

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



## **RIGORÓZNÍ PRÁCE**

**Asociace fázového úhlu s dynamometrickými a  
spirometrickými parametry u pacientů s CHOPN**

**Mgr. Magdalena Binderová**

**Vedoucí rigorózní práce: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.**

**HRADEC KRÁLOVÉ, 2021**

## **Poděkování**

Ráda bych zde poděkovala svému vedoucímu rigorózní práce PharmDr. Miroslavu Kovaříkovi, Ph.D. za jeho čas, ochotu při konzultacích, podklady a především za trpělivost při sepisování této práce. Velmi si také vážím podpory svého manžela Jiřího Bindera, který mi dopřál prostor pro psaní a děkuji mu tímto za jeho povzbuzení a důvěru při dosahování mých osobních cílů.

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

V Hradci Králové, dne: 25. 5. 2021

.....

Mgr. Magdalena Binderová

## Obsah

1	Abstrakt.....	7
	Abstract.....	9
2	Úvod.....	11
3	Cíl práce.....	12
	Teoretická část.....	13
4	Chronická obstrukční plicní nemoc.....	13
5	Spirometrie.....	17
5.1	Statické parametry.....	18
5.2	Dynamické parametry.....	20
5.3	Spirometrické křivky.....	23
5.3.1	Křivka závislosti objemu na čase (volume/time).....	23
5.3.2	Křivka závislosti průtoku na objemu (flow/volume).....	25
5.4	Standardizace a kalibrace spirometrie.....	27
5.5	Akceptovatelnost měření a vyšetření.....	28
5.6	Hodnocení spirometrie.....	30
5.7	Spirometrie v praxi.....	32
5.7.1	Příprava pacienta.....	32
5.7.2	Postup měření FEV1, FVC a spirometrických křivek.....	32
5.8	Diferenciální diagnostika.....	34
5.9	Problémy v praxi.....	36
6	Dynamometrie.....	37
6.1	Svalová síla.....	38
6.2	Izometrická dynamometrie.....	39
6.3	Izokinetická dynamometrie.....	41
6.4	Svalový test.....	42
7	Fázový úhel.....	44

7.1	Hodnocení fázového úhlu .....	47
8	Vliv nutriční a rehabilitace u pacientů s CHOPN .....	50
	Experimentální část.....	54
9	Specifikace studie .....	54
10	Metodika .....	55
10.1	Metodika dynamometrie.....	55
10.1.1	Postup měření .....	56
10.1.2	Měřené parametry .....	57
10.1.2.1	Maximální síla stisku ruky .....	57
10.1.2.2	Maximální síla klasifikovaná dle referenčních hodnot .....	57
10.1.2.3	Celkový čas .....	57
10.1.2.4	Cílový čas .....	57
10.1.2.5	Celková plocha pod křivkou.....	57
10.1.2.6	Přepočet parametrů maximální síly stisku a celkové plochy pod křivkou	57
10.2	Metodika spirometrického vyšetření .....	58
10.2.1	Postup měření .....	59
10.2.2	Měřené parametry .....	60
10.2.2.1	Usilovně vydechnutý objem za první sekundu.....	60
10.2.2.2	Usilovná vitální kapacita .....	60
10.2.2.3	Tiffeneauův index.....	60
10.2.2.4	Vrcholový výdechový průtok .....	60
10.2.2.5	Doba usilovného výdechu .....	60
10.2.2.6	Usilovné expirační průtoky .....	60
10.2.2.7	Odhadovaný plicní věk.....	60
10.3	Metodika měření fázového úhlu.....	61
10.3.1	Postup měření .....	62

10.3.2	Měřené parametry .....	63
10.3.2.1	Fázový úhel .....	64
11	Statistické zpracování dat .....	65
12	Výsledky .....	66
12.1	Charakteristika hodnocených skupin.....	66
12.2	Dynamometrické parametry .....	68
12.2.1	Maximální síla stisku ruky.....	68
12.2.2	Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot .....	68
12.2.3	Test vytrvalosti .....	70
12.2.4	Plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase .....	71
12.3	Spirometrické parametry .....	72
12.3.1	Hodnoty FEV, FVC a FEV1/FVC .....	72
12.3.2	Hodnoty PEF a FET.....	73
12.3.3	Hodnoty FEF.....	74
12.3.4	Odhadovaný plicní věk .....	76
12.4	Korelace.....	77
12.4.1	Korelace fázového úhlu s dynamometrií .....	77
12.4.2	Korelace fázového úhlu se spirometrií .....	79
13	Diskuze .....	81
14	Závěr .....	83
	Seznam zkratk .....	84
	Seznam obrázků.....	87
	Seznam tabulek .....	88
	Seznam grafů .....	89
	Literární zdroje .....	90

# 1 Abstrakt

Univerzita Karlova v Praze

Farmaceutická fakulta v Hradci Králové

Katedra biologických a lékařských věd

Student: Mgr. Magdalena Binderová

Vedoucí: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

Název práce: Asociace fázového úhlu s dynamometrickými a spirometrickými parametry u pacientů s CHOPN.

**Úvod:** Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je respirační onemocnění, jehož mimoplicní komorbidity mají významný vliv na kvalitu života nemocných, jejich mortalitu i morbiditu. Úbytek svalové síly a dysfunkce periferních kosterních svalů je jedním z takových klíčových systémových důsledků CHOPN. Pro klinické hodnocení svalové síly lze využít měření dynamometrem. Zlatým standardem pro diagnostiku CHOPN je spirometrické vyšetření plic. V této práci zkoumáme asociaci dynamometrických a spirometrických parametrů s naměřenými hodnotami fázového úhlu (PA) měřeného metodou bioimpedanční analýzy u pacientů s CHOPN.

**Studie:** Naší studie se zúčastnilo celkem 50 pacientů s CHOPN (38 mužů a 12 žen) v průměrném věku  $66 \pm 7$  let. Dle naměřených hodnot PA jsme pacienty rozdělili do 2 skupin – skupiny s nízkou hodnotou PA, tj.  $PA < 5^\circ$  ( $n=17$ ) a skupiny s normální hodnotou PA, tj.  $PA \geq 5^\circ$  ( $n=33$ ). Sledované parametry jsme hodnotili jak pro celkovou skupinu, tak pro podskupinu mužů (skupinu žen jsme vzhledem k nízkému zastoupení zvlášť statisticky nehodnotili). U vyšetřovaných osob jsme stanovovali svalovou sílu a výdrž ručním dynamometrem (Pinch Grip Analyser), plicní funkce spirometrem (Micro DL) a PA metodou bioimpedance (Body Composition Monitor).

**Výsledky:** Ve skupině celkem i muži s normálním PA byly zjištěny významně nižší hodnoty biologického věku i odhadovaného plicního věku a zároveň vyšší hodnoty maximální síly stisku ruky, jejího přepočtu na tělesnou výšku a poměru cílového a celkového času v testu vytrvalosti oproti skupinám s nízkým PA. Pouze ve skupině celkem s normálním PA byla zjištěna významně vyšší hmotnost, hodnota indexu tělesné

hmotnosti, plochy pod křivkou závislosti síly stisku na čase a absolutní hodnoty usilovného expiračního průtoku na úrovni 50 a 75 % vydechnuté usilovné vitální kapacity. Zvláště v podskupině muži s normálním PA byl navíc významně vyšší i přepočet maximální síly stisku ruky na množství netučné tkáně, na rozdíl od mužů s nízkým PA. Ostatní spirometrické parametry se mezi skupinami významně nelišily. Korelační analýza především prokázala silnou přímou závislost PA na maximální síle stisku ruky a jejího přepočtu na výšku pacienta ve skupině celkem a muži, ale byla prokázána asociace PA i s některými dalšími dynamometrickými a spirometrickými parametry.

**Závěr:** Prokázali jsme přímou závislost PA na maximální síle stisku ruky a jejím přepočtu na výšku pacienta, ale i asociaci PA s dalšími dynamometrickými a spirometrickými parametry. Zároveň byly nalezeny významné rozdíly v dynamometrických i spirometrických parametrech mezi skupinami s normální a nízkou hodnotou PA. PA se jeví jako vhodný ukazatel periferní svalové síly a lze ho použít k odhadu fyzické kondice i obtíží spojených s dušností u pacientů s CHOPN, avšak nelze jím nahradit spirometrické vyšetření.

**Klíčová slova:** chronická obstrukční plicní nemoc, fázový úhel, dynamometrie, spirometrie, bioimpedanční analýza.



## Abstract

Charles University in Prague

Faculty of Pharmacy in Hradec Králové

Department of Biological and Medical Sciences

Student: Mgr. Magdalena Binderová

Supervisor: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

Title of Thesis: Association of phase angle with dynamometric and spirometric parameters in patients with COPD.

**Background:** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a lung disease with extrapulmonary comorbidities which have a significant impact on the quality of patients' life, their mortality and morbidity. Loss of muscle strength and dysfunction of the peripheral skeletal muscle fibres are considered as one of the crucial system consequences of COPD. For the purposes of the clinical evaluation of muscle strength, dynamometers can be used. Spirometry is regarded as a gold standard for the diagnosis. In this thesis, we focused on association of the dynamometric and spirometric parameters with the detected values of the phase angle (PA) measured by means of the bioimpedance analysis in COPD patients.

**Methods:** Our study was based on a sample of 50 COPD patients (38 men, 12 women) of the average age of 66 years  $\pm$  7 years. According to the measured values of PA, the patients were divided into 2 groups: a group with low PA value ( $PA < 5^\circ$ ;  $n=17$ ) and a group with normal value ( $PA \geq 5^\circ$ ;  $n=33$ ). The monitored parameters were evaluated both for the total group and for the male subgroup (the female subgroup was not separately statistically analysed considering the low number of females in the cohort of patients). Muscle strength and endurance were measured by a hand dynamometer (Pinch Grip Analyser), pulmonary function by a spirometer (Micro DL) and PA by means of bioimpedance analysis (Body Composition Monitor).

**Results:** Both in the total group and the male subgroup with normal PA significantly lower values of the biological age and estimated lung age were discovered. At the same time higher values of maximum hand grip strength, and its values corrected for body height and ratio of target to total time in endurance test were monitored compared to the groups with low PA. Only in the case of the total group with normal PA, significantly higher values of weight, body mass index, area under the force-time curve and absolute value of forced expiratory flow at the level of 50 and 75% of exhaled forced vital capacity were identified. Especially in the male subgroup with normal PA the maximum hand grip strength corrected for fat free mass was notably higher in comparison with men with low PA. The other spirometric parameters did not differ significantly. The correlation analyses proved mainly strong direct dependence of PA on the maximum hand grip strength and its values corrected for height both in the total group and the male subgroup. But association of PA with some other dynamometric and spirometric parameters was proved, too.

**Conclusions:** First of all, direct dependence of PA on the maximum hand grip strength and its values corrected for height was proved as well as association of PA with certain dynamometric and spirometric parameters. Substantial differences of dynamometric and spirometric parameters between the group with normal and low PA value were also discovered. PA seems to be a propiate indicator of peripheral muscle strength and can be used for estimation of physical condition and problems related to dyspnoea in COPD patients. However, it cannot substitute spirometric examination.

