát, a to s přestávkami mezi jednotlivými dechovými manévry alespoň jednu minutu. V případě, že pacient není schopen provést další dostačující dechové manévry, spirometrické vyšetření se ukončuje (Chlumský, Fišerová a kol., 2006).

6.2.6 Příprava pacienta na měření

Než nastane samotné měření, tak pacient musí být v klidu alespoň patnáct minut před vyšetřením. Minimálně jednu hodinu před vyšetřením by pacient neměl být vystaven cigaretovému kouři, chladu, výrazným a intenzivním pachům nebo vůním, aby nedošlo k ovlivnění dýchacích funkcí. Pacient by rovněž alespoň dvě hodiny před vyšetřením neměl jíst a minimálně čtyři hodiny před vyšetřením nepít alkohol. Pokud by pacient bral léky, měl by informovat, kdy jaké léky naposledy užil. Co se týče léků ovlivňující dýchání, tak ty mohou být jak ponechány, tak podle cíle případně s určeným odstupem od vyšetření vysazeny (Kociánová, 2017; Moore, 2012).

Před vyšetřením musí být známa pacientova výška a váha, musí být ověřeno pohlaví a věk, dále pacient musí uvést, zda je kuřák či nekuřák. U pacientů, u kterých

není možné změřit výšku ve stoje, nebo u pacientů s amputací nohou, se měří rozpětí paží. Při měření pak pacient sedí s podloženými horními končetinami a hlavou v neutrální poloze tak, aby pozice, ve které je měření prováděno, byla pro pacienta co nejpohodlnější. Nepříjemná pozice, těsné oblečení nebo chlad v místnosti mohou měření negativně ovlivnit. Pokud měření neprobíhá vsedě, je potřeba to zaznamenat do poznámky u vyšetřovacího protokolu, stejně tak pokud je vyšetření ukončeno z důvodu neschopnosti pacienta provést například další dostačující usilovný dechový manévr, nebo pokud je překročen maximální doporučený počet dechových manévrů (Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Kociánová 2017; Liou a Kanner, 2009).

6.2.7 Spirometrické měření

Při spirometrickém měření pacient pohodlně sedí, na nose má nosní klipy a drží v ruce spirometr s náustkem. Měl by být před měřením instruován, jak náustek obemknout rty co nejtěsněji, a zároveň tak aby se náustek nedotýkal zubů. Následně by se pacient měl rozdýchat, provést několik klidových nádechů a výdechů. Poté se pacient plně nadechne, za zadržení dechu obemkne správně náustek a co nejsilněji a nejrychleji do náustku vydechne veškerý vzduch z plic. Toto měření je opakováno do té doby, dokud se nedosáhne tří akceptovatelných výsledků měření (Kociánová, 2017; Liou a Kanner, 2009).

Spirometrické vyšetření provádí zdravotníci, kteří musí být proškoleni, aby porozuměli jak fyziologickému, tak technickému principu spirometrie. Pacientům by měli být schopni srozumitelně vysvětlit, jak správně se spirometrem zacházet a provádět dechové manévry (Lamb, Theodore a Bhutta, 2021).

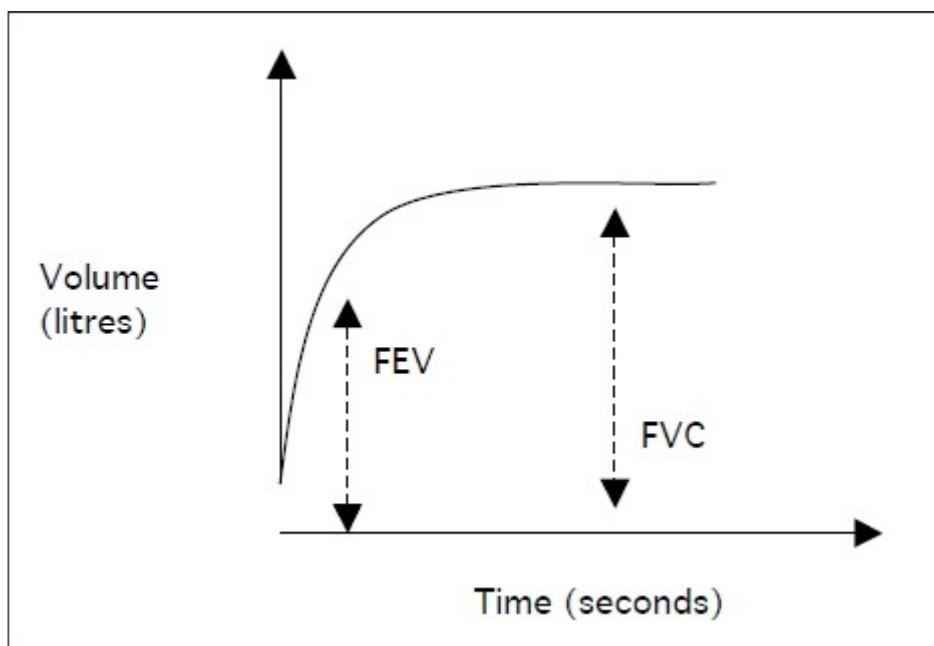
6.2.8 Vyhodnocení měření

6.2.8.1 Grafické zobrazení

Hodnocení měření zahrnuje grafické zobrazení, kde jsou zaznamenány naměřené statické či dynamické veličiny. Grafické zobrazení je dvojího typu. Prvním způsobem je křivka objem-čas, druhým křivka průtok-objem (Procházka, 2020).

Křivku závislosti objemu na čase lze vidět na obrázku 6. U člověka s normální funkcí plic tato křivka stoupá plynule a rychle, přičemž během 3 až 4 s dosáhne fáze plató. U pacientů s obstrukcí nastává fáze plató později. Vzduch je vydechnut po delší době dle stupně obstrukce. Křivka stoupá pomaleji a je méně strmá v porovnání s křivkou u normální funkce plic (GOLD Spirometry guide, 2016).

Obrázek 6 Křivka objem-čas

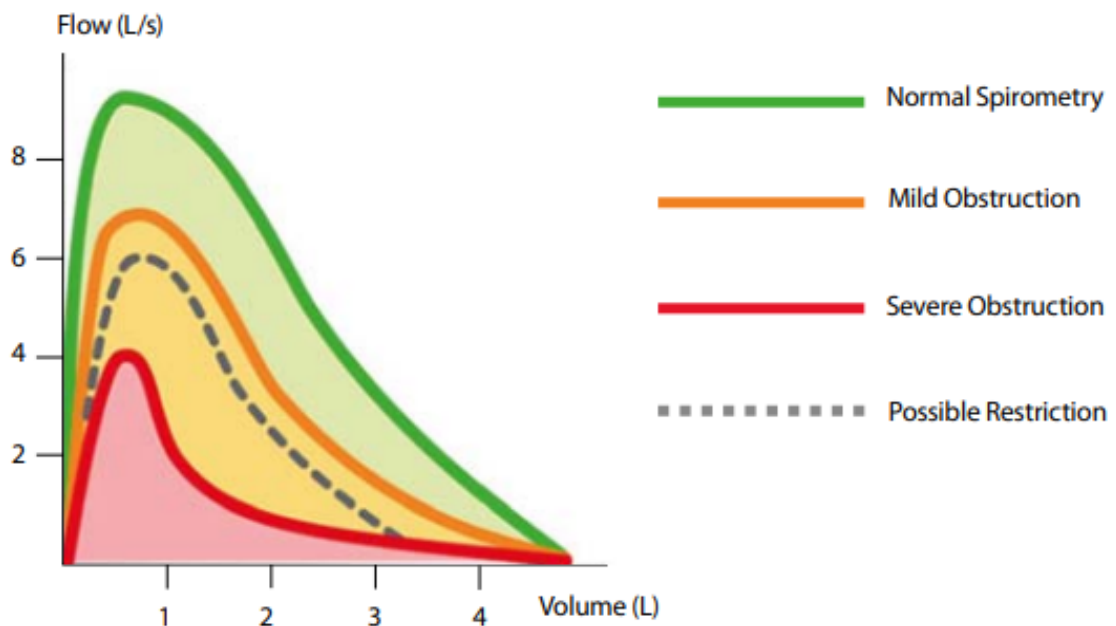


Vysvětlivky: Volume (litres) – objem (udáván v litrech), Time (seconds) – čas (udáván ve vteřinách); FVC – usilovná vitální kapacita, FEV – objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za zvolenou časovou jednotku po maximálním nádechu

Zdroj: Ranu Wilde a Madden, 2011 (převzato)

Křivka průtok-objem je považována za základní vyšetření plicních funkcí. Během spirometrického měření jsou dechové manévry prováděny při maximálním úsilí. Dle výsledné křivky lze určit, zda je podezření na přítomnost ventilační poruchy. Na obrázku 7 je zobrazeno porovnání křivky průtok-objem u normální funkce plic, podezření na možné omezení funkce plic, lehké a těžké obstrukce (Procházka, 2020).

Obrázek 7 Křivka průtok-objem (porovnání u ventilační poruchy)



Vysvětlivky: Flow (l/s) – průtok (udáván v l/s), Volume (l) – objem (udáván v litrech); Normal Spirometry – normální spirometrie, Mild Obstruction – lehká obstrukce plic, Severe Obstruction – těžká obstrukce plic, Possible Restriction – možná restrikce plic

Zdroj: Procházková, 2020 (převzato)

Na křivkách průtok-objem nesmí být patrné artefakty, jejichž příklady lze vidět na obrázku 8. Artefakty mohou nastat z důvodu nedostatečného nádechu, předčasným ukončením dechového manévru, mohou se také objevit, pokud pacient trpí kašlem (Kociánová, 2017).

Obrázek 8 Příčiny artefaktů na křivce průtok-objem



Vysvětlivky: 1 – přijatelné úsilí, 2 – předčasné ukončení manévru či uzávěr glottis, 3 – nedostateční úsilí, 4 – kašel, 5 – pomalý start výdechu, 6 – nedostatečný nádech, 7 – uzávěr náustku jazykem

Zdroj: Kociánová, 2017 (převzato)

Dále může být spirometrické vyšetření zkreslené nebo neinterpretovatelné z důvodu špatného držení těla, nesprávně kalibrovaným spirometrem, chybou zdravotnického pracovníka provádějícího vyšetření, pacientovým zacpáním náustku jazykem, nebo pokud pacient během měření částečně vydechuje nosem (GOLD Spirometry guide, 2016).