**Key words:** chronic obstructive pulmonary disease, phase angle, dynamometry, spirometry, bioimpedance analysis.

## 2 Úvod

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je velmi závažné respirační onemocnění. Typický je pro toto onemocnění zánět dýchacích cest a destrukce plicního parenchymu, zároveň bývá přítomen systémový zánět, úbytek tělesné hmotnosti a dysfunkce kosterního svalstva. Úmrtnost i nemocnost v důsledku tohoto onemocnění roste v ČR i po celém světě, a proto se toto téma stává hojně předmětem mnoha vědeckých studií. Přesto laická veřejnost ani samotní pacienti s CHOPN nemají často o svém onemocnění ponětí (Martin a kol., 2008; Musil a kol., 2007, Časopis českých lékařníků, 2017).

Standardem pro stanovení diagnózy a stádií CHOPN je v současné době funkční vyšetření plic tzv. spirometrické vyšetření. Právě díky spirometrii je možné odhalit omezený průtok vydechovaného vzduchu, který je důsledkem plicního emfyzému a ten je pro pacienty s CHOPN charakteristický (Vogelmeier a kol., 2017; Vondra a kol., 2011).

CHOPN nepostihuje pouze dýchací cesty. Na celkový zdravotní stav nemocného má dopad řada komorbidit a mimoplicních účinků choroby. Proto vyšetření nemocných dobrovolníků s CHOPN v našem výzkumu nesestávalo pouze z vyšetření funkce plic, ale rovněž ze stanovení fázového úhlu a dynamometrie. Ze studií vyplývá, že výsledky těchto vyšetření lze považovat za ukazatele morbidit a mortality (Musil a kol., 2007, Rantanen a kol., 2000; Kumar a kol., 2012).

### **3 Cíl práce**

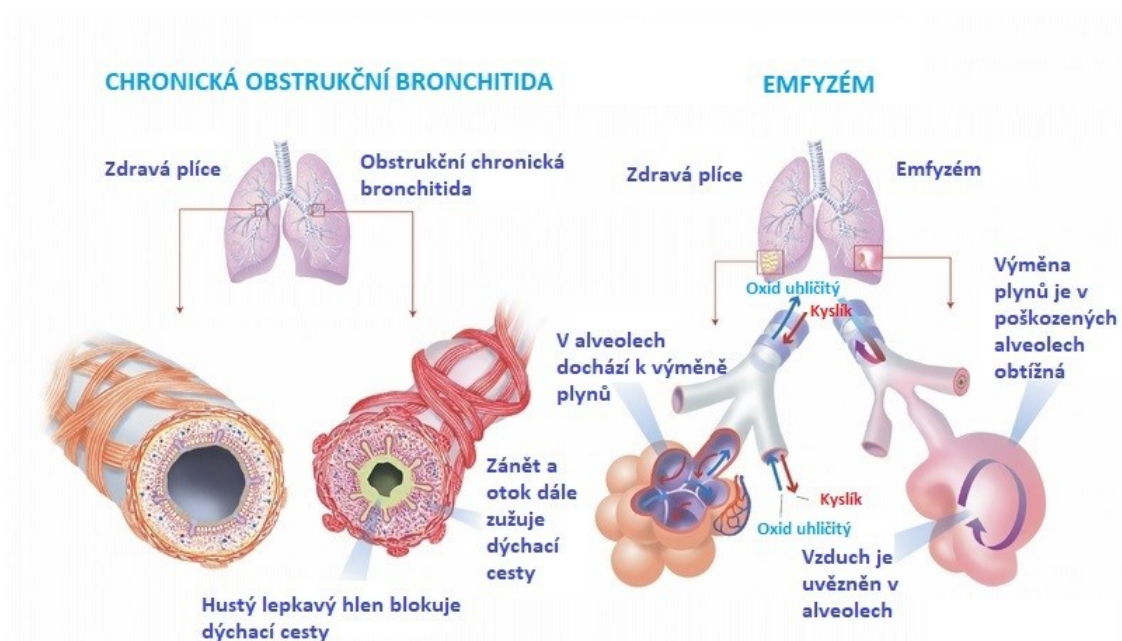
Cílem této práce bylo vyhodnotit změny v dynamometrických a spirometrických parametrech v závislosti na hodnotě naměřeného fázového úhlu u pacientů s CHOPN.

## Teoretická část

### 4 Chronická obstrukční plicní nemoc

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je pomalé progresivní onemocnění dýchacích cest. Na onemocnění se podílí chronický zánět výstelky průdušek (chronická bronchitida) spolu s nevratným poškozením plicního parenchymu (plicní emfyzém) (viz obrázek č. 1). V důsledku toho dochází k nereverzibilní obstrukci dýchacích cest, což pacient s CHOPN pociťuje jako dušnost (Quaseem a kol., 2011; Mayo Clinic, 2017).

Obrázek 1: Patofyziologie CHOPN (Upraveno. Dostupné na: [www.livingwellwithcopd.cz](http://www.livingwellwithcopd.cz), 2019).



*Vysvětlivky: Obrázek znázorňuje definici onemocnění CHOPN – přítomnost chronické bronchiální obstrukce a emfyzému plic. Z obrázku je patrný rozdíl mezi anatomií a fyziologií plic zdravé osoby v porovnání s patologickým nálezem u jedince s CHOPN.*

Chronický zánět, který postihuje dýchací cesty, se může rozvinout v zánět systémový a vyvolat tak řadu systémových účinků jako je pokles tělesné hmotnosti, dysfunkce kosterního svalstva (snížení svalové síly a vytrvalosti, změna svalových vláken a struktury svalu) i změnu hustoty kapilár. Rovněž bylo prokázáno, že při akutní

exacerbaci onemocnění CHOPN jsou anabolicko-katabolické účinky na sval posunuty směrem ke katabolickému působení, tedy k apoptóze svalových buněk a ischemii svalu. Tyto systémové projevy onemocnění se rovněž velmi podílí na zhoršení zdravotního stavu, kvality života a zvyšují úmrtnost nemocných s CHOPN (Mandal a kol., 2018; Martín a kol., 2008; Ramos a kol., 2015).

Nejčastějšími symptomy, které pacienty poprvé přivádí do ordinace lékaře, jsou chronický kašel (může a nemusí být s produkcí hlenu), dušnost, zhoršující se tolerance fyzické zátěže, otoky dolních končetin, promodrávání rtů a nehtů nebo často se opakující infekce dýchacích cest. Pacienti s CHOPN zažívají epizody (tzv. exacerbace), kdy se příznaky jejich onemocnění zhorší a zesílí více, než je obvyklé. Takovýto stav má negativní dopad na celkovou prognózu pacienta a obvykle vyžaduje lékařskou pomoc (Quaseem a kol., 2011; Mayo Clinic, 2017; WebMD, 2016; Vlček a kol., 2014).

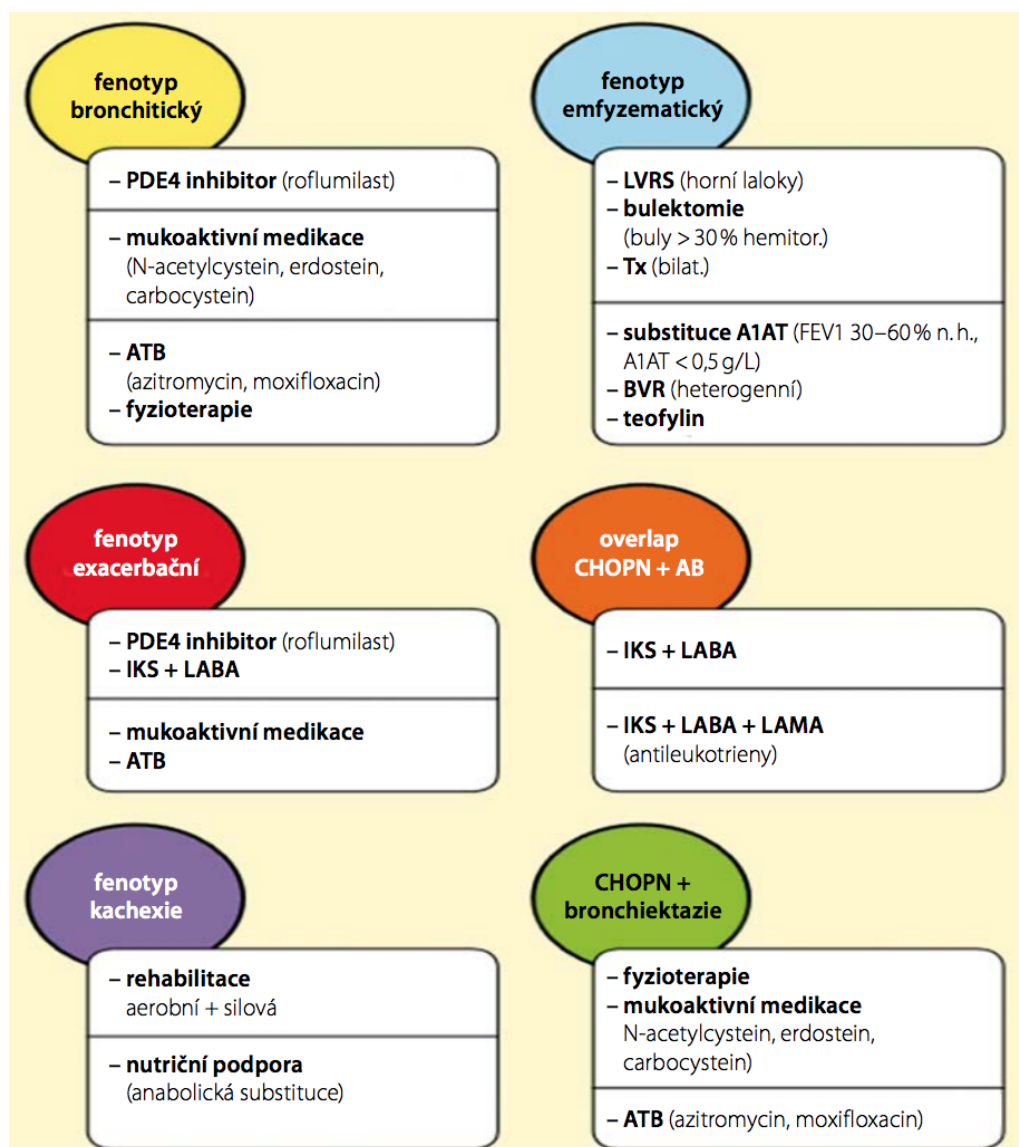
Diagnostika CHOPN začíná odebráním anamnézy, kde se ve většině případů objevuje kouření či vystavení rizikovým faktorům (např. smogu). Základem diagnostiky CHOPN je v současnosti spirometrické vyšetření plicních funkcí. Dále se testuje reverzibilita bronchiální obstrukce. O spirometrii pojednává kapitola č. 5. Pacient s CHOPN poté absolvuje vyšetření krve (oxymetrické stanovení saturace kyslíkem, analýza krevních plynů), rentgen a počítačovou tomografii plic (Mayo Clinic, 2017; Vlček a kol., 2014).

Základním pilířem úspěšné léčby CHOPN je ukončení kouření. Při odvykání jsou pro kuřáka k dispozici pastilky, spreje, žvýkačky či náplasti s nikotinem (tzv. náhradní nikotinová terapie) nebo farmaka na bázi vareniklinu či bupropionu. Dále se v léčbě CHOPN kombinuje farmakoterapie s plicní rehabilitací, příp. oxygenoterapií.

Léčba CHOPN se rozděluje na léčbu stabilního onemocnění a léčbu exacerbací. Paušální léčba stabilního onemocnění zahrnuje dlouhodobě působící inhalační bronchodilatancia, krátkodobě působící inhalační bronchodilatancia (tzv. úlevová), inhalační kortikosteroidy a z novějších léčiv je možné podávání inhibitoru fosfodiesterázy 4 (roflumilast). V případě exacerbace se uplatňují krátkodobá bronchodilatancia, antibiotika a perorální kortikosteroidy. Dalšími léčivy užívanými v léčbě CHOPN jsou expektorancia s antioxidačním účinkem (acetylcystein, erdostein) nebo léčivo ze skupiny xanthinů s bronchodilatačním působením (teofylin). V rámci

prevence je doporučována vakcinace proti chřipce, případně proti pneumokokům. V současné době v České republice přistupujeme k léčbě CHOPN dle fenotypů, tedy dle převládajících symptomů konkrétního pacienta (viz tabulka č. 1).

Tabulka 1: Doporučená farmakoterapie dle fenotypu v České republice (Pauk, 2016).



Vysvětlivky: A1AT –  $\alpha$ 1-antitrypsin; ATB – antibiotika; BVR – bronchoskopická volumredukce; IKS – inhalační kortikosteroidy; AB – astma bronchiale; FEV1 – jednosekundová vitální kapacita plic; CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc; LABA – dlouhodobě působící beta-2-agonisté; LAMA – dlouhodobě působící antagonisté muskarinových receptorů; LVRS – operace redukující objem plic; Tx (bilat.) – transplantace (oboustranná); n.h. – náležitá hodnota; PDE 4 – fosfodiesteráza 4; overlap – překryv.

Nové studie přinesly důkazy rovněž o pozitivním přínosu vyvážené stravy jak na zlepšení plicních funkcí, tak na snížení kardiovaskulárních a metabolických rizik. Cílem léčby CHOPN je zmírnění symptomů pacienta (především dušnosti), zvýšení tolerance fyzické zátěže a prevence exacerbací. Nastavením správné terapie zvyšujeme kvalitu života, předcházíme komplikacím a minimalizujeme úmrtnost (Vlček a kol., 2014; Pauk, 2016; Schols, 2014; Králíková, 2007).

Celosvětově trápí CHOPN 210 milionů lidí, přičemž léčena je jen necelá čtvrtina z nich. Každý rok umírají na světě 3 miliony lidí v důsledku onemocnění CHOPN a z hlediska mortalitního žebříčku je již na 3. místě. V České republice byla prevalence nemocných s CHOPN 230 tisíc a ročně zde umírá přes 3 tisíce pacientů s CHOPN (dle dat z ÚZIS za rok 2017). Vzhledem k tomu, že CHOPN je nemoc z velké části preventabilní a léčitelná, jsou tak počty neléčených nemocných a mortalitní žebříčky velmi znepokojivé. Cílem mnoha odborníků je osvěta a kampaně na včasnou depistáž nemocných s CHOPN (Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky, 2018; Koubová, 2017).



## 5 Spirometrie

Spirometrie je základní funkční vyšetření plic, díky kterému získáváme informaci o vzniklých změnách v dýchacích cestách. Přesnou diagnózu spirometrie sama o sobě nestanovuje, a proto musí být vždy doplněna o anamnestická data a další vyšetřovací metody. Přístroj užívaný k vyšetření se nazývá spirometr. Vývoj spirometru prošel z historického hlediska značnými změnami od velkých cylindrických zařízení po dnes již moderní minimalistické spirometry s možností připojení k počítači.

Spirometrické vyšetření je objektivní, neinvazivní, reprodukovatelné a dostatečně citlivé k detekci již raných změn v plicích. Vyšetření spirometrem vyžaduje absolutní spolupráci pacienta a důkladně proškolený zdravotnický personál. Zároveň je nutné zajistit kontrolu validity výsledků spirometrického měření. Cílem spirometrického vyšetření je odhalit přítomnost nebo absenci plicní dysfunkce a onemocnění, kvantifikovat poškození plic, určit reverzibilitu změn, posoudit stav dýchacích cest v rámci předoperačního vyšetření, stanovit prognózu onemocnění či monitoring odpovědi organismu na léčbu (Moore, 2012; Mcmanigan, 2007; Phunmanee a kol., 2000; Merta a kol., 2007).

Nevýhodou spirometrického vyšetření může být absence aktivní spolupráce vyšetřovaného jedince (např. u dětí, u psychiatrických pacientů, u pacientů s poruchou vědomí). Pro měření usilovných manévřů, především u seniorů, je vhodné zohlednit možný vliv inkontinence na výsledky. Kontraindikováno je toto vyšetření u pacientů, kteří prodělali v odstupu 1 měsíce infarkt myokardu, u pacientů v těžkém zdravotním stavu, s těžkým poraněním, anebo demencí (Moore, 2012; Merta a kol., 2007; Kociánová, 2017).

Základním principem spirometrické metody je měření objemů vzduchu. Tyto objemy dělíme na statické (tj. klidový nádech a výdech) a dynamické (tj. usilovný nádech a výdech).

## 5.1 Statické parametry

Měření statických parametrů probíhá během klidového dýchání vyšetřované osoby. Statické plicní parametry jsou nezávislé na čase a na průtoku vzduchu (tj. síle výdechu). Měřením těchto parametrů získáváme informaci o restričních poruchách dýchacích cest (např. plicní fibróza), přičemž jsou všechny tyto plicní objemy menší než fyziologické hodnoty, ale průtok vzduchu zůstává nezměněn. Vždy je nutné počítat s tím, že naměřené hodnoty jsou závislé na věku, pohlaví, výšce a fyzické kondici vyšetřovaného jedince. Tyto parametry dělíme na objemy a kapacity. Kapacity jsou součtem dvou a více statických objemů (viz obrázek č. 2).

### Dechový objem (VT – Tidal Volume)

Objem vzduchu vdechnutý/vydechnutý běžným nádechem/výdechem. U zdravého jedince činí zhruba 500 ml.

### Anatomický mrtvý dechový prostor (VD – Deadspace Volume)

Prostor v dýchacích cestách, který je ventilován, ale nedochází zde k výměně plynů. Anatomicky zahrnuje oblast nosu, úst, průdušek a průdušinek. Objem mrtvého prostoru činí 150 ml.

### Expirační rezervní objem (ERV - Expiratory Reserve Volume)

Objem vzduchu, který je možné vydechnout po klidovém výdechu (cca 1,5 litru).

### Inspirační rezervní objem (IRV - Inspiratory Reserve Volume)

Objem vzduchu, který je možné nadechnout po klidovém nádechu (cca 3 litry).

### Reziduální objem (RV – Residual Volume)

Objem vzduchu, který zůstává v plicích po maximálním výdechu. Průměrná hodnota RV je 1,2 litru.

## Vitální kapacita plic (VC – Vital Capacity)

Maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu maximálně vydechnout při neusilovném dýchání. Vitální kapacitu plic je možné sumarizovat jako  $VD + IRV + ERV$ . Průměrná hodnota VC je u žen 4-5 litrů a u mužů 5-6 litrů.

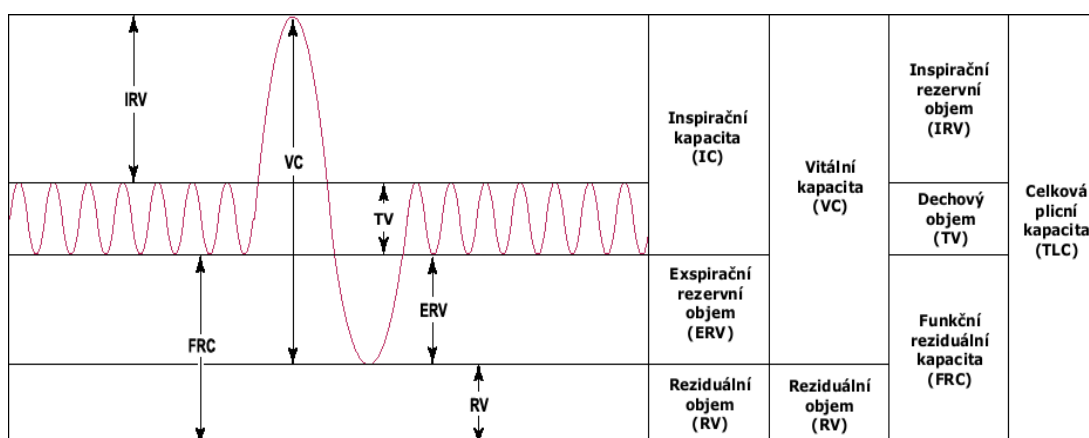
## Celková plicní kapacita (TLC – Total Lung Capacity)

Objem vzduchu, který se nachází v dýchacích cestách po maximálním nádechu. TLC je součtem VC a RV. V průměru tento objem činí 6,2 litru.

## Funkční reziduální kapacita (FRC – Functional Residual Capacity)

Celkový objem vzduchu, který se nachází v plicích po klidovém výdechu včetně reziduálního objemu. FRC se skládá z ERV a RV. Hodnota tohoto objemu u jedince vleže je uváděna 2,2 litru. (Jančík a spol., 2006; Anaesthesia, 2018; Kociánová, 2017; Huptych, 2011; Silbernagl a Despopulos, 2004).

Obrázek 2: Statické parametry (Dostupné na: <https://www.wikiskripta.eu/w/Spirometrie>, 2019).



Vysvětlivky: Fialová křivka znázorňuje klidové dýchání, maximální nádech a maximální výdech.

## 5.2 Dynamické parametry

Dynamické parametry jsou objemy nebo průtoky měřené během usilovných manévřů nebo rychlého dýchání a jsou závislé na čase. Pomocí těchto parametrů získáváme informaci o proudění vzduchu v dýchacích cestách a tím o obstrukčních poruchách (např. astma, CHOPN). Pro taková onemocnění plic je charakteristické zpomalení maximální výdechové rychlosti vzduchu vlivem zúžení dýchacích cest, ale celkový objem plic se oproti normě nemění.

### Usilovná vitální kapacita (FVC - Forced Vital Capacity)

Maximální objem vzduchu, který lze po maximálním vdechu prudce vydechnout během usilovného maximálního výdechu. Normální hodnotu FVC je možné vypočítat na základě rovnice (výsledná hodnota FVC je uváděna v mililitrech):

*Norma FVC pro ženy:  $[21,7 - (0,101 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)}$*

*Norma FVC pro muže:  $[27,63 - (0,112 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)}$*

### Jednosekundová vitální kapacita (FEV1 - Forced Expiratory Volume in one second)

Jedná se o objem vzduchu, který lze co nejprudčeji vydechnout během 1. sekundy po maximálním nádechu. Hodnota je uváděna v procentech a měla by se pohybovat nad 75 % normy vyšetřovaného jedince. Při opakovaných měřeních se standardně odchylka pro jednotlivá měření pohybuje od 60 ml do 270 ml. Globální iniciativa pro chronickou obstrukční plicní nemoc (GOLD) definuje stupně CHOPN na základě následujících procentuelních hodnot FEV1 (viz tabulka č. 2):

Tabulka 2: Stupně CHOPN dle výsledné FEV1 (Upraveno. Dostupné na: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320168.php>, 2017).