6.2.8.2 Hodnocení spirometrických parametrů

Z dynamických veličin se hodnotí nejvyšší hodnoty FVC a FEV₁. Z měření, ze kterého vychází tyto nejvyšší hodnoty, se pak odečítají zbývající veličiny. Při hodnocení statických veličin se využívá vyšší z minimálně dvou reprodukovatelných hodnot VC a IVC. Pro zjištění ventilační poruchy jsou klíčové veličiny FEV₁ a VC_{max}, konkrétně jejich poměr. Za hodnotu VC_{max} se dosazuje nejvyšší hodnota z VC, IVC, FVC nebo EVC. Tento poměr by měl být vyšší než 75 %. U starších pacientů by hodnota měla být vyšší než 70 %, přihlíží se k tomu, že s věkem tato hodnota fyziologicky klesá. Pokud se hodnoty nachází nad touto hranicí, pak lze hodnotit jednotlivé objemy, tedy FVC a VC_{max}, a pokud se i tyto hodnoty nacházejí v normálních mezích, lze pravděpodobně ventilační poruchu vyloučit. Je-li pokles hodnot FEV₁ a VC_{max} rovnoměrný, nasvědčuje to poklesu vitální kapacity plic. V tomto případě se doporučuje stanovení, zda je, nebo není přítomna restriktivní ventilační porucha, a to nepřímo měřitelnými statickými parametry TLC, FRC, RV, které jsou popsány v tabulce 2. (Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Kociánová, 2017).

Tabulka 2 Nepřímě měřitelné objemy a kapacity, jež spirometrem nezměříme

Zkratka	Veličina
TLC	Totální (celková) kapacita plic = celkový objem vzduchu v hrudníku po maximálním nádechu
FRC	Funkční reziduální kapacita = množství vzduchu (v litrech), které po normálním výdechu zůstává v plicích (jedná se o součet ERV a RV)
RV	Reziduální objem = objem vzduchu, který zbývá v plicích po maximálním nádechu

Zdroj: Kociánová, 2017 (přepřacováno z textu do tabulky)

Poměr FEV_1 a VC_{max} nacházející se pod 75 % je podezřením pro obstrukční ventilační poruchu. Nachází-li se současně FEV_1 pod 80 % náležité hodnoty, obstrukční ventilační poruchu lze tímto potvrdit. Stupeň obstrukční ventilační poruchy lze určit dle nižší z hodnot FEV_1 nebo FEV_1/VC_{max} , a to na obstrukční ventilační poruchu lehkou, středně těžkou, těžkou. Náležité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3. Obstrukci na úrovni periferních dýchacích cest pak naznačuje pokles hodnoty MEF pod 70 % normální hodnoty, ale současně je FEV_1 větší než 80 % normální hodnoty (Chlumský, Fišerová a kol., 2006; Kociánová, 2017).

Tabulka 3 Tíže ventilační obstrukční poruchy dle hodnot FEV₁ (FEV₁/VC_{max})

Tíže ventilační obstrukční poruchy	Hodnoty FEV₁ (FEV₁/VC_{max})
Lehká	$60 \% \leq FEV_1 < 80 \%$ nebo $60 \leq FEV_1/VC_{max} < 75 (70) \%$
Středně těžká	$45 \% \leq FEV_1 (FEV_1/VC_{max}) < 60 \%$
Těžká	$FEV_1 (FEV_1/VC_{max}) < 45 \%$

Zdroj: Chlumský, Fišerová a kol., 2006 (převzato)

6.3 Těhotenství

Těhotenství lze definovat jako období, během kterého se v děloze ženy vyvíjí zárodek a plod. Těhotenství začíná oplodněním vajíčka spermií, neboli početím, a končí porodem, tedy narozením nového jedince (Dylevský, 2019).

6.3.1 Délka těhotenství

Délka těhotenství je variabilní, nelze ji přesně stanovit. Průměrně se uvádí 40 týdnů nebo 9 kalendářních měsíců. Chceme-li délku těhotenství vyjádřit ve dnech, což nebývá obvyklé, tak se délka těhotenství udává v průměru jako 270 dní. Za normální délku těhotenství se považuje období mezi 240 – 310 dny. Pro přesnější definování délky těhotenství lze použít dva způsoby. Prvním způsobem je ovulační věk, který se využívá v embryologii. Počítá se od pravděpodobného dne početí. Druhou možností je menstruační věk, což znamená, že se určují týdny od prvního dne poslední menstruace. Tohoto způsobu se využívá v porodnictví. V porovnání s ovulačním věkem vychází menstruační věk o dva týdny delší (Dylevský, 2019).

V porodnictví využívaný menstruační věk se udává v ukončených týdnech a dnech. Na mezinárodní úrovni je doporučeno, aby se v klinické praxi uplatňoval tento způsob, a to zejména z důvodu předcházení nedorozumění v délce těhotenství u konkrétních žen. Pro příklad, pokud má žena ukončený 28. týden a 3. den od prvního dne poslední menstruace, zápis vypadá takto: 28 + 3 (Hájek, Čech a Maršál, 2014).

6.3.2 Fyziologické změny v těhotenství

Během těhotenství prochází tělo ženy mnohými změnami. Tyto změny jsou nutné pro správný vývoj plodu či jsou způsobeny tím, jak se plod vyvíjí (Trojan a kol., 2003).

Změny mohou být seskupeny a popisovány podle fází těhotenství. Těhotenství lze rozdělit na poloviny, při čemž v první polovině těhotenství se tělo ženy připravuje na rychlý růst plodu, který nastane v druhé polovině těhotenství, a následný porod. Další možností je rozdělení do tří částí, tedy do trimestrů. První trimestr je počítán od počátku těhotenství do 13. týdne a toto období je nejdůležitější pro vývoj plodu.

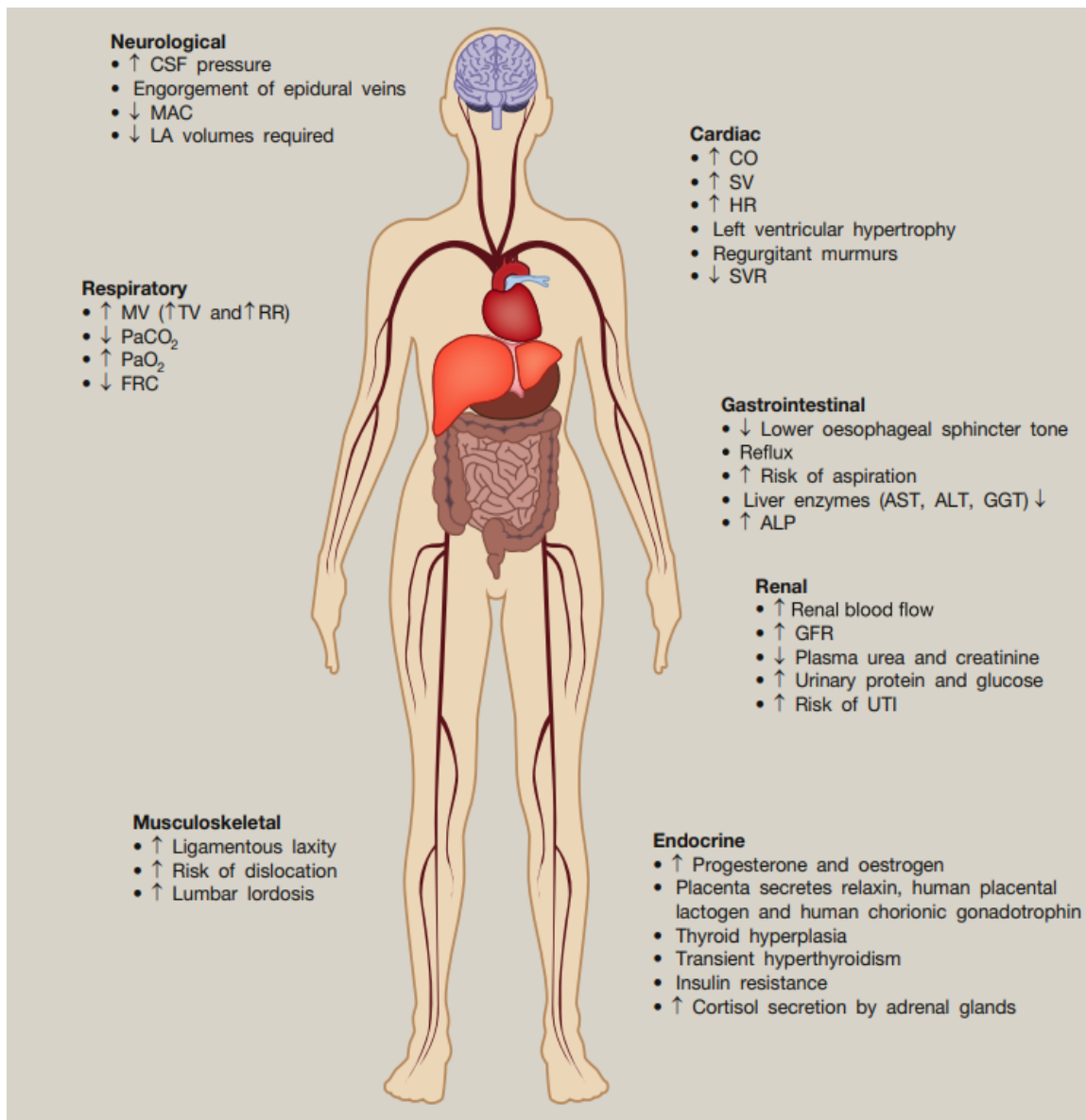
Druhý trimestr se datuje od 14. do 26. týdne, a třetí trimestr od 27. týdne do porodu (King, 2000; The three trimesters, 2022).

Po nidaci zárodku se začíná vyvíjet nový orgán, placenta, jež má funkci metabolickou, ochrannou a hormonální, a s plodem je spojena pupečnickovým provazcem. Díky placentě plod získává kyslík a výživu, zbavuje se oxidu uhličitého a ostatních metabolických odpadních látek. Placenta představuje do jisté míry bariéru před infekčními patogeny, čímž je zajištěna ochrana plodu. Hormonální funkcí je myšlena tvorba hormonů a enzymů důležitých pro fyziologické těhotenství (Dylevský, 2019; Hájek, Čech a Maršál, 2014).

Dochází ke změnám hladin ženských pohlavních hormonů, které jsou zodpovědné za samotné řízení a udržování těhotenství. Hladina progesteronu se zvyšuje až třicetkrát, hladina estrogenu desetkrát. Tyto hormonální změny společně s postupným růstem plodu vyvolávají fyziologické změny v těle ženy, a to jak systémové, tak lokální. Hlavní systémové změny související s těhotenstvím probíhají v kardiovaskulárním, krevním, dýchacím, gastrointestinálním, urogenitálním, vylučovacím a endokrinním systému (Suresh a Radfar, 2004).