Stupně CHOPN dle GOLD	Výsledná FEV1
Mírné	80 % a více
Střední	50 % - 79 %
Těžké	30 % - 49 %
Velmi těžké	29 % a méně

*Vysvětlivky: FEV1 – Jednosekundová vitální kapacita; CHOPN – Chronická obstrukční plicní nemoc; GOLD – Globální iniciativa pro chronickou obstrukční plicní nemoc.*

### **Poměr sekundové kapacity k usilovné vitální kapacitě (FEV1/FVC – tzv. Tiffeneauův index)**

Velice často používaný parametr v literatuře, který definuje míru obstrukce u onemocnění jako je CHOPN nebo astma. Uvádí se v procentech a hodnota pro zdravého jedince je 80 % náležité hodnoty. Jelikož samotné použití tohoto parametru může tíži obstrukce podhodnocovat, je nutné vyhodnotit spirometrickou křivku a získané parametry komplexně.

### **Maximální výdechová rychlost/průtok (PEF - Peak Expiratory Flow)**

Maximální výdechová rychlost je vysoce závislá na úsilí.

### **Maximální výdechové průtoky (MEF – Maximum Expiratory Flow)**

Maximální výdechový průtok na různých úrovních FVC, kterou je ještě nutné vydechnout. Nejčastěji se stanovují průtoky na 75 %, 50 % a 25 % FVC (MEF<sub>75</sub>, MEF<sub>50</sub>, MEF<sub>25</sub>).

### **Maximální nádechový průtok (PIF – Peak Inspiratory flow)**

Maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu.

### **Dechová frekvence (Df – Respiratory Rate)**

Počet dechů v klidu za 1 minutu. U dospělého jedince se pohybuje v rozmezí od 12 do 20 dechů za minutu.

### **Minutová ventilace (MV – Minute Ventilation)**

Součet dechových objemů za 1 minutu při klidovém dýchání.

### **Maximální minutová ventilace (MVV – Maximal Voluntary Ventilation)**

Maximální objem vzduchu, který je pacient schopen při maximálním úsilí proventilovat za 1 minutu. Standardně se měří během 12 sekund (Kociánová, 2017; Beneš, 2019; Leonadr, 2017; Anaesthesia, 2018; Huptych, 2011; Lékařské přístroje a zařízení, 2019).

## 5.3 Spirometrické křivky

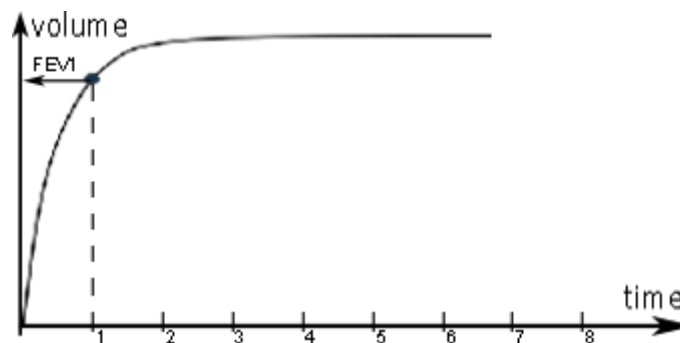
Spirometrií získáme 2 typy grafických záznamů: měřením objemu křivku závislosti objemu na čase a měřením průtoku křivku závislosti průtoku na objemu.

### 5.3.1 Křivka závislosti objemu na čase (volume/time)

Tato křivka znázorňuje vydechnutý objem vzduchu za čas, který byl zapotřebí k jeho výdechu.

Počátek grafu se nachází na souřadnicích [0,0]. Graf rychle stoupá, jelikož většina vzduchu je vydechnuta hned na začátku výdechu během první sekundy, kdy dochází k vyprázdnění cca 80 % celkového objemu dýchacích cest. Ke konci výdechu se objem vzduchu v plicích postupně snižuje, až graf dosáhne horizontální úrovně (viz obrázek č. 3) (Merta, 2006; Kociánová, 2017; Spirometry, 2019).

Obrázek 3: Křivka závislosti objemu na čase (Dostupné na: <https://www.spirometry.guru/img/volumetime.png>, 2019).

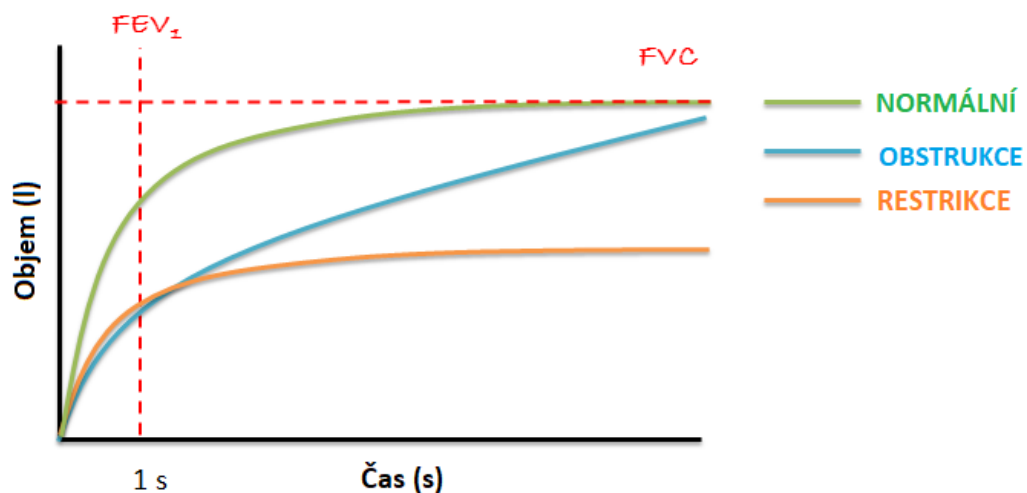


Vysvětlivky: FEV1 – Expirační jednosekundová kapacita; Volume – Objem; Time – Čas.

Je-li přítomna obstrukční porucha (např. CHOPN, astma), FVC je přibližně stejná, ale FEV1 je značně snížena, což značí obtížný výdech.

V případě restriktivní choroby (např. fibróza) je snížena hodnota FVC, jež je výsledkem nízkého objemu plic. V důsledku tohoto redukováného objemu je snížena rovněž hodnota FEV1 (viz obrázek č. 4) (Merta, 2006; Yartsev, 2015; Spirometry, 2019).

Obrázek 4: Patologická křivka závislosti objemu na čase (Upraveno. Dostupné na: <http://www.nataliescasebook.com>, 2019).



Vysvětlivky: FVC – Usilovná vitální kapacita; FEV<sub>1</sub> – Expirační jednosekundová kapacita. Obrázek znázorňuje patologické křivky závislosti objemu na čase u obstrukčního a restriktivního plicního onemocnění v porovnání s normálním nálezem u zdravé osoby.

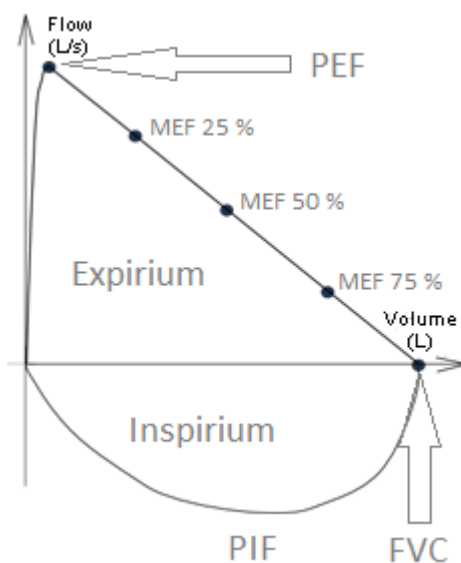


### 5.3.2 Křivka závislosti průtoku na objemu (flow/volume)

Křivka závislosti průtoku na objemu je dnes základním nástrojem k prezentaci výsledků spirometrického testu.

Smyčka závislosti průtoku na objemu začíná na ose X (objemová osa). Na začátku spirometrického testu je průtok i objem roven nule. Během usilovného výdechu křivka rychle vzroste k vrcholu – tzv. maximální výdechový průtok (PEF). S ubývajícím vzduchem v dýchacích cestách průtok klesá a smyčka průtok/objem sestupuje v přímé nebo konvexní linii shora (od PEF) směrem dolů (k FVC). Nádech, který následuje po vynuceném výdechu, má zhruba stejnou morfologii, ale PIF není tak výrazný jako PEF (viz obrázek č. 5) (Spirometry, 2019; Lékařské přístroje a zařízení, 2019)

Obrázek 5: Křivka závislosti průtoku na objemu (Upraveno. Dostupné na: <https://www.spirometry.guru/fvc.html>, 2019).

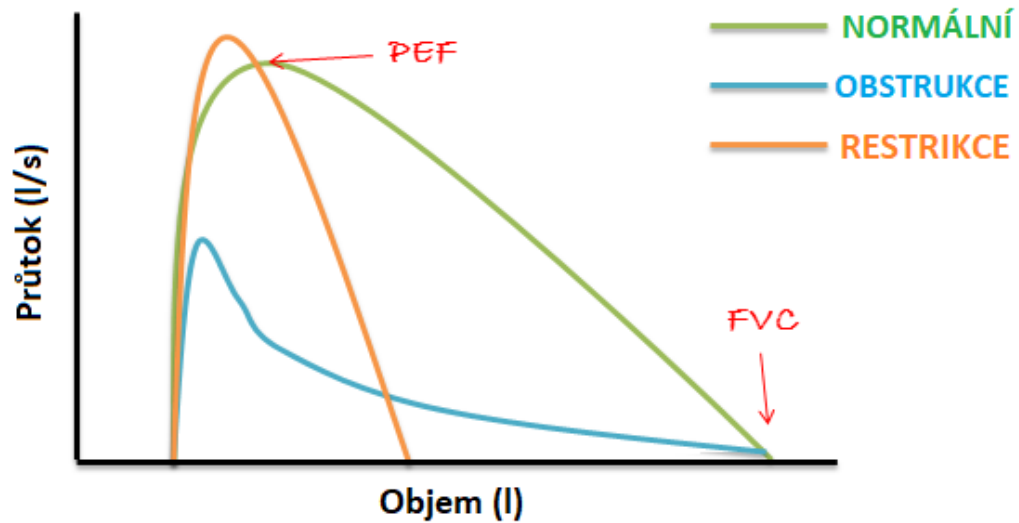


Vysvětlivky: *Volume – Objem; Flow – Průtok; Expirium – Výdech; Inspirium – Nádech; PEF – Maximální výdechový průtok; FVC – Usilovná vitální kapacita; PIF – Maximální nádechový průtok; MEF 25 %, MEF 50 %, MEF 75 % – Maximální výdechové průtoky na úrovni 25 %, 50 % a 75 % FVC.*

Na obrázku č. 6 dále můžeme porovnat spirometrické křivky závislosti průtoku na objemu u zdravého jedince vs. pacienta s obstrukční nebo restriktivní poruchou. V místě průniku křivky závislosti průtoku na objemu s osou x lze odečíst hodnotu FVC.

Dále je možné stanovit hodnotu PEF (Spirometry, 2019; Lékařské přístroje a zařízení, 2019).

Obrázek 6: Patologická křivka závislosti průtoku na objemu (Upraveno. Dostupné na: <http://www.nataliescasebook.com/tag/spirometry>, 2019).



Vysvětlivky: PEF – Maximální výdechový průtok; FVC – Usilovná vitální kapacita. Obrázek znázorňuje patologické křivky závislosti průtoku na objemu u obstrukčního a restričního plicního onemocnění v porovnání s normálním nálezem u zdravé osoby.

## 5.4 Standardizace a kalibrace spirometrie

Každá funkční laboratoř zodpovídá za standardizaci přístrojů dle kritérií Americké hrudní společnosti a Evropské respirační společnosti. Bez ohledu na to, zda je spirometr určen pro monitorovací či diagnostický účel, musí splňovat následující požadavky:

1. Akumulovat objem po dobu delší než 15 s.
2. Měřit objemy více než 8 l.
3. Celkový odpor proudění vzduchu při průtoku 14 l/s musí být menší než 0,15 kPa/l/s.

Kromě kontroly hmotného vybavení je rovněž nutné ověření aktualizace softwaru a evidovat tyto kontroly v provozní knize.

Pro zajištění přesných a opakovatelných výsledků musí být spirometry pravidelně čištěny a udržovány podle pokynů výrobce. Správné fungování spirometru tedy zajišťujeme formou kalibrace. Kalibrace je postup pro stanovení vztahu mezi hodnotami průtoku nebo objemu určenými senzorem a skutečným průtokem nebo objemem. Kalibraci je nutné provádět v předepsaných intervalech:

1x denně	objemová kalibrace třílitrovou pumpou, nastavení aktuální teploty vzduchu, vlhkosti a barometrického tlaku,
1x týdně	ověření průtokové linearity,
1x kvartálně	kontrola objemové linearity,
1x ročně	revize kalibrační pumpy, kontrola servisním technikem.

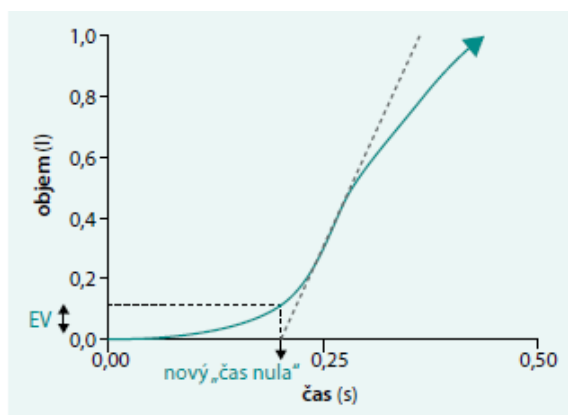
Dle doporučení výrobce se dále provádí průtoková zkouška těsnosti, kalibrace časové přesnosti a desinfekce pneumotachografu (tj. část spirometru měřící rychlost proudění vzduchu).

Některé elektronické spirometry mohou být kalibrovány zdravotnickým personálem, jiné je třeba odevzdat na kalibraci výrobcí. Ačkoliv se většina moderních elektronických spirometrů moc neodchyluje od nastavení, kalibrace třílitrové pumpy pomáhá kontrolovat, že se nastavené limity nezměnily (Kociánová, 2017; Merta, 2006; Miller a kol., 2005; Chlumský a kol., 2016; GOLD, 2020; GOLD, 2010; Agusti a kol. 2018).

## 5.5 Akceptovatelnost měření a vyšetření

Zpětně extrapolovaný objem (BEV – Back Extrapolated Volume) musí být menší než 5 % nebo 0,100 litru (dle studií do roku 2005 menší než 0,150 litrů) podle toho, který z parametrů nabývá vyšší hodnoty. Tato podmínka zajišťuje, že FEV1 je měřena z maximálního výdechu od času 0. Tzv. doba zaváhání, je pak doba od okamžiku maximálního nádechu do času 0. Tato doba by měla trvat 2 sekundy nebo méně. Měření FEV1 a FVC z manévru s BEV překračujícím limit obvykle vede k vysoké chybovosti a není takové měření přijatelné. Pacienti s obstrukcí horních cest dýchacích nebo neuromuskulárním onemocněním však nejsou často schopni rychle zahájit nucený výdech a může být překročena hranice BEV. Zdravotnický personál musí mít možnost zrušit BEV u těchto pacientů (viz obrázek č. 7).

Obrázek 7: Zpětně extrapolovaný objem (Dostupné na: <https://www.prolekare.cz/casopisy/vnitni-lekarstvi/2017-11/spirometrie-zakladni-vysetreni-funkce-plic-62550>, 2020).



*Vysvětlivky: EV – Zpětně extrapolovaný objem (BEV). Tento zvětšený začátek křivky objem/čas znázorňuje tzv. zpětnou extrapolaci nejprudší části křivky k určení „nového času nula“. BEV se rovná objemu vzduchu vydechovaného před časem 0. Prerušovaná přímka představuje linii zpětné extrapolace.*

Konec manévru nuceného výdechu (EOFE – End of Forced Expiration) je důležitý parametr pro potvrzení, že byla získána skutečná a akceptovatelná hodnota FVC. Pro akceptovatelné měření je nutné dosáhnout alespoň jedné ze tří níže uvedených podmínek. Nejspolehlivějším ukazatelem EOFE je dosažení minimální doby výdechu,

kteřá je určena změnou objemu menší než 0,025 litřů po dobu delší než 1 sekundu. Dalším měřítkem dosažení EOFE může být doba nuceného výdechu (FET – Forced Expiratory Time), kteřá by měla být alespoň 15 sekund. U pacientů s obstrukcí dýchacích cest nebo seniorů je velmi často FET vyšší než 15 sekund, avšak jen zřídka má dopad na klinické hodnocení. Posledním indikátorem EOFE je opakované naměření stejných hodnot FVC. Takového hodnocení se využívá u pacientů, kteří nejsou schopní dlouhého výdechu.

Pro splnění akceptability měření dále musí být PEF dosaženo do 120 ms od začátku usilovného výdechu a manévry musí být provedeny s dostatečným úsilím tak, aby byla křivka bez artefaktů.

Přímó měřitelné statické parametry (tj. SVC – klidová vitální kapacita, IC – inspirační kapacita, IVC – vitální kapacita nádechu, EC – expirační kapacita, EVC – vitální kapacita výdechu) je doporučeno provádět samostatným měřením klidových manévřů. Usilovné manévry se provádějí alespoň 3x. Pokud je manévř proveden špatně či je vysoká variabilita mezi nejlepšími hodnotami FVC a FEV1, je doporučeno opakovat vícekrát, maximálně je však povoleno 8 dechových manévřů, jejichž intervaly mezi jednotlivými měřeními by měly trvat 1-2 minuty. Ukončit vyšetřeni lze při neschopnosti pacienta provést další test. Pokud vyšetřovaný není schopen reprodukovatelných výsledků měření, je třeba zaznamenat důvod neschopnosti do karty pacienta a doporučit doplňující vyšetřeni (např. bronchodilatační test) (Graham a kol., 2019; Melia a kol., 2014; Kociánová, 2017; Miller a kol., 2005; Chlumský a kol., 2016).

## 5.6 Hodnocení spirometrie

Pro odečítání dynamických dechových parametrů hodnotíme nejvyšší dosažené hodnoty FVC a FEV1 a pro statické dechové parametry vyšší hodnotu alespoň ze dvou reprodukovatelných hodnot VC a IC. Součástí hodnocení musí být vždy grafický záznam neobsahující artefakty. K těm může dojít v důsledku nedostatečné spolupráce pacienta, nesprávné techniky nebo vlivem zdravotní indispozice jako např. kašle (viz obrázek č. 8).

Obrázek 8: Příklady artefaktů na křivce průtok/objem (Dostupné na: [www.prolekare.cz](http://www.prolekare.cz), 2017).



*Vysvětlivky: 1 – Optimální úsilí; 2 – Předčasné ukončení manévru; 3 – Nedostatečné úsilí; 4 – Kašel; 5 – Pomalý start výdechu; 6 – Nedostatečný nádech; 7 – Uzavření náustku jazykem.*

Pro spoluurčení typu poruchy slouží základní poměr FEV1/VCmax, kde za VCmax dosazujeme vždy nejvyšší z dosažených hodnot FVC, SVC, IVC nebo EVC. U jedinců mladších 70 let by měl být tento poměr vyšší než 75 %. S rostoucím věkem tato hodnota klesá, a proto této věkové skupině stačí dosáhnout poměru vyššího než 70 % náležité hodnoty. V případě, že poměr FEV1/VCmax odpovídá normě, můžeme hodnotit jednotlivé objemy. Ventilační poruchu můžeme obvykle vyloučit, pokud jsou tyto objemy v mezích náležitých hodnot. Rovnoměrně snížené hodnoty FEV1 a VCmax oproti normě značí pokles vitální kapacity a je třeba zhodnotit nepřímo měřitelné statické parametry pro určení restriční ventilační poruchy. Obstrukční ventilační porucha je definována snížením poměru FEV1/VCmax pod 75 % (u pacientů nad 70 let pod 70 %) a současném poklesu FEV1 pod 80 % náležité hodnoty. Stupeň postižení dýchacích cest obstrukční chorobou dále určujeme podle nižší z hodnot FEV1 či FEV1/VCmax. Pokud je opakovaně hodnota FEV1 či SVC vyšetřovaného jedince nad 80 % náležité hodnoty, pak je doporučeno spíše porovnávat výsledky s nejlepšími

individuálními výsledky než s normou v populaci. Pokles parametrů MEF50 a MEF25 či FEF50 a FEF75 při současném nálezu FEV1/SVC pod 80 % značí obstrukci na úrovni periferních dýchacích cest.

Referenční hodnoty a normy se liší pro děti, adolescenty, dospělé a seniory a rovněž různé etnické skupiny, tak aby bylo možné určit, zda je výsledek spirometrického testu normální či abnormální. Tyto hodnoty jsou udávány GLI (Global Lung Initiative) pod dohledem ERS (European respiratory society) a obvykle jsou odvozeny z průřezových studií a podléhají analýze kohortového efektu. Spirometrické referenční rovnice musí být v softwaru aktualizovány v souladu se změnami antropometrických hodnot v populaci (Chlumský a kol., 2006; Kociánová, 2017; Merta, 2006; Pellegrino a kol., 2006; Wanger a kol., 2005).

Pro vyhodnocení porovnání výsledků pacienta s normou lze použít metodu tzv. Z – skóre (Z – value), která vyjadřuje průměr a směrodatnou odchylku naměřeného parametru nebo hodnotit výsledek v procentech normy s použitím pásma normality (průměr  $\pm$  SD) (Kolář a kol., 2012).

## 5.7 Spirometrie v praxi

### 5.7.1 Příprava pacienta

Je důležité vysvětlit účel vyšetření a jasně popsat, co přesně bude pacient dělat. Je efektivní, když zdravotník sám na sobě ukáže nebo napodobí postup a předvede např. klidné dýchání vs. usilovné manévry.