Přehled fyziologických změn v těhotenství lze vidět na obrázku 9.

Obrázek 9 Přehled fyziologických změn v těhotenství



Vysvětlivky: ↑ – zvýšení, ↓ – snížení; ALP – alkalická fosfatáza, ALT – alaninaminotransferáza, AST – aspartátaminotransferáza, CO – minutový srdeční objem, CSF – mozkomíšní mok, FRC – funkční reziduální kapacita, GFR – rychlost glomerulární filtrace, GGT – gama-glutamyltransferáza, HR – srdeční frekvence, LA – lokální anestetika, MAC – minimální alveolární koncentrace, MV – minutová ventilace, paCO₂ – parciální tlak oxidu uhličitého, paO₂ – parciální tlak kyslíku, RR – dechová frekvence, SV – tepový objem, SVR – systémová vaskulární rezistence, TV – celkový objem, UTI – infekce močového systému

Nervový systém – zvýšení tlaku CSF, překrvení epidurálních žil, snížení MAC, snížení požadovaných objemů LA; Dýchací systém – zvýšení minutové ventilace (celkového objemu a dechové frekvence), snížení paCO₂, zvýšení paO₂, snížení FRC; Muskuloskeletální systém – zvýšené uvolnění vazů, vyšší riziko dislokace, vyšší riziko lumbální lordózy; Kardiovaskulární systém – zvýšení CO, zvýšení SV, zvýšení HR, hypertrofie levé síně srdeční, regurgitační šelesty, snížení SVR; Gastrointestinální systém – snížení tonu jícnového svěrače,

reflux, zvýšené riziko aspirace, snížení jaterních enzymů (AST, ALT, GGT), zvýšení ALP; Vylučovací systém – zvýšení krevního průtoku ledvinami, zvýšení GFR, snížení močoviny a kreatininu v plazmě, zvýšení proteinů a glukózy v moči, vyšší riziko UTI; Endokrinní systém – zvýšení hladin progesteronu a estrogeneru, vylučování relaxinu, placentárního laktogenu a choriového gonadotropinu placentou, hyperplazie štítné žlázy, přechodná hypertyreóza, inzulinová rezistence, zvýšení sekrece kortizol žlázami nadledvin.

Zdroj: Talbot a Maclennan, 2016 (převzato)

6.3.2.1 Váhový přírůstek

S růstem plodu, zvětšováním dělohy, přibýváním plodové vody a růstem prsů ženy dochází v průběhu těhotenství k typickému nárůstu hmotnosti, který bývá u každé ženy individuální (Trojan a kol., 2003).

Gestační přírůstek hmotnosti je závislý na hodnotě indexu tělesné hmotnosti (BMI), naopak nezávisí na věku, rase či etnickém původu, nebo kouření. Na základě BMI je uváděno rozmezí pro ženy s podváhou, normální hmotností, nadváhou a pro obézní ženy (Committee on obstetric practice, 2013).

Udává se, že hmotnost ženy se v průměru zvyšuje o 10 kg. Děloha ženy se s růstem plodu zvětšuje a postupně se začíná vyklenovat do dutiny břišní. Oproti stavu před těhotenstvím se objem děložní dutiny mění z 5 ml až na 4500 ml. S tím souvisí větší zatížení na pohybový aparát ženy, a rovněž ostatní orgánové systémy (Dylevský, 2019).

Nejvyšší váhový přírůstek nastává ve druhé polovině těhotenství, zhruba v období 20. až 30. týdne. V tomto období se týdně zvyšuje hmotnost ženy o 400 až 500 g. Na váhový přírůstek má vliv zejména retence vody, jež je ovlivňována steroidními hormony, především estrogenem (Kudela, 2004).

Po porodu pak většinou dochází k poměrně rychlé ztrátě nabyté hmotnosti ženy, avšak stejně jako nárůst, tak i úbytek hmotnosti je individuální. Udává se, že šest týdnů po porodu je hmotnost průměrně o 3 kg více než před těhotenstvím, šest měsíců po porodu pak o 1 kg více než před těhotenstvím (Hájek, Čech a Maršál, 2014).

6.3.2.2 Kardiovaskulární systém

Změny v kardiovaskulárním systému nastávají již v rané fázi těhotenství. V závislosti na zvyšování cirkulujících hladin progesteronu, estrogeneru a prostaglandinů dochází k relaxaci hladkých svalů. Jako důsledek zvýšení srdeční frekvence a zvýšení tepového objemu (objemu, který levá komora vypudí během každého stahu) dochází ke zvyšování srdečního výdeje, který se během třetího trimestru může zvýšit o 30 až 50 %. Tepový objem dosahuje největšího zvýšení v období 16. až 24. týdne těhotenství. Vzhledem ke zvyšování srdečního výdeje se mohou při poslechu objevovat šelesty. S postupujícím těhotenstvím dochází k elevaci bránice, což vede k mírnému posunutí srdce doleva nahoru. To se může projevit jako změna EKG křivky (Talbot a Maclennan, 2016).

Rovněž dochází ke změnám krevního tlaku. Se začínajícím těhotenstvím nejprve dochází ke snížení systolického tlaku, s blížícím se koncem těhotenství se ale zvyšuje, a to v rozmezí 10 až 20 torrů. Diastolický tlak se také snižuje, ale oproti tlaku systolickému se ve třetím trimestru postupně vrací k hodnotám před těhotenstvím (Kudela, 2004).

Srdeční frekvence se zvyšuje o 20 až 25 % v porovnání se stavem před těhotenstvím. Srdeční frekvence se zvyšuje postupně o 10 až 20 tepů za minutu během celého těhotenství a nejvyšších hodnot dosahuje ve třetím trimestru (Sanghavi a Rutherford, 2014).

Dále dochází ke zpomalování návratu krve z dolních končetin, proto se u těhotných žen často vyskytují varixy a otoky dolních končetin (Kudela, 2004).

6.3.2.3 Krev

Zvyšuje se objem krve, hlavně v důsledku zvyšování plazmatického objemu. Objem červených krvinek se zvyšuje nepatrně, z 25 ml/kg na 30 ml/kg. Avšak koncentrace červených krvinek, a tím pádem i hemoglobinu, klesá se zvyšujícím se plazmatickým objemem, což má za následek fyziologickou anémii u těhotných žen. Koncentrace červených krvinek bývá nejnižší zhruba ve 34. týdnu těhotenství, kdy

plazmatický objem dosáhne největšího zvýšení. To pak odráží zvýšenou potřebu přísunu železa v těhotenství (Kudela, 2004; Abbas a kol., 2005).

V průběhu těhotenství se zvyšují koagulační faktory (kromě faktorů XI a XIII). Naopak se snižují antikoagulační S-protein a antitrombin III. Důvodem těchto změn je ochrana proti poporodnímu krvácení, avšak zároveň je s těmito změnami spojené zvýšené riziko tromboembolických příhod. Ženy mající pro-koagulační patologie v anamnéze by měly být důkladně kontrolovány, v případě potřeby užívají nízkomolekulární hepariny (LMWH). V prvních šesti týdnech po porodu je riziko tromboembolických příhod nejvyšší (Mockridge a Maclennan, 2019).

6.3.2.4 Vylučovací systém

Se zvýšením srdečního výdeje souvisí zrychlení průtoku krve ledvinami až o 30 % a větší rychlost glomerulární filtrace (Talbot a Maclennan, 2016; Trojan 2003).

Glomerulární filtrace dosahuje největšího zvýšení v období devátého až jedenáctého týdne těhotenství a v porovnání hodnoty před těhotenstvím se zvyšuje průměrně o 40 až 50 % (Dafnis a Sabatini, 1992).

Dochází ke zpomalování transportu moče z ledvin do močového měchýře, a to jak z důvodu relaxace hladkých svalů vlivem hormonů, tak vlivem tlaku, kterým působí rostoucí děloha. Tím se snadněji dostávají bakterie z močového měchýře do ledvin a zvyšuje se riziko vzniku močových infekcí. Močové infekce se u těhotných žen vyskytují poměrně často, pyelonefritida je uváděna jako nejčastější závažný zdravotní stav pozorovaný v těhotenství. Pokud by však nebyly léčeny, přináší rizika jak pro matku, tak pro plod (Habak a Griggs, 2021; Nováčková, 2016).

6.3.2.5 Endokrinní systém

Během těhotenství se zvyšují cirkulující hladiny hormonů, jako jsou estrogen a progesteron, na což pak tělo reaguje. Jednou z reakcí je relaxace hladkých svalů, jak již bylo uvedeno. Další změny vznikají v důsledku vylučování hormonů placentou. Těmito hormony jsou relaxin, placentární laktogen a choriový gonadotropin. V důsledku sekrece placentárního laktogenu může docházet k inzulínové rezistenci, která může vyústit v gestační diabetes. Na rozdíl od glukózy, která prochází placentou,

inzulin placentou neprochází, takže plod musí produkovat inzulin vlastní. Novorozenci žen diabetiček se často rodí s vyšší porodní hmotností. Dále se zvyšuje sekrece kortikosteroidů, zvýšení hladiny kortizolu pak může rovněž přispívat k rozvoji inzulinové rezistence (Talbot a Maclennan, 2016).

Gestační diabetes mellitus se celosvětově objevuje u 14 % těhotných, což představuje přibližně 18 milionů porodů ročně. V České republice ženy absolvují screeningová vyšetření. Nejprve se v prvním trimestru stanovuje glykémie nalačno z venózní krve. Pokud se glykémie v prvním trimestru nachází v normě (pod 5,1 mmol/l), pokračuje screening ještě ve 24. – 28. týdnu, kdy se stanovuje glykémie při orálním glukózovém tolerančním testu (oGTT), při němž je podáno 75 g glukózy a glykémie se stanovuje v 60. a 120. minutě od podání glukózy (Goldmannová, Krystyník a kol., 2019).

6.3.2.6 Trávicí systém

Co se týče změn v gastrointestinálním traktu, tak se během těhotenství častěji vyskytuje gastroezofageální reflux, který je způsoben jak relaxací hladkého svalstva jícnu, tak posunutím žaludku dělohou (Talbot a Maclennan, 2016).

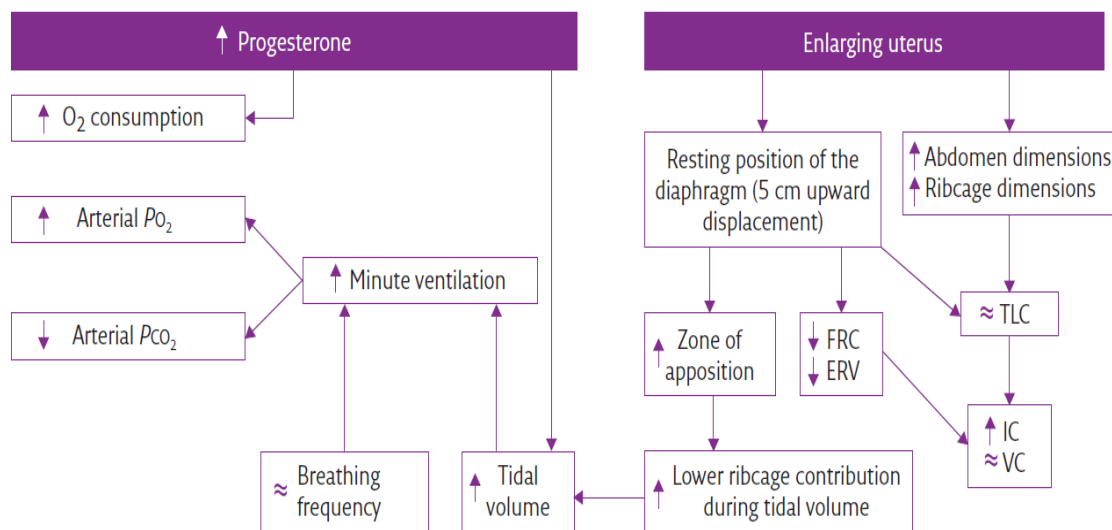
Rovněž zvýšená produkce gastrinu přispívá ke zvýšené žaludeční kyselosti a příznaky pálení žáhy se objevují u 50 až 80 % těhotných žen. Prodlužuje se doba průchodu gastrointestinálním traktem a zpomaluje se vyprazdňování žaludku. To má za důsledek nadýmání či zácpu. Přibližně u 50 % žen se během těhotenství častěji objevuje nauzea a zvracení. Z enzymů dochází ke snižování hladin jaterních transamináz, konkrétně aspartátaminotransferázy (AST), alaninaminotransferázy (ALT) a gama-glutamyltransferázy (GGT). Stejně tak se snižuje hladina bilirubinu. Naopak se zvyšuje hladina alkalické fosfatázy (ALP), na čemž se podílí i placenta (Tan a Tan, 2013).

6.3.2.7 Dýchací systém

Změny v dýchacích funkcích během těhotenství nastávají v důsledku fyziologických změn hladin hormonů. Progesteron se vyznačuje bronchodilatačním účinkem, k němuž dochází změnou tonu hladkého svalstva. Progesteron je rovněž spouštěčem primárního dýchacího centra, a to vlivem zvyšování citlivosti dýchacího

centra na oxid uhličitý. Progesteron dále ovlivňuje vznik ucpaného nosu, jelikož se podílí na hyperémii a vzniku edémů na povrchu sliznic. Dalším hormonem ovlivňující dýchací systém je estrogen. Ten je modulátorem progesteronových receptorů a zvyšuje jejich citlivost v dýchacích centrech. Na hladké svaly působí prostaglandiny, jejich důležitá role nastává při porodu, kdy stimulují hladké svalstvo dělohy. Kromě toho mají vliv jak na bronchokonstrikci (prostaglandin $F_{2\alpha}$) i bronchodilataci (prostaglandiny E_1 a E_2). Na obrázku 10 jsou shrnuty změny související se zvýšením hladiny progesteronu a zvětšením dělohy (LoMauro a Aliverti, 2015).

Obrázek 10 Vliv progesteronu a dělohy na dýchací funkce



Vysvětlivky: ↑ – zvýšení, ↓ – snížení, = beze změny; FRC – funkční reziduální kapacita, ERV – expirační reziduální objem, pCO_2 – parciální tlak oxidu uhličitého, pO_2 – parciální tlak kyslíku, TLC – celková kapacita plic, IC – inspirační kapacita, VC – vitální kapacita

Zvýšení hladiny progesteronu – zvýšení spotřeby kyslíku, zvýšení arteriálního parciálního tlaku kyslíku, snížení arteriálního tlaku oxidu uhličitého, zvýšení minutové ventilace, zvýšení celkového objemu, dýchací frekvence beze změny. Zvětšující se děloha – změna pozice bránice (posunutí nahoru o 5 cm), zvětšení objemu břišní dutiny, zvětšení rozměru hrudního koše, zvětšení zóny apozice, celkový objem plic s nižším podílem hrudního koše, snížení FRC a ERV, TLC beze změny, zvýšení IC, VC beze změny.

Zdroj: LoMauro a Aliverti, 2015 (převzato)

Vliv na změny v dýchání mají spolu s hormony také fyziologické změny v břišní dutině. Vliv má distenze dělohy, dále dochází ke změnám hrudní stěny, k elevaci bránice a mění se objem plic. Postupným zvětšováním dělohy se zvyšuje expirační břišní tlak, s čímž souvisí zvýšení ezofageálního tlaku. Důsledkem je dřívější uzavření

dýchacích cest, což má za následek snížení FRC a ERV. Výška hrudníku se lehce zkracuje, ostatní rozměry se zvyšují tak, aby byla udržena stálá celková plicní kapacita (LoMauro a Aliverti, 2015).

Změny v plicních funkcích souvisí s větší distenzí dělohy. Výraznější změny jsou pozorovány u žen s nadměrnou akumulací plodové vody (polyhydramnion) nebo u vícečetných těhotenství (Bhaskar Rao a Rambabu, 2016).

Během těhotenství se poměrně často vyskytuje tzv. těhotenská rýma. Vlivem estrogenu a placentárních hormonů v kombinaci se zvýšeným objemem krve dochází ke změnám na sliznici v horních dýchacích cestách. Sliznice nosohltanu a hltanu jsou překrvené, u žláz dochází k hypersekreci, vyskytují se edémy, zvyšuje se fagocytární aktivita. Kromě hormonálních vlivů a vlivů spojených se samotným těhotenstvím přispívá ke vzniku těhotenské rýmy kouření, alergie či užívání léčiv působící vazokonstrikci. Tato těhotenská rýma postihuje až 40 % těhotných žen, objevuje se na počátku prvního trimestru a největší potíže nastávají v posledních 6 týdnech těhotenství. Do 48 hodin po porodu ve většině případů ustupuje (Hegewald a Crapo, 2011).

Spirometrické měření dýchacích funkcí v průběhu těhotenství je klíčové u žen s již diagnostikovanými plicními onemocněními. Obecně lze říci, že těhotenství ovlivňuje průběh plicního onemocnění, ale zároveň plicní onemocnění může ovlivnit průběh těhotenství. U žen, u kterých bylo diagnostikované astma bronchiale, může s větší pravděpodobností dojít k předčasnému porodu, případně se novorozenci rodí s nižší porodní vahou. U těchto žen je rovněž zvýšené riziko preeklampsie (Grindheim, Toska a kol., 2012).

Preeklampsii lze definovat jako idiopatické onemocnění postihující více orgánových systémů. Může dojít k postižení životně důležitých orgánů, zejména jater, ledvin, mozku, plic, placenty. Je zvýšené riziko mortality i morbidity jak matky, tak plodu. Na vzniku preeklampsie se podílí více mechanismů, zejména vazokonstrikce vedoucí k orgánové hypoperfuzi, porucha koagulačního systému, hypovolémie a tvorba edémů (Dostálová a Gerychová, 2008).

Riziko předčasného porodu je vyšší i u žen trpících cystickou fibrózou, u kterých je zároveň jejich hodnota FEV₁ snížena, což poukazuje na výraznější nepříznivé změny v dýchacích funkcích. Hodnocení a sledování spirometrických parametrů u těhotných žen bez plicních onemocnění přispívá k porovnání změn plicních funkcí obecně, čehož se následně využívá právě pro porovnání u žen, které plicními onemocněními trpí (Grindheim, Toska a kol., 2012).

Během těhotenství se výrazně mění plicní objemy. Snižuje se reziduální objem, a to až o 20 %. Současně dochází k postupnému snížení expiračního rezervního objemu, zejména v druhé polovině těhotenství, opět mohou být hodnoty nižší až o 20 % oproti stavu před těhotenstvím. Klesá rovněž funkční reziduální kapacita, zatímco inspirační vitální kapacita se stejnou měrou zvyšuje, aby byla zachována konstantní TLC. Změny těchto parametrů oproti stavu před těhotenstvím lze vidět v tabulce 4 (LoMauro a Aliverti, 2015; Mockridge a Maclennan, 2019).

Tabulka 4 Porovnání parametrů se stavem před těhotenstvím

Parametr	Porovnání se stavem před těhotenstvím
ERV	Snížení o 20 – 30 %
FRC	Snížení o 20 %
V _T	Zvýšení o 30 – 40 %
RV	Snížení o 20 %
FEV ₁ /VC	Beze změny

Vysvětlivky: ERV – expirační rezervní kapacita, FRC – funkční reziduální kapacita, V_T – celkový objem, RV – reziduální objem, FEV₁/VC – Tiffeneauův index

Zdroj: Mockridge a Maclennan, 2019 (přeloženo a přepracováno do tabulky)

V průběhu těhotenství se zvyšuje spotřeba kyslíku, z 250 ml/min na 300 ml/min. Příčinou zvyšování je větší potřeba kyslíku pro chod a udržení metabolických procesů, jež vyžaduje těhotenství. Zvyšováním dechového objemu vlivem progesteronu se zvyšuje plicní ventilace až o 40 %. Progesteron, jak již bylo zmíněno, přímo stimuluje dýchací centrum a zvyšuje citlivost na oxid uhličitý (Girling, 2004).

7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1 Zaměření studie

Studie probíhala na Farmaceutické fakultě Univerzity Karlovy v Hradci Králové v rámci výzkumné skupiny Klinické fyziologie výživy a metabolismu pod vedením PharmDr. Miroslava Kovaříka, Ph.D., ve spolupráci s Porodnickou a gynekologickou klinikou Fakultní nemocnice Hradec Králové.

Studie se účastnilo 10 žen, jejichž těhotenství bylo fyziologické, bez komplikací a ženy netrpěly žádným chronickým onemocněním. Ženy byly v rámci studie sledovány od druhého trimestru po zbytek těhotenství a poté po porodu přibližně do 9 měsíců věku dítěte, kdy probíhalo poslední vyšetření. Celkem byly ženy v rámci celé studie vyšetřeny sedmkrát, první tři vyšetření probíhaly v průběhu těhotenství. První vyšetření proběhlo v druhém trimestru těhotenství, druhé a třetí vyšetření na začátku a na konci třetího trimestru. Čtvrté vyšetření ženy absolvovaly přibližně 3 týdny po porodu, páté vyšetření 3 měsíce po porodu, šesté a sedmé v odstupu dalších tří měsíců, tedy 6 a 9 měsíců po porodu.