Před zahájením měření je třeba zadat do přístroje věk, výšku a pohlaví pacienta. Tato data jsou dosazena do rovnic pro vyhodnocení dechových parametrů a spirometrických křivek. Takové výsledky je následně možné hodnotit oproti populační normě. Pokud je pacient asijského nebo afro-karibského původu, je potřeba přizpůsobit normální hodnoty, protože ty jsou u těchto etnických skupin o 10 % nižší než u jedinců europoidního původu. Mnoho spirometrů již samo přizpůsobí normu dle etnické příslušnosti.

Dále je nutné zjistit a zaznamenat čas poslední inhalace bronchodilatancia, zejména pokud je plánován test reverzibility.

Je vhodné, aby měl pacient čerstvě vyprázdněn močový měchýř z důvodu prevence inkontinence během usilovných manévrů. Pro minimalizaci rizika synkopy se pacient pohodlně usadí.

### 5.7.2 Postup měření FEV1, FVC a spirometrických křivek

1. Ke spirometru připojte čistý jednorázový náustek.
2. Použití nosního klipu se dle doporučeného postupu GOLD nevyžaduje, avšak může být s výhodou použit, pokud má pacient problém s usilovným nádechem/výdechem ústy.
3. Poučte pacienta, aby se plně nadechl, dokud nebude cítit plíce plné.
4. Po maximálním nádechu by měl pacient zadržet dech dostatečně dlouho tak, aby mohl těsně obemknout náustek rty.
5. Následně musí pacient vydechnout všechnen vzduch z plic co nejsilněji a nejrychleji.
6. Povzbuzujte ústně pacienta a zároveň dohlížejte na těsnost rtů kolem náustku. Po ukončení pokusu je potřeba zkontrolovat, zda bylo dosaženo žádoucího výsledku bez přítomnosti artefaktů.



7. Tento usilovný manévr opakujte nejméně 2x, dokud nezískáte 3 přijatelné a opakovatelné výsledky. Maximálně lze však opakovat usilovný manévr 8x.
8. Měly by být interpretovány 3 nejlepší výsledky.

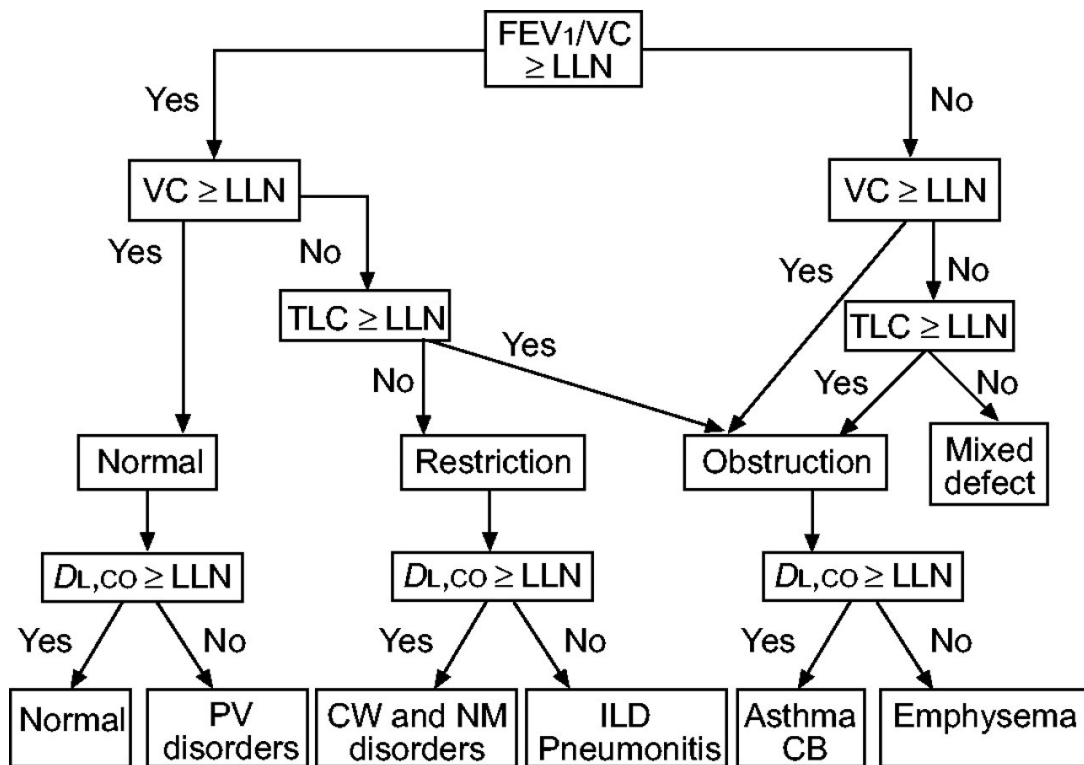
V závislosti na modelu spirometru získáme tabulku reálných a predikovaných hodnot spolu s křivkami objem/čas a průtok/objem. Nejlepší hodnoty FEV1 a FVC se obvykle zaznamenávají (GOLD, 2010).

## 5.8 Diferenciální diagnostika

Pokud spirometrie opakovaně potvrdí bronchiální obstrukci, v úvahu připadá diagnóza CHOPN nebo astma. Tyto diagnózy lze diferencovat na základě pečlivě odebrané anamnézy, výsledků spirometrického vyšetření (viz obrázek č. 9), zjištění přítomnosti kouření a vlivu okolního prostředí. Dále posuzujeme vratnost bronchiální obstrukce. Nástrojem pro tuto diferenciální diagnostiku je bronchodilatační test (BDT). Pacientovi je podán bronchodilatační lék (dávka 400 µg salbutamolu nebo dávka až 160 µg ipratropia nebo jejich kombinace) formou aerosolu či nebulizace a posuzuje se vratnost bronchiální obstrukce. Dechové objemy měříme 30 minut po podání bronchodilatancia. Pokud již pacient bronchodilatancia běžně užívá, je nutné je podat v případě krátkodobého minimálně 4 hodiny před BDT, v případě dlouhodobého 12 hodin před BDT, teofylin s postupným uvolňováním 24 hodin před BDT. Kouření je povoleno nejpozději hodinu před vyšetřením. U pacientů s CHOPN je charakteristický postbronchodilatační poměr FEV1/FVC < 0,7. Při zlepšení FEV1 o více než 12 % a zároveň o 200 ml je výsledek BDT pozitivní a odpovídá diagnóze astmatu. BDT je indikován při symptomech kašle, dušnosti, bolesti na hrudi, pro kontrolu efektu léčby, v rámci předoperačních vyšetření, ale i u pacientů, jejichž výsledky spirometrie jsou v náležitých mezích, avšak přesto udávají subjektivní obtíže (GOLD, 2010; Miller a kol., 2005; Chlumský, 2006).

Obrázek 9: Zjednodušený algoritmus pro diferenciální diagnostiku pomocí spirometrie

(Dostupné na: <https://erj.ersjournals.com/content/26/5/948>, 2020).



Vysvětlivky: Yes – Ano; No – Ne; Normal – Normální plicní funkce; Restriction – Restrikční vada; Obstruction – Obstrukční vada; Mixed defect – Smíšená vada; PV disorders – Onemocnění plicních cév; CW and NM disorders – Onemocnění hrudní stěny a neuromuskulární onemocnění; ILD – Intersticiální plicní nemoc; Pneumonitis – Zápal plic; Asthma – Astma; CB – Chronická bronchitida; Emphysema – Emfyzém; FEV1 – Expirační jednosekundová kapacita; VC – Vitální kapacita; LLN – Dolní limit normy; TLC – Celková plicní kapacita; DL CO – difúzní kapacit plic pro CO.

## 5.9 Problémy v praxi

Přestože se používání spirometrů v primární péči zvyšuje, v některých zemích spirometrie stále nepatří k běžným diagnostickým metodám. Ukazuje se, že je v těchto zemích nedostatek kvalitně proškolených lékařů primární péče a sester. Akreditované kurzy jsou mnohdy časově i finančně náročné. Zároveň finanční náklady na pořízení i servisy technického vybavení nejsou nízké (100 – 3000 eur). Na pracovištích, kde se již spirometrie praktikuje, zase mohou panovat obavy z řad zdravotnického personálu ohledně správného provedení spirometrického testu a především pak kvalitní interpretace výsledků. Epidemiologické studie přitom potvrzují, že širší využití spirometrie dokáže řešit právě takové problémy jako je pozdní diagnóza i poddiagnostika CHOPN.

Pro přesnost a správnost měření je nejdůležitější, kromě dostatečně proškoleného personálu, technika pacienta. Chybnou techniku by měl detekovat zdravotnický pracovník během sledování celého vyšetření. Pokud zdravotník odhalí chybu, je nutné vyšetřovanému jedinci znovu vysvětlit správnou techniku a opravit chybné manévry. Nejčastějšími problémy při spirometrii jsou nedostatečná nebo neúplná inhalace, nedostatečné úsilí při výdechu, opožděný nástup maximálního úsilí (podhodnocení FEV1), neúplné vyprázdnění plic (běžně u CHOPN, starších a slabých pacientů kde může trvat až 15 sekund), více dechů během manévru, rty nejsou těsně kolem náustku, pomalý start dýchání, částečný výdech nosem, kašláním, uzavření hlasivkové štěrbin, ucpání náustku zuby nebo jazykem, špatné držení těla (např. pacient sedí v předklonu), špatné znalosti a nedostatečné proškolení obsluhy, špatně udržovaný a kalibrovaný spirometr (GOLD, 2010; Agusti a kol., 2018).

## 6 Dynamometrie

Jak již bylo zmíněno v úvodu této práce, CHOPN se nemanifestuje pouze v dýchacích cestách, ale má také řadu systémových projevů. Jedním z nich je negativní dopad na svalovou tkáň. U pacientů dochází k poklesu hmotnosti svalové hmoty, jenž má za následek omezení svalové kapacity a periferní svalovou slabost. Tento progresivní úbytek svalové hmoty a svalové síly se nazývá sarkopenie. Sarkopenie je typická pro starší pacienty s CHOPN a často je doprovázena poklesem BMI (tzv. body mass indexu), má negativní dopad na kvalitu života pacienta s CHOPN a rovněž zvyšuje mortalitu.

V současné době je kladen důraz na sledování periferní svalové síly a složení těla u pacientů s CHOPN. Metodám měření složení těla jsem se již věnovala podrobně ve své diplomové práci (viz Parametry složení těla u pacientů s CHOPN, 2016). V této kapitole se budu věnovat měření svalové síly – dynamometrii (Ramos a kol., 2015; Základy sportovní kineziologie, 2010; Isokinetic Dynamometry, 2018; Teorie tělesné výchovy a sportu, 2018).