Studie byla schválena Etickou komisí Fakultní nemocnice Hradec Králové a ženy před vstupem do studie podepisovaly informovaný souhlas.

7.2 Metodika

7.2.1 Postup měření

7.2.1.1 Průběh celého vyšetření

Na vyšetření, které trvalo přibližně jednu hodinu, přicházely ženy po celonočním lačnění. Vyšetření se skládalo z více částí. Nejdříve ženy absolvovaly měření energetického výdeje pomocí kalorimetru (Indirect calorimeter Vmax Encore). Poté byl ženám změřen krevní tlak a puls. Další částí bylo antropologické vyšetření, při kterém byly zjišťovány výška, hmotnost a obvody částí těla, konkrétně hlavy, končetin, hrudníku a trupu. Součástí bylo také měření podkožního tuku pomocí kaliperu. Poté následovalo měření složení těla pomocí přístrojů Body Composition Monitor (BCM) a Multiscan 5000. Dále se zjišťovala svalová síla pomocí dynamometrie. Posledním vyšetřením bylo spirometrické vyšetření plicních funkcí, jež bude dále popsáno a vyhodnoceno. Kromě těchto měření, která probíhala přímo ve vyšetřovací místnosti na Katedře biologických a lékařských věd Farmaceutické fakulty, ženy přinášely na vyšetření vyplněné dotazníky o výživě a aktivitách během dne. Tyto dotazníky ženy vyplňovaly vždy po dobu jednoho týdne před daným vyšetřením. Z dotazníků byly následně získávány informace o výživě a energetickém příjmu a výdeji. 24 hodin před daným vyšetřením ženy sbíraly svou moč. Během vyšetření byl stanoven objem odebrané moči za 24 hodin a následně byl vzorek poslán na biochemický rozbor do Fakultní nemocnice Hradec Králové.

7.2.1.2 Spirometrické vyšetření

Ke spirometrickému měření v rámci vyšetření byl využíván spirometr Otthom zobrazený na obrázku 11.

Obrázek 11 Spirometr Otthon

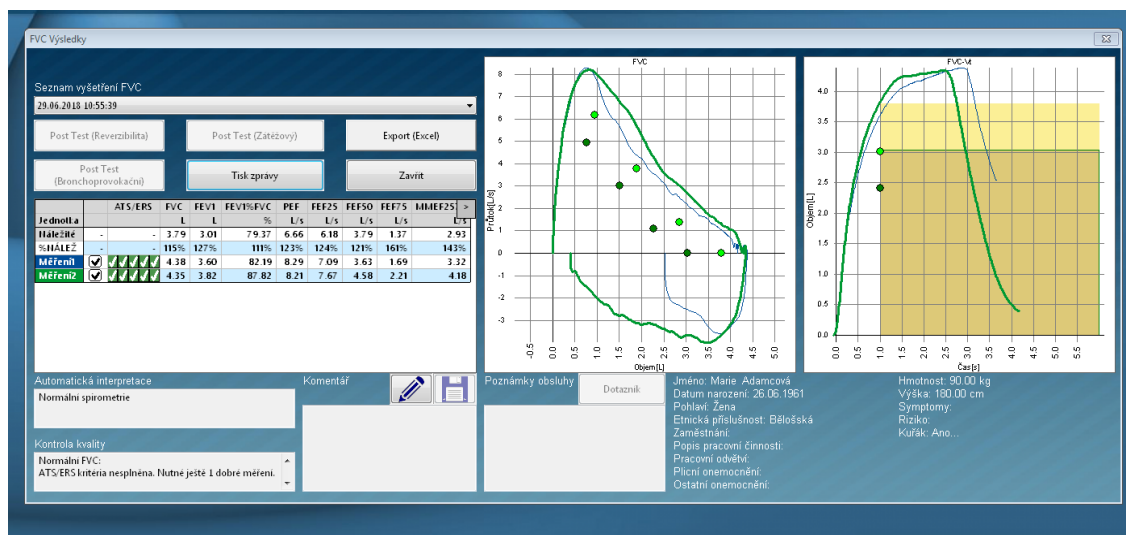


Zdroj: Spirometr Otthon, 2022 (převzato)

Spirometr Otthon je ultrazvukový spirometr vhodný pro screeningová vyšetření CHOPN a astma bronchiale. Hmotnost přístroje je 300 g. Tento spirometr je jednoduše ovládatelný pomocí dotykového displeje a je možná hlasová interpretace. Příklad by neměl být používán u dětí do 4 let, což souvisí s nutností spolupráce vyšetřovaného pacienta. Spirometr umožňuje provést jak základní, tak profesionální měření plicních parametrů, kdy jsou změřené parametry porovnávány s referenčními hodnotami. Naměřené spirometrické parametry jsou porovnávány s normálními hodnotami dle antropologických dat konkrétního pacienta, jež jsou vloženy do vzorců Evropské respirační společnosti. Dle výrobce je přístroj schopný uložit do paměti až 20 000 měření. Před každým měřením přístroj provede automatickou kalibraci. Příklad je možné změřit spirometrické parametry FVC, PEF, FEV₁, FEV₁/FVC, FEF₂₅₋₇₅, FEF₂₅₋₅₀, FEF₂₅, FEF₅₀, FEF₇₅, FET, VC, EVC, IVC, IC, IRV, ERV nebo V_T. Spirometr je propojen s počítačem, kde jsou naměřená data zobrazována a vyhodnocována softwarem ThorSoft. S počítačem lze přístroj propojit přes technologii Bluetooth či USB kabel, rovněž je možné propojení s tiskárnou a následné vytisknutí záznamu měření.

Příklad zobrazení naměřených dat tímto softwarem lze vidět na obrázku 12 (Spirometr Otthon, 2022; Otthon: mobilní spirometr s připojením k PC, 2022; Otthon: User Manual, 2013).

Obrázek 12 Propojení spirometru s počítačem



Zdroj: Spirometr Otthon, 2022 (převzato a upraveno)

Před začátkem spirometrického měření se spirometr připojil k počítači, na kterém byl spuštěn software ThorSoft. Bylo nutné zadat údaje o pacientce, jako jméno, datum narození, hmotnost, výška, případně pokud pacientka již byla v databázi, jen se vybrala podle jména a zkontrolovaly se dané údaje. Stejně tak bylo důležité vyšetřovanou ženu poučit o průběhu vyšetření. Bylo potřeba vysvětlení, jak správně do spirometru dýchat, a to podle toho, jestli měření bude prováděno za klidového dýchání nebo při dechových usilovných manévrech. Dále byla žena vždy poučena, jak se spirometrem zacházet, jak jej správně vložit do úst a obemknout rty. Poté se na spirometr nasadil jednorázový náustek, žena si na nos nasadila nosní klipy a ve stoje při správném držení těla bylo prováděno samotné měření. Po klidovém dýchání se žena pokusila provést hluboký nádech, kterému následoval co nejintenzivnější výdech. Měření bylo prováděno opakovaně do dosažení akceptovatelných výsledků. Vyhodnocen byl vždy nejlepší pokus. Software rovněž zobrazil spirometrické křivky. Následně byla data uložena pro vyhodnocení.

7.2.2 Měřené parametry

V rámci této práce budou vyhodnocovány spirometrické parametry FVC, FEV₁ a PEF.

7.2.2.1 Usilovná vitální kapacita (FVC)

Usilovná vitální kapacita je maximální objem vzduchu udávaný v litrech, který lze po maximálním nádechu vydechnout při maximálním usilovném výdechu.

7.2.2.2 Usilovně vydechnutý objem za první sekundu (FEV₁)

FEV₁ lze definovat jako objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za první sekundu po maximálním nádechu. Udává se v litrech.

7.2.2.3 Vrcholový výdechový průtok (PEF)

Vrcholový výdechový průtok vyjadřuje nejvyšší průtok na vrcholu usilovného výdechu měřený za jednu desetinu sekundy a je vysoce závislý na úsilí. Jednotkou jsou litry za sekundu [l/s].

7.3 Statistické zpracování dat

Grafy a tabulky byly vytvořeny v Microsoft Excel 2013. U sledovaných parametrů byla testována normalita pomocí D'Agostinova a Pearsonova testu. V rámci deskriptivní statistiky budou jednotlivé sledované parametry popisovány jako průměr a směrodatná odchylka (SD) nebo jako medián a rozmezí minimální a maximální hodnoty v případě parametrů s nenormálním rozdělením. Rozdíly mezi jednotlivými vyšetřeními byly vyhodnocovány pomocí testu ANOVA s opakováním (repeated measure ANOVA) a pomocí Tukeyova testu (Tukey's multiple comparisons test). Při korelačním testu, tedy testování závislosti dvou nezávislých parametrů, bude uváděna hodnota Pearsonova korelačního koeficientu R a hodnota pravděpodobnosti P. O statisticky významnou závislost se jedná v případě, je-li hodnota $P \leq 0,05$.

8. VÝSLEDKY

8.1 Charakteristika hodnocené skupiny

Studie se účastnilo 10 těhotných žen. Průměrný věk vyšetřovaných žen byl 28 ± 3 roky, přičemž nejmladší účastníci studie bylo 25 let, nejstarší 36 let. Průměrná výška účastnicích se žen byla $166,5 \pm 6,0$ cm. Všechny zúčastněné ženy byly prvorodičky.

Ženy během těhotenství absolvovaly tři vyšetření, jež budou dále vyhodnocována. První vyšetření, dále označované jako G1 probíhalo v období 20. až 27. týdne, tedy ve druhém trimestru těhotenství. Druhé vyšetření, dále označované jako G2, probíhalo na počátku třetího trimestru, tedy v období 29. až 35. týdne těhotenství. Poslední vyšetření, dále označované jako G3, absolvovaly ženy v období 36. až 38. týdne, tedy ke konci třetího trimestru, potažmo celého těhotenství.

V tabulce 5 je zaznamenáno, jaká byla průměrná délka těhotenství při jednotlivých vyšetřeních G1, G2 a G3. Nejprve je délka těhotenství v den daného vyšetření udávána v ukončených týdnech, poté je délka těhotenství udávána ve dnech. Průměrná délka těhotenství u sledovaných žen byla 282 ± 4 dny.

Tabulka 5 Délka těhotenství v den daného vyšetření

Vyšetření	Délka těhotenství [ukončené týdny]	Délka těhotenství [dny]
G1	23 ± 2	163 ± 14
G2	31 ± 1	220 ± 9
G3	36 ± 1	259 ± 4

Vysvětlivky: výsledky jsou vedeny jako průměr \pm SD; G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne, G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne, G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne.

8.2 Hodnocení spirometrických parametrů

Hodnocené spirometrické parametry budou v následujících tabulkách popsány jak v absolutní hodnotě, tak relativně v % predikované hodnoty, při čemž predikovaná hodnota představuje 100 %.

8.2.1 Hodnoty usilovné vitální kapacity

Tabulka 6 obsahuje hodnocení FVC v průběhu těhotenství. U absolutních hodnot FVC lze vidět tendenci poklesu při vyšetření G2 oproti vyšetření G1 a poté při vyšetření G3 mírnou tendenci vzestupu, avšak tyto změny nejsou statisticky významné. Hodnoty FVC vyjádřené v % oproti predikované hodnotě jsou nižší než 80 % predikované hodnoty.

Tabulka 6 Hodnoty FVC v průběhu těhotenství

Vyšetření	FVC [l]	FVC [%]
G1	2,95 ± 0,31	79 ± 6
G2	2,88 ± 0,25	77 ± 8
G3	2,90 ± 0,37	78 ± 7

Vysvětlivky: výsledky jsou vedeny jako průměr ± SD; G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne, G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne, G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita

8.2.2 Hodnoty usilovně vydechnutého objemu za první sekundu

Z tabulky 7 je patrné, že FEV₁ měl během těhotenství tendenci poklesu. Tendence poklesu byla pozorována jak mezi vyšetřeními G1 a G2, tak mezi vyšetřeními G2 a G3. Tento pokles hodnot FEV₁ však nebyl statisticky významný.

Tabulka 7 Hodnoty FEV₁ v průběhu těhotenství

Vyšetření	FEV ₁ [l]	FEV ₁ [%]
G1	2,75 ± 0,28	86 ± 7
G2	2,72 ± 0,25	84 ± 9
G3	2,69 ± 0,28	83 ± 6

Vysvětlivky: výsledky jsou vedeny jako průměr ± SD; G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne, G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne, G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu

8.2.3 Tiffeneaův index (FEV₁/FVC)

Z výše uvedených hodnot FEV₁ a FVC lze získat Tiffeneaův index poukazující na přítomnost či nepřítomnost obstrukce. Výsledky pro jednotlivá období těhotenství jsou uvedeny v tabulce 8. Na přítomnost obstrukce poukazují hodnoty 75 % a nižší, tudíž přítomnost obstrukce u žen účastnících se této studie lze dle níže uvedených hodnot vyloučit. Změny v hodnotách FEV₁/FVC v průběhu těhotenství nejsou statisticky významné.

Tabulka 8 Tiffeneaův index v průběhu těhotenství

Vyšetření	FEV ₁ /FVC [%]
G1	93 ± 5
G2	95 ± 3
G3	93 ± 6

Vysvětlivky: výsledky jsou vedeny jako průměr ± SD; G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne, G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne, G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, FVC – usilovná vitální kapacita

8.2.4 Hodnoty vrcholového výdechového průtoku

V následující tabulce jsou porovnávány hodnoty PEF při jednotlivých vyšetřeních. Nejprve je patrná tendence mírného zvýšení, poté při vyšetření G3 snížení vrcholového výdechového průtoku až na hodnotu nižší, než která byla zjištěna při prvním vyšetření G1. Změny PEF však nejsou statisticky významné. V hodnocení oproti predikované hodnotě se hodnoty ve všech měřených obdobích pohybují nad 80 % predikované hodnoty. U hodnot PEF vyjádřených v % predikované hodnoty je rovněž nejprve patrná tendence mírného zvýšení mezi obdobími G1 a G2. Mezi obdobími G2 a G3 jsme zjistili významný pokles výdechového vrcholového průtoku o 7 %.

Tabulka 9 Hodnoty PEF v průběhu těhotenství

Vyšetření	PEF [l/s]	PEF [%]
G1	5,93 ± 0,75	87 ± 10
G2	6,30 ± 1,03	89 ± 14
G3	5,85 ± 1,06	82 ± 12 *G2

*Vysvětlivky: výsledky jsou vedeny jako průměr ± SD; G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne, G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne, G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; PEF – vrcholový výdechový průtok.; *G2 – Tukey's multiple comparisons test ($P \leq 0,05$) versus G2*

8.3 Korelace

Korelační test byl využit ke zjišťování závislosti dvou nezávislých parametrů pro jednotlivá období těhotenství. Byly sledovány závislosti spirometrických parametrů jak v absolutních, tak v relativních hodnotách, a parametrů souvisejících s antropologickými změnami v těhotenství, délkou těhotenství a narozeným dítětem. Z antropologických parametrů byla zjišťována závislost u věku, výšky a váhy ženy, nárůstu hmotnosti v jednotlivém období, indexu tělesné hmotnosti, ploše povrchu těla (BSA), tukuprosté hmoty vyjádřené jednak v kg, tak i jako procentuální zastoupení tukuprosté hmoty v těle ženy, dále množství tuku (rovněž v kg i v procentech). Dalším hodnoceným parametrem byl fázový úhel při frekvenci 50 kHz vyjádřený ve stupních. Parametry složení těla byly stanoveny pomocí přístroje BCM (Fresenius). Z parametrů vztahujících se k těhotenství jsme sledovali délku gravidity v daném období, celkovou délku gravidity a délku porodu. Poslední skupinou byly parametry týkající se narozeného dítěte, a to jeho hmotnost udávaná v gramech a výška v centimetrech. Mezi těmito parametry byla závislost testována zvláště v každém období, tedy v období G1, G2 a G3. Závislost se považuje za statisticky významnou, pokud hodnota pravděpodobnosti P je $\leq 0,05$. Míra této závislosti je vyjádřena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu R. Pro korelace v jednotlivých období budou dále uvedeny tabulky, ve kterých budou uvedeny hodnoty P i R.

8.3.1 Korelace v období G1

Významné korelace se sledovanými spirometrickými parametry FVC, FEV₁ a PEF v absolutních hodnotách v období G1 jsou uvedeny v tabulce 10. S FVC koreluje výška ženy, BSA, délka gravidity a výška dítěte. S FEV₁ koreluje váha, BSA, tukuprostá hmota, hmotnost tuku a výška dítěte při narození. S PEF koreluje výška, váha a hmotnost tuku. Ve všech případech se jedná o pozitivní korelace.

Tabulka 10 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních hodnotách v období G1

Spirometrický parametr	Parametr	R	P
FVC [l]	Výška [cm]	0,680	0,030
	BSA [m ²]	0,719	0,019
	Délka gravidity [dny]	0,671	0,034
	Výška dítěte [cm]	0,895	0,003
FEV ₁ [l]	Váha [kg]	0,781	0,008
	BSA [m ²]	0,808	0,005
	Tukuprostá hmota [kg]	0,779	0,008
	Tuk [kg]	0,753	0,012
	Výška dítěte [cm]	0,759	0,029
PEF [l/s]	Výška [cm]	0,697	0,025
	Váha [kg]	0,658	0,020
	Tuk [kg]	0,728	0,017

Vysvětlivky: G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, PEF – vrcholový výdechový průtok; BSA – plocha povrchu těla; R – Pearsonův korelační koeficient, P – hladina statistické významnosti

V tabulce 11 jsou uvedeny korelace spirometrických parametrů pro období G1 vyjádřených v relativních hodnotách. Z tabulky je patrné, že FVC vyjádřené v % predikované hodnoty koreluje pouze s výškou dítěte při narození. FEV₁ vyjádřené v % predikované hodnoty koreluje s váhou, indexem tělesné hmotnosti, množstvím tuku a rovněž s výškou dítěte při narození. PEF vyjádřené v % predikované hodnoty koreluje s váhou, BSA a množstvím tuku. Všechny uvedené korelace jsou pozitivní. U většiny parametrů vyšla vyšší míra závislosti v případě absolutních hodnot spirometrických parametrů. Výjimkou byla závislost výšky dítěte, která byla vyšší v případě FEV₁ vyjádřeného relativně.

Tabulka 11 Korelace se spirometrickými parametry v relativních hodnotách v období G1

Spirometrický parametr	Parametr	R	P
FVC [%]	Výška dítěte [cm]	0,849	0,008
FEV ₁ [%]	Váha [kg]	0,658	0,039
	BMI [kg/m ²]	0,716	0,020
	Tuk [kg]	0,659	0,038
	Výška dítěte [cm]	0,821	0,013
PEF [%]	Váha [kg]	0,670	0,034
	BSA [m ²]	0,679	0,031
	Tuk [kg]	0,695	0,026

Vysvětlivky: G1 – vyšetření v období 20. až 27. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, PEF – vrcholový výdechový průtok; BMI – index tělesné hmotnosti, BSA – plocha povrchu těla; R – Pearsonův korelační koeficient, P – hladina statistické významnosti

8.3.2 Korelace v období G2

V období G2 byla zjištěna korelace pouze pro FVC a FEV₁, a to jak v absolutní, tak v relativní hodnotě. V obou případech se korelace týká hmotnosti dítěte při narození. Tato korelace je pozitivní, jak je patrné z tabulky 12. Vyšší míra závislosti spirometrických parametrů na hmotnosti dítěte při narození byla zaznamenána u relativních hodnot FVC a FEV₁.

Tabulka 12 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních i relativních hodnotách v období G2

Spirometrický parametr	Parametr	R	P
FVC [l]	Hmotnost dítěte [g]	0,698	0,037
FEV ₁ [l]	Hmotnost dítěte [g]	0,786	0,012
FVC [%]	Hmotnost dítěte [g]	0,732	0,025
FEV ₁ [%]	Hmotnost dítěte [g]	0,850	0,004

Vysvětlivky: G2 – vyšetření v období 29. až 35. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; R – Pearsonův korelační koeficient, P – hladina statistické významnosti

8.3.3 Korelace v období G3

Na konci třetího trimestru byla zaznamenána pozitivní korelace u spirometrického parametru FVC s hmotností, BSA a tukuprostou hmotou. S hmotností, BSA a tukuprostou hmotou korelují rovněž parametry FEV₁ a PEF. PEF je kromě těchto tří zmíněných parametrů v přímé úměře ještě s množstvím tuku. Všechny korelace jsou zaznamenány v tabulce 13.