## 6.1 Svalová síla

Svalová síla je síla, kterou je člověk schopen působit na těleso (snímací část tensometru nebo dynamometru) po určitou dobu. V laboratorních podmínkách jsou k dispozici pro měření svalové síly dvě základní metody – izometrická a izokinetická dynamometrie. Pro klinické hodnocení v praxi naopak využíváme jednoduššího měření, a to pomocí tenzometrů nebo ručních dynamometrů (viz obrázek č. 10). Další hojně využívanou metodou v praxi jsou svalové testy. Nevýhodou instrumentálních metod i svalových testů je fakt, že nelze stanovit sílu jednoho konkrétního svalu a tak je hodnocení výsledkem aktivace všech svalů, které na daném pohybu participují (Kolář a kol., 2009; Novotný a kol., 2009).

Obrázek 10: Příklad ručního dynamometru (Dostupné na: <http://www.taheeltech.com/product/hand-held-electronic-dynamometer/>, 2020).



*Vysvětlivky: Na obrázku vidíme měření síly stisku ruky pomocí ručního dynamometru. Vyušetrovaný vyvíjí na dynamometr postupně a plynule tlak až do úplného maxima.*

Svalová síla závisí na počtu svalových vláken (čím více vláken, tím větší síla), délce svalu (čím delší sval, tím větší síla) a počtu aktivovaných motorických jednotek (tj. skupin svalových vláken, které jsou inervovány jedním motoneuronem) (Dylevský, 2009).

## 6.2 Izometrická dynamometrie

Izometrická dynamometrie je založena na měření izometrické svalové kontrakce svalů. Během takové kontrakce není vykonáván pohyb, nemění se délka svalu, pouze roste svalové napětí (charakteristické pro svaly předloktí a ruky při úchopu předmětu). Pro měření této síly lze použít jednoduchý piezoelektrický tenzometr, který dokáže snímat sílu malé svalové skupiny i větších svalových skupin. V praxi využíváme malé přenosné tenzometry nebo různá větší zařízení (např. křeslo či lůžko), v nichž jsou zabudovány speciální tenzometrické jednotky. V dnešní době lze tyto přístroje připojit k počítači a získat tak kromě výsledných hodnot (maximální síla, maximální moment síly) i grafický záznam (silová křivka) (Kolář a kol., 2009).

Nejjednodušší metodou pro hodnocení izometrické síly ruky v ordinaci je měření maximální síly stisku ruky. Dle četných studií je tento parametr uznáván jako ukazatel morbidity a mortality způsobených v důsledku jakýchkoliv příčin. Výhodou této izometrické dynamometrie je kromě jednoduchosti provedení i nízká cena a snadná dostupnost. V praktické části této rigorózní práce jsme hodnotili maximální sílu stisku ruky u pacientů s CHOPN, proto zde uvádím průměrné hodnoty u československé populace zjištěné během Mezinárodního biologického programu uvedené Seligerem a Bartůňkem v roce 1976 v publikaci od Plachety a kol. z roku 1999 (viz tabulka č. 3) (Gasior a kol., 2018; Novotný, 2009).

Tabulka 3: Maximální síla stisku pravé ruky a levé ruky (N) u průměrné populace (Upraveno. Dostupné na: <https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kapitolysportmed/pages/18-11-zatezove-testy.html>, 2020).

MAXIMÁLNÍ SÍLA STISKU RUKY								
Věková skupina [roky]	MUŽI				ŽENY			
	Pravá ruka		Levá ruka		Pravá ruka		Levá ruka	
	Max. síla stisku [N]	SD	Max. síla stisku [N]	SD	Max. síla stisku [N]	SD	Max. síla stisku [N]	SD
12	234	84	217	79	207	58	190	56
13	282	84	260	79	229	59	210	56
14	325	84	299	79	245	59	226	56
15	361	84	332	79	259	59	238	56
16	390	84	360	79	269	59	247	56
17	413	84	382	79	277	59	255	55
18	432	84	399	79	282	59	261	55
19	445	84	413	79	287	59	265	55
20	456	84	423	79	290	59	268	55
21	464	84	431	79	293	59	271	55
25	483	84	448	79	298	59	276	55
31	489	84	454	79	299	59	276	55
41	486	84	450	79	294	59	272	55
51	482	84	443	79	288	59	266	55

Vysvětlivky: *N* – Newton, *SD* – směrodatná odchylka.

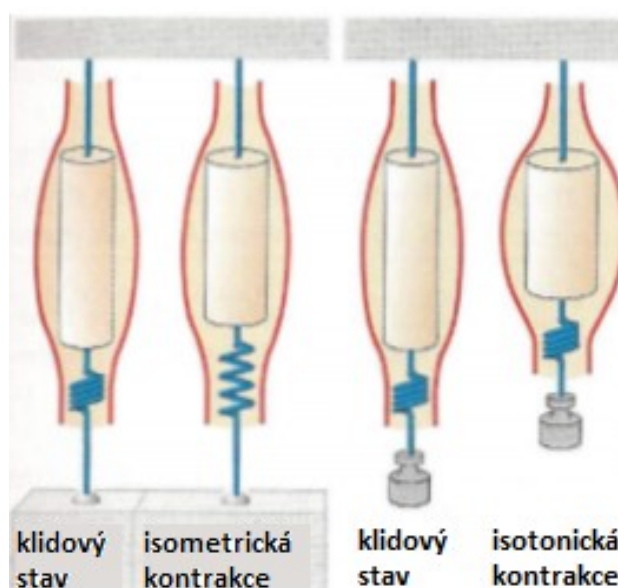


### 6.3 Izokinetická dynamometrie

Izokinetická dynamometrie měří schopnost dosáhnout maximálního silového výkonu svalových skupin v celém rozsahu pohybu při konstantní rychlosti prováděného pohybu. Při izokinetické kontrakci zapojujeme větší svalové skupiny včetně svalů pomocných. Izokinetické dynamometry jsou oproti izometrickým technicky složitější, větší a dražší přístroje, které lze také propojit s počítačem pro zpracování dat. Během měření izokinetické síly dynamometr testuje izokinetickou kontrakci při různých rychlostech pohybu až po maxima přístroje. Pro izokinetickou kontrakci následně interpretujeme výkon, silový výkon, práci, kroutící moment, moment síly, úhlovou rychlost a rychlost lineárního pohybu.

Pro ilustraci rozdílu mezi kontrakcí izometrickou a izokinetickou uvádím obrázek č. 11 (Kolář a kol., 2009; Novotný a kol., 2009).

Obrázek 11: Formy svalové kontrakce (Silbernagl a Despopoulos, 2004).



*Vysvětlivky: Obrázek zobrazuje rozdíl mezi izometrickou a izotonickou (tj. izokinetickou) kontrakcí svalu. Během izometrické kontrakce se oproti klidovému stavu nemění délka svalu, ale mění se jeho napětí. Při izotonické kontrakci se mění svalová délka, ale síla svalu zůstává konstantní.*

## 6.4 Svalový test

Svalový test je vůbec nejčastější analytickou metodou pro měření svalové síly. Pomocí tohoto vyšetření získáváme informace např. o síle jednotlivých svalových skupin, lokalizaci lézí motorických periferních nervů, hybných stereotypech atd. Principem svalového testu je kvantifikace svalové síly, které je zapotřebí pro vykonání určitého pohybu danou částí těla v prostoru (viz obrázek č. 12).

Zakladatelem manuálních svalových testů byl již před 1. světovou válkou L. W. Lowett. Následně byla metodika testů modifikována a upravena dle tehdejších poznatků o anatomii, fyziologii a kineziologii. Svalový test prošel dynamickým vývojem, ovšem principy testů zůstávají dodnes stejné. V České republice je nejrozšířenější funkční svalový test dle pana profesora Vladimíra Jandy. Tímto testováním získáváme informace o síle jednotlivých svalů nebo skupin svalů tvořících svalovou jednotku. Základním principem testování dle Jandy je určit schopnost pacienta překonat odpor pohybového segmentu proti gravitaci, čímž určíme schopnost dosáhnout 3. stupně svalové síly. K hodnocení funkčního svalového testu používáme typicky škálu od 0 do 5 (0 – sval nejeví známky záškubu ani pohybu; 5 – sval vykonává pohyb i proti značnému odporu). Nevýhodou testování je chybovost subjektivního hodnocení vyšetřujícího pracovníka. Pro dosažení co nejvyšší objektivity je vhodné, aby jednoho pacienta vyšetřoval vždy stejný zdravotník, který postupuje přesně dle metodiky. V zahraničních studiích se setkáváme s metodikou dle manželů Kendallových. Další možností je funkční test, kterým netestujeme jednotlivé svalové skupiny, ale dovednosti potřebné pro běžné denní činnosti (např. schopnost osobní hygieny, příjmu potravy, oblékání atd.). Pro hodnocení funkčního testu užíváme Barthel Index (BI) a Functional Independence Measure (FIM), díky kterým můžeme klasifikovat míru soběstačnosti a funkční zdatnosti. Tyto funkční testy se dále liší pro jednotlivé diagnózy (Janda a kol., 2004; Kolář a kol., 2009).

Obrázek 12: Zjednodušený princip svalového testu (Upraveno. Dostupné na: <http://www.wholehealthamerica.com>, 2019)



*Vysvětlivky: Obrázek znázorňuje velmi zjednodušený princip svalového testu, který provádí zkušený fyzioterapeut.*

## 7 Fázový úhel

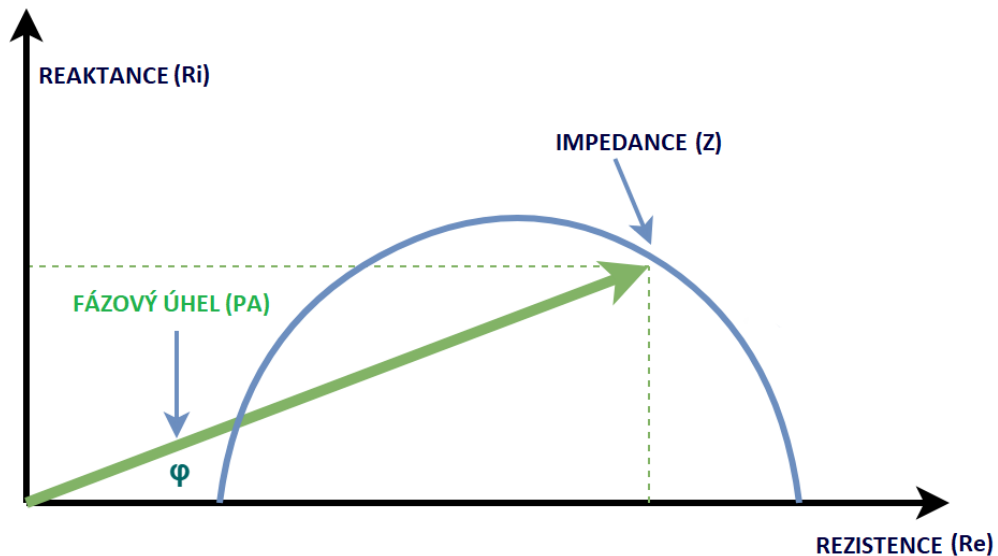
U pacientů s CHOPN neprobíhá zcela efektivní výměna plynů a tím v organismu dochází k oxidativnímu stresu a vzniku volných radikálů. Hypoxie má značný vliv na změnu složení těla a konkrétně tedy na změnu fázového úhlu (PA). Fázový úhel, odvozený z bioelektrické impedanční analýzy, je indikátorem integrity buněčné membrány, ukazatelem nutričního stavu a zastoupení svalové tělesné hmoty, pomáhá detekovat zánět a určit celkovou prognózu vyšetřovaného jedince. Z dostupných vědeckých studií vyplývá, že snížený fázový úhel a svalovou sílu lze využít jako jednoduchý prognostický nástroj u pacientů s CHOPN (Islas a kol., 2019; Maddocks a kol., 2014).