Tabulka 13 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních hodnotách v období G3

Spirometrický parametr	Parametr	R	P
FVC [l]	Váha [kg]	0,643	0,045
	BSA [m ²]	0,711	0,021
	Tukuprostá hmotá [kg]	0,650	0,042
FEV ₁ [l]	Váha [kg]	0,742	0,014
	BSA [m ²]	0,790	0,007
	Tukuprostá hmotá [kg]	0,832	0,003
PEF [l/s]	Váha [kg]	0,651	0,042
	BSA [m ²]	0,693	0,026
	Tukuprostá hmotá [kg]	0,702	0,024
	Tuk [kg]	0,642	0,045

Vysvětlivky: G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, PEF – vrcholový výdechový průtok; BSA – plocha povrchu těla; R – Pearsonův korelační koeficient, P – hladina statistické významnosti

Co se týče korelačního testu relativních hodnot spirometrických parametrů v období G3, tak pro parametry FVC % a FEV₁ % byla zjištěna korelace pouze s fázovým úhlem. Hodnota PEF vyjádřená v % predikované hodnoty koreluje jen s množstvím tuku. Všechny tyto korelace jsou pozitivní a jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 Korelace se spirometrickými parametry v relativních hodnotách v období G3

Spirometrický parametr	Parametr	R	P
FVC [%]	Fázový úhel [°]	0,676	0,032
FEV ₁ [%]	Fázový úhel [°]	0,776	0,008
PEF [%]	Tuk [kg]	0,636	0,048

Vysvětlivky: G3 – vyšetření v období 36. až 38. týdne; FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, PEF – vrcholový výdechový průtok; R – Pearsonův korelační koeficient, P – hladina statistické významnosti

9. DISKUSE

Během těhotenství nastávají v těle ženy fyziologické změny nutné pro správný vývoj plodu, nebo mohou nastávat změny v důsledku vývoje plodu. Tyto změny jsou jak lokální, tak systémové, a zasahují do všech orgánových systémů (Suresh a Radfar, 2004; Trojan a kol., 2003).

Změny týkající se dýchacích funkcí nastávají v důsledku změn hladin hormonů, konkrétně progesteronu a estrogeneru. Během porodu mají rovněž důležitou roli prostaglandiny, které stimulují hladké svalstvo dělohy. Zároveň ovlivňují bronchokonstrikci a bronchodilataci. Kromě hormonů má vliv na dýchací funkce postupně se zvětšující děloha (LoMauro a Aliverti, 2015).

V naší studii jsme nezaznamenali významné změny hodnoty FVC v průběhu těhotenství. Oproti tomu studie Teliho a Grindheima prokázaly zvýšení hodnot FVC v průběhu třetího trimestru. V těchto studiích byly hodnoty FVC těhotných žen nižší ve srovnání s kontrolní skupinou. Tomu odpovídá naše zjištění, že hodnoty FVC byly ve všech fázích těhotenství nižší než 80 % predikované hodnoty (Grindheim a kol., 2012; Teli a kol, 2012).

U parametru PEF v relativní hodnotě jsme zaznamenali statisticky významné snížení, a to pokles o 7 % při vyšetření na konci třetího trimestru oproti počátku třetího trimestru. Stejně tak Despahde ve své studii zjistil pokles maximálního výdechového průtoku ve třetím trimestru. Naopak Grindheim ve své studii zaznamenal výrazné zvýšení PEF v průběhu těhotenství (Desphade a kol., 2013; Grindheim a kol., 2012).

Pro parametr FEV₁ jsme v naší studii neprokázali významné změny v průběhu těhotenství. To je v souladu se studií Grindheima i Puranika. Stejného závěru dosáhli ve své studii Phatak a Kurhade (Grindheim a kol., 2012; Phatak a Kurhade, 2003; Puranik a kol., 1994).

Dalším zaměřením práce bylo určení faktorů, které se změnami dýchacích funkcí souvisely. Doposud není studie, která by se přímo zaměřovala na posuzování korelací mezi spirometrickými parametry a parametry odrážející složení těla těhotných žen.

Dosud byla ve studiích zjišťována pouze závislost pregestační hmotnosti a přírůstku hmotnosti v těhotenství.

Pro zjišťování korelací byla využita korelační analýza a bylo zjištěno několik významných korelací mezi spirometrickými parametry a parametry, jež se týkají složení těla matky, hmotnosti a výšky dítěte či délky gravidity. Ve všech případech se jednalo o korelace pozitivní.

V naší studii byly zjištěny korelace související s hmotností ve všech fázích těhotenství. V období G1 byla zjištěna korelace parametrů FEV₁ a PEF s hmotností ženy a množstvím tuku vyjádřeným v kg. V období G2 byla zjištěna korelace FVC a FEV₁ s hmotností dítěte. V období G3 jsme zaznamenali pozitivní korelaci mezi všemi námi sledovanými parametry a hmotností, stejně tak tukuprostou hmotou. Grindheim ve své studii nezaznamenal závislost sledovaných spirometrických parametrů na pregestační váze nebo přírůstku hmotnosti (Grindheim a kol., 2012).

Porovnání naší studie s jinými výše zmíněnými studii, zaměřujícími se na změny dýchacích funkcí a změny spirometrických parametrů v průběhu těhotenství, zahrnovalo rozdíly. V naší studii jsme pracovali s deseti těhotnými ženami, což byl oproti ostatním studiím poměrně výrazný rozdíl ve statistickém vzorku. Naše studie v porovnání s ostatními zahrnovala pouze prvorodičky a nezahrnovala vícečetná těhotenství. Dále byla spirometrická vyšetření prováděna v různých týdnech těhotenství, některé studie sledovaly ženy již od prvních týdnů těhotenství. Byly použity rovněž rozdílné metody či jiné typy spirometrů. Některé studie pouze porovnávaly hodnoty spirometrických parametrů těhotných žen s hodnotami u žen, které těhotné nebyly. V rámci naší studie byly sledovány tři základní parametry FVC, FEV₁ a PEF, zatímco jiné studie se zaměřovaly i na další spirometrické parametry. Jak již bylo zmíněno, korelacemi se jiné studie příliš nezabývaly.

Tyto korelace, vztahy mezi spirometrickými parametry a parametry souvisejícími se složením těla ženy, by do budoucna mohly přinést další poznatky vlivu těhotenství a s ním souvisejícími fyziologickými změnami na změny dýchacích funkcí během gravidity. Pomocí korelací poukazuje naše studie na vliv změn nastávajících v důsledku těhotenství, zejména změn složení těla ženy, na změny dýchacích funkcí.

10. ZÁVĚR

Tato diplomová práce vychází z výsledků studie, která se zabývala měřením spirometrických parametrů FVC, FEV₁ a PEF u žen s fyziologickým těhotenstvím, s cílem zjistit a vyhodnotit změny v dýchacích funkcích, které v průběhu těhotenství nastaly, a určit faktory, které s nimi souvisely. Zjišťovala se závislost mezi spirometrickými parametry a parametry souvisejícími s těhotenstvím, a to se změnami ve složení těla ženy, délkou gravidity či hmotností a délkou narozeného dítěte.

Ze sledovaných parametrů jsme zaznamenali významnou změnu pouze u PEF vyjádřeného relativně, a to pokles o 7 % při třetím vyšetření ve 36. – 38. týdnu oproti vyšetření druhému ve 29. – 35. týdnu těhotenství.

Korelační analýzou se zjišťovala závislost dvou nezávislých parametrů pro jednotlivá období těhotenství. Zvláště se zjišťovaly korelace pro spirometrické parametry v absolutních hodnotách a relativních hodnotách. Byly zjištěny závislosti spirometrických parametrů jak s antropometrickými parametry, tak i s parametry narozeného dítěte. Zjištěné korelace se týkaly zejména parametrů odrážejících složení těla ženy, a to hmotnost, množství tuku, množství tukuprosté hmoty a BSA. Nejméně korelací bylo zjištěno pro období G2, tedy 29. – 35. týden těhotenství, kdy byly zjištěny korelace pro FVC a FEV₁ jen s hmotností narozeného dítěte. Všechny zjištěné korelace byly pozitivní.

11. POUŽITÉ ZKRATKY

Zkratka	Český název	Anglický název
ALT	Alaninaminotransferáza	Alanine aminotransferase
ALP	Alkalická fosfatáza	Alkaline phosphatase
AST	Aspartátaminotransferáza	Aspartate aminotransferase
ATP	Adenosintrifosfát	Adenosine triphosphate
ATS	Americká hrudní společnost	American thoracic society
BCM	-	Body Composition Monitor
BMI	Index tělesné hmotnost	Body Mass Index
BSA	Plocha povrchu těla	Body Surface Area
CHOPN	Chronická obstrukční plicní nemoc	Chronic obstructive pulmonary disease
EKG	Elektrokardiogram	Electrocardiogram
ERS	Evropská respirační společnost	European respiratory society
ERV	Expirační rezervní objem	Expiratory reserve volume
EV	Extrapolovaný objem	Extrapolated volume
EVC	Vitální kapacita výdechu	Expiratory vital capacity
FEF	Usilovné výdechové průtoky na různých úrovních již vydechnuté FVC	Forced expiratory flow
FET	Čas výdechu	Forced expiratory time
FEV ₁	Usilovně vydechnutý objem za první sekundu	Forced expiratory volume in one second
FEV ₁ /FVC	Poměr sekundové kapacity a usilovné vitální kapacity (Tiffeneauův index)	Tiffeneau index
FRC	Funkční reziduální kapacita	Functional residual capacity
FVC	Usilovná vitální kapacita	Forced vital capacity

GGT	Gama-glutamylaminotransferáza	Gamma-glutamyltransferase
GOLD	-	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
IRV	Inspirační rezervní objem	Inspiratory reserve volume
IVC	Inspirační vitální kapacita	Inspiratory vital capacity
LMWH	Nízkomolekulární heparin	Low-molecular-weight heparin
MEF	Maximální výdechový průtok	Maximum expiratory flow
MVV	Maximální usilovná ventilace	Maximum voluntary ventilation
oGTT	Orální glukózový toleranční test	Oral glucose tolerance test
P	Hladina významnosti statistických testů	-
PEF	Vrcholový výdechový průtok	Peak expiratory flow
R	Pearsonův korelační koeficient	-
RV	Reziduální objem	Residual volume
SD	Směrodatná odchylka	Standard Deviation
TLC	Celková kapacita plic	Total lung capacity
VC_{max}	Maximální vitální kapacita plic	Maximal vital capacity
V_T	Dechový objem	Tidal volume

12. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled spirometrických veličin.....	22
Tabulka 2 Nepřímo měřitelné objemy a kapacity, jež spirometrem nezměříme	31
Tabulka 3 Tíže ventilační obstrukční poruchy dle hodnot FEV_1 (FEV_1/VC_{max}).....	32
Tabulka 4 Porovnání parametrů se stavem před těhotenstvím	42
Tabulka 5 Délka těhotenství v den daného vyšetření.....	49
Tabulka 6 Hodnoty FVC v průběhu těhotenství.....	50
Tabulka 7 Hodnoty FEV_1 v průběhu těhotenství.....	51
Tabulka 8 Tiffeneaův index v průběhu těhotenství	52
Tabulka 9 Hodnoty PEF v průběhu těhotenství	53
Tabulka 10 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních hodnotách v období G1.....	55
Tabulka 11 Korelace se spirometrickými parametry v relativních hodnotách v období G1	56
Tabulka 12 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních i relativních hodnotách v období G2	57
Tabulka 13 Korelace se spirometrickými parametry v absolutních hodnotách v období G3.....	58
Tabulka 14 Korelace se spirometrickými parametry v relativních hodnotách v období G3	59

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Dýchací cesty a plíce	14
Obrázek 2 Výměna plynů mezi plicním sklípkem a kapilárou	17
Obrázek 3 Biochemický proces vzniku ATP	18
Obrázek 4 Plicní objemy a kapacity se znázorněním nepřímo měřitelných objemů	24
Obrázek 5 Znázornění usilovných výdechových průtoků dle ERS a ATS	25
Obrázek 6 Křivka objem-čas	28
Obrázek 7 Křivka průtok-objem (porovnání u ventilační poruchy)	29
Obrázek 8 Příčiny artefaktů na křivce průtok-objem	30
Obrázek 9 Přehled fyziologických změn v těhotenství.....	35
Obrázek 10 Vliv progesteronu a dělohy na dýchací funkce	40
Obrázek 11 Spirometr Otthon	45
Obrázek 12 Propojení spirometru s počítačem	46

POUŽITÁ LITERATURA

1. ABBAS AE, LESTER SJ, CONNOLLY H. Pregnancy and the cardiovascular system. *International Journal of Cardiology*. 2005, 98, 179-189.
2. AUGUSTI A, FABBRI LM, BARALDI E, CELLI B, CORRADI M, FANER R, MARTINEZ FD, MELÉN E, PAPI A. Spirometry: A practical lifespan predictor of global health and chronic respiratory and non-respiratory diseases. *European Journal of Internal Medicine*. 2021, 89, 3-9.
3. BARNES TA a FROMER L. Spirometry use: detection of chronic obstructive pulmonary disease in the primary care setting. *Clinical Interventions in Aging*. 2011, 6, 47-52.
4. BHASKAR RN a RAMBABU Ch. A study on Variations of pulmonary function tests in different stages of pregnancy. *Asian Pacific Journal of Health sciences*. 2016, 3(3), 45-48.
5. BLAŽEK M, HAVEL E, BĚLOBRÁDKOVÁ E. Předoperační vyšetření a příprava chirurgického pacienta. *Interní medicína pro praxi*. 2012, 14(11), 422-428.
6. Committee on obstetric practice. Weight Gain During Pregnancy: Committee Opinion No. 548. *Obstetrics & Gynecology*. 2013, 121, 210-212.
7. ČIHÁK R. *Anatomie 2: Splanchnologia*. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1988. ISBN 9788024747880.
8. DAFNIS E a SABATINI S. The Effect of Pregnancy on Renal Function: Physiology and Pathophysiology. *The American Journal of the Medical Sciences*. 1992, 303(3), 184-205.
9. DESHPANDE H, MADKAR Ch, DAHIYA P. A study of pulmonary function tests in different stages of pregnancy. *International Journal of Biological & Medical Research*. 2013, 4(1), 2713-2716.
10. DOSTÁLOVÁ Z a GERYCHOVÁ R. Rizika těhotenství a porodu. *Interní medicína pro praxi*. 2008, 10(9), 418-421.
11. DYLEVSKÝ I. *Somatologie*. 3. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2111-3.
12. GIRLING JC. Physiology of pregnancy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2004, 5(7), 215-218.
13. GOLD Spirometry guide: Spirometry for health care providers. *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* [online]. 2016 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://goldcopd.org/gold-spirometry-guide/>
14. GOLDMANNOVÁ D, KRISTYNÍK O, CIBIČKOVÁ L, SCHOVÁNEK J, KARÁSEK D. Gestační diabetes mellitus – patofyziologie, možnosti prevence a léčba. *Interní medicína pro praxi*. 2019, 21(5), 276-279.

15. GRINDHEIM G, TOSKA K, ESTENSEN ME, ROSSELAND LA. Changes in pulmonary function during pregnancy: a longitudinal cohort study. *BJOG*. 2012, (119), 94-10.
16. HABAK PJ a GRIGGS RP. *Urinary Tract Infections In Pregnancy* [online]. StatPearls Publishing, 2021 [cit. 2021-11-30]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537047/>
17. HÁJEK Z, ČECH E, MARŠÁL K. *Porodnictví*. 3., zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4529-9.
18. HAMMER T, KOTOLOVÁ H. Chronická obstrukční plicní nemoc. *Praktické lékařství*. 2018, 14(4), 156-160.
19. HEGEWALD MJ a CRAPO RO. Respiratory physiology in pregnancy. *Clinics in Chest Medicine*. 2011, 32, 1-13.
20. CHLUMSKÝ J. *Doporučení sekce patofyziologie dýchání pro dezinfekci přístrojů k měření základních plicních funkcí* [online]. 2019 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/upload/1583105800.9262.pdf>.
21. CHLUMSKÝ J, FIŠEROVÁ J, SATINSKÁ J, ZINDR V, KOBLÍŽEK V, KŘEPELKA J. *Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí* [online]. 2006 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/upload/1583105800.1487.pdf>.
22. KING JC. Physiology of pregnancy and nutrient metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000, 71(5), 1218–1225.
23. KOCIÁNOVÁ J. Spirometrie - základní vyšetření funkce plic. *Vnitřní lékařství*. 2017, 2017, 63(11), 889-894.
24. KUDELA M. *Základy gynekologie a porodnictví*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2004. ISBN 8024408376.
25. LAMB K, THEODORE D, BHUTTA BS. Spirometry. *NCBI* [online]. StatPearls Publishing, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/ezproxy.is.cuni.cz/books/NBK560526/>
26. LEI J. Lung Ventilation: Natural and Mechanical. *Medical Ventilator System Basics: A clinical guide*. Oxford University Press, 2017.
27. LIOU TG a KANNER RE. Spirometry. *Clinic Rev Allerg Immunol*. 2009, 37, 137-152.
28. LoMAURO A a ALIVERTI A. Respiratory physiology of pregnancy. *Breathe*. 2015, 11(4), 297-301.
29. MARTÍNKOVÁ J a kol. *Farmakologie: pro studenty zdravotnických oborů*. 2. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-247-4157-4
30. MERKUNOVÁ A a OREL M. *Anatomie a fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 9788024715216.

31. MILLER MR a kol. Standardisation of spirometry. *European respiratory journal*. 2005, 26(2), 319-338.
32. MOCKRIDGE A a MACLENNAN K. Physiology of pregnancy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2019, 20(7), 397-401.
33. MOORE VC. Spirometry: step by step. *Breath*. 2012, 8(3), 233-240.
34. NOVÁČKOVÁ M. Infekce močových cest v těhotenství. *Urologie pro praxi*. 2016, 17(3), 121-123.
35. *Otthon: mobilní spirometr s připojením k PC* [online]. COMPEK MEDICAL SERVICES, c1993-2022 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: https://www.compek.cz/signys_data/eshop/prospekty/uscom/produktovy-list-THOR-Otthon_2020.pdf
36. *Otthon: User Manual* [online]. THOR Laboratories, 2013 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.gimaitaly.com/DocumentiGIMA/Manuali/EN/M33682EN.pdf>
37. PHATAK MS a KURHADE GA. A longitudinal study of antenatal changes in lung function tests and importance of postpartum exercises in their recovery. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2003, 47(3), 352-356.
38. *Physiological Changes in Pregnancy* [online]. Physiopedia, 2022 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: https://www.physio-pedia.com/Physiological_Changes_in_Pregnancy
39. *Pregnancy* [online]. NIH, 2017 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.nichd.nih.gov/health/topics/pregnancy>
40. PROCHÁZKA I. Časný záchyt CHOPN v ordinaci praktického lékaře, význam a využití spirometrie v primární péči. *Medicína pro praxi*. 2020, 17(4), 234-240.
41. PURANIK BM, KAORE SB, KURHADE GA, AGRAWAL SD, PATWARDHAN SA, KHER JR. A longitudinal study of pulmonary function tests during pregnancy. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. 1994, 38(2), 129-132.
42. RANU H, WILDE M, MADDEN B. Pulmonary function tests. *Ulster Medical Journal*. 2011, 80(2), 84-90.
43. REZNIK GK. Comparative Anatomy, Physiology, and Function of the Upper Respiratory Tract. *Environmental Health Perspectives*. 1990, 85, 171-176.
44. ROBINSON EN a FURLLOW PW. Anatomy of the respiratory system. *Equine respiratory medicine and surgery*. 2007, 3(17), 3-17.
45. SANGHAVI M a RUTHERFORD J. Cardiovascular Physiology of Pregnancy. *Circulation*. 2014, 130(12), 1003-1008.
46. SLAVÍKOVÁ J a ŠVÍGLEROVÁ J. *Fyziologie dýchání*. Univerzita Karlova v Praze: Nakladatelství Karolinum, 2014. ISBN 9788024627878.

47. *Spirometr Otthon* [online]. COMPEK MEDICAL SERVICES, c1993-2022 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: https://www.compek.cz/e-shop/spirometr-otthon_701-021.html/#tab-description
48. SURESH L a RADFAR L. Pregnancy and lactation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004, 97(6), 670-682.
49. TALBOT L a MACLENNAN L. Physiology of pregnancy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2016, 17(7), 341-345.
50. TAN EK a TAN EL. Alterations in physiology and anatomy during pregnancy. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*. 2013, (27), 791-802.
51. TELI A, BAGALI S, AITHALA M. A study of FVC, PEFr and MEP in different trimesters of pregnancy. *International Journal of Biomedical and Advance Research*. 2012, 3(8), 648-652.
52. The three trimesters: Obstetric & Gynecology. *UCSF Health* [online]. The Regents of The University of California, c2002-2022 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.ucsfhealth.org/conditions/pregnancy/trimesters>
53. TROJAN S a kol. *Lékařská fyziologie*. 4. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0512-5.