Bioelektrická impedanční analýza (BIA) je dostupnou metodou pro snadné měření složení těla. S výhodou lze BIA využít při běžných lékařských prohlídkách a odhadnout tak možná zdravotní rizika. Během tohoto měření prochází do těla přes elektrody slabý proud, přičemž využíváme rozdílného elektrického odporu jednotlivých tkání (např. tuková, kostní, svalová tkáň). BIA umožňuje měřit impedanci (Z) těla při různých frekvencích. Pomocí parametrů získaných bioimpedancí můžeme po dosažení do predikčních rovnic analyzovat nutriční stav pacienta. Metoda BIA je již detailněji popsána v méj diplomové práci (Parametry složení těla v závislosti na stupni metabolismu u pacientů s CHOPN, 2016) a proto se v této kapitole budu věnovat konkrétně diagnostice pomocí fázového úhlu (Blasio a kol., 2016; Tanaka a kol., 2019).

Fázový úhel je klinicky důležitým parametrem bioimpedance používaným pro hodnocení nutriční a měření rizik pro různá onemocnění. Benefitem PA je hodnocení jinak ne zcela objektivně posuzované fragility pacienta, kterou míníme neúmyslně nadměrný úbytek na váze, tělesné vyčerpání, sníženou fyzickou aktivitu, pomalost, slabost, ale i zhoršení psychického zdraví. PA nevyžaduje nákladné ani zdlouhavé hodnocení (Tanaka a kol., 2019).

PA můžeme definovat jako poměr rezistence (odrážející distribuci tekutin uvnitř a vně buněk) k reaktanci (korelující s buněčnou integritou) (viz obrázek č. 13). V literatuře je nejčastěji PA značený jako  $PA \varphi$  (fi) či  $\alpha$  (alfa) a je udáván ve stupních [°].

Obrázek 13: Znárodnění fázového úhlu (Upraveno. Dostupné na: <https://www.chardermedical.com/prelude/innovation.htm>, 2020).

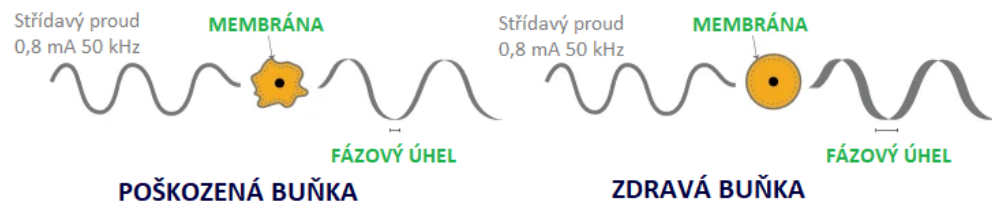


*Vysvětlivky: Následkem vysokého poměru  $Ri/Re$  bude vyšší fázový úhel  $\phi$ , zatímco nízký poměr  $Ri/Re$  bude mít nižší fázový úhel  $\phi$ .*

Každá metabolicky aktivní buňka má na své membráně rozdíl v potenciálu asi 50 až 100 mV. Tento potenciál umožňuje buňce fungovat jako sférický kondenzátor ve střídavém elektrickém poli. PA lze vyjádřit jako časový rozdíl, který vzniká právě v důsledku fázového posunu mezi maximem elektrického proudu ( $I_{max}$ ) a maximálním napětím ( $U_{max}$ ) během průchodu elektrického proudu buňkou. Důležitou roli v odporu biologického vodiče hraje frekvence. Například nízkofrekvenční kmitočty (v rozsahu 1 až 5 kHz) má problém překonat buněčnou membránu. S rostoucí frekvencí se zvětšuje fázový úhel a tím i reaktance, přičemž maximální frekvence je dosažena asi při 50 kHz. Nejvýznamnější měření fázového úhlu je proto právě při frekvenci 50 kHz. Zatímco voda má hodnotu PA  $0^\circ$ , PA buněčné membrány je  $90^\circ$ . Na rozdíl od metabolicky aktivní tkáně (BCM – Body Cell Mass) nemají tukové buňky téměř žádnou metabolickou aktivitu, tudíž mají pouze nízký membránový potenciál a následkem toho nemohou být detekovány. Z toho vyplývá, že velikost PA přesně odpovídá množství

BCM v organismu. Obecně lze říci, že nepoškozená buňka se zdravou integritou buněčné membrány, disponuje stabilním membránovým potenciálem, a tudíž vysokým fázovým úhlem, oproti buňce s nízkou denzitou buněčné membrány a nízkým potenciálem (viz obrázek č. 14) (Tanaka a kol., 2019; Dörhöfer a Pirlich, 2005; Charder medical, 2020; InBody, 2015; BioScan, 2020).

Obrázek 14: Fázový úhel u poškozené vs. zdravé buňky (Upraveno. Dostupné na: <https://inbodyusa.com/blogs/inbodyblog/31432897-the-inbodys10-what-it-is-and-why-you-need-it/>, 2020).



*Vysvětlivky: Obrázek znázorňuje rozdílný fázový úhel u zdravé vs. poškozené buňky. Do buňky prochází střídavý proud při frekvenci 50 kHz, při kterém však v důsledku rozdílné kapacity buněčných membrán dochází k posunu proudu a napětí. Tento časový posun lze měřit pomocí moderních technologií BIA a vyjádřit jako fázový úhel ve stupních.*

## 7.1 Hodnocení fázového úhlu

Jelikož v druhé polovině 20. století byla nalezena souvislost mezi PA a přežitím pacientů ve vážném zdravotním stavu (např. u pacientů s AIDS nebo karcinomem plic), začaly vznikat studie, které udávaly normu PA u zdravých jedinců. Cílem výzkumů byl získání referenčních hodnot PA pro porovnání PA lidí s nejrůznějším onemocněním. PA byly měřeny metodou BIA pomocí různých skenovacích přístrojů. Avšak standardně měření probíhalo při frekvenci 50 kHz a pod proudem 500 až 800  $\mu\text{A}$ . Vyšetřovaní dobrovolníci byli zdravé osoby bez chronického onemocnění, po celonočním půstu, bez šperků a jakýchkoliv implantátů. Samotné měření probíhalo vleže v metabolické laboratoři při 25 °C.

Dle studií vyplývá, že PA je závislý na pohlaví, věku, BMI a etnické příslušnosti. Referenční hodnoty PA ze studie z roku 2005 byly významně vyšší u mužů ( $7,48 \pm 1,10^\circ$ ) než u žen ( $6,53 \pm 1,01^\circ$ ). U obou pohlaví byla zjištěna významná negativní korelace PA s věkem a naopak pozitivní korelace PA s rostoucím BMI. Porovnání PA různých etnických skupin ukázalo významný rozdíl v analýze, kdy nejnižší hodnoty PA byly zjištěny u Asiatů ( $6,55 \pm 1,10^\circ$ ), následovali je Evropané ( $6,82 \pm 1,13^\circ$ ), afričtí Američané ( $7,21 \pm 1,19^\circ$ ) a nejvyšší hodnoty PA byly naměřeny u obyvatel Pyrenejského poloostrova ( $7,33 \pm 1,13^\circ$ ) (Barbosa-Silva a kol., 2005; Kumar a kol., 2012).

PA se v klinické praxi osvědčil jako platný nástroj pro hodnocení nejen nutričních rizik a tělesné zdatnosti (viz tabulka č. 4), ale i celkové prognózy, morbidity a mortality. Mezi zdravým a chorobným stavem organismu je signifikantní rozdíl v hodnotách PA.

Tabulka 4: Hodnoty a klasifikace PA (Upraveno. Dostupné na: <https://www.yumpu.com/en/document/read/13012439/the-bia-compendium-data-inputde>, 2020).

Fázový úhel [°]		Klasifikace fázového úhlu
Ženy	Muži	
> 7,5	>7,9	<b>Extrémně dobrý.</b> Pouze vrcholoví sportovci a kulturisti.
6,5 - 7,5	7,0 - 7,9	<b>Velmi dobrý.</b> Jedinci ve velmi dobrém nutričním stavu a fyzické zdatnosti.
6,0 - 6,4	6,5 - 6,9	<b>Dobrý.</b> Znamka pravidelného tréninku a dobré výživy.
5,5 - 5,9	6,0 - 6,4	<b>Uspokojivý.</b> Nejběžnější zařazení pro většinu populace s přiměřenou fyzickou aktivitou.
5,0 - 5,4	5,5 - 5,9	<b>Dostatečné.</b> Indikátor špatné výživy a fyzické kondice.
4,0 - 4,9	4,5 - 5,4	<b>Neuspokojivý.</b> Lidé s nedostatečným příjmem potravy a omezenou pohyblivostí.
< 4,0	< 4,5	<b>Špatné.</b> Ukazatel extrémně špatné fyzické kondice a malnutrice.
< 2,0	< 2,5	Pouze v případech sekundární atrofie svalů (např. pacienti ve vegetativním stavu).

PA se zvyšuje se zlepšujícím se klinickým stavem nemocného, s přibýváním svalové tkáně, s postupnou absencí zánětu a úbytkem tukové hmoty (FM – Fat Mass) v těle. I v důsledku vysoké fyzické aktivity se hodnoty PA mění jen velmi pomalu a to maximálně o 0,2° za měsíc. Rychlejší vzrůst PA může být pozorován, pokud jsou užívána steroidní anabolika. Opatrnosti je třeba dbát v případě dehydratace, při které jsou měřeny falešně vysoké hodnoty PA následkem zvýšené „koncentrace“ buněčné hmoty.

Nižší hodnoty PA jsou ukazatelem zánětu, infekce či intoxikace v organismu. Mohou být též následkem post-traumatického stresu. Značí obvykle ztrátu tukuprosté hmoty (FFM – Fat Free Mass) a svalové síly, podvýživu, katabolismus nebo retenci tekutin. Běžně jsou nízké hodnoty PA také naměřeny u sportovců, kteří konzumují tuky



na úkor cukrů. Pro nemocné jedince jsou však indikátorem nepříznivé prognózy a zvýšené mortality (Kumar a kol., 2012; Cioffi a kol., 2020; Dörhöfer a Pirlich, 2005; Maddocks, 2015; InBody, 2018).

U pacientů se stabilní CHOPN je nízký PA odrazem zvýšené frekvence exacerbací, častějších hospitalizací, úbytkem svalové hmoty a zhoršení fyzické kondice oproti pacientům s normálními hodnotami PA (Maddocks a kol., 2014).

V případě měřených  $PA < 3^\circ$  u pacientů, kteří nejsou jinak ve velmi vážném zdravotním stavu nebo naopak u hodnot  $PA > 8^\circ$  u osob, které neprovozují sport na vrcholové úrovni, se jedná o nefyziologické rozmezí hodnot, které je způsobeno chybou v metodice (např. použitím nevhodných elektrod). Takové měření je potřeba považovat za neplatné (Dörhöfer a Pirlich, 2005).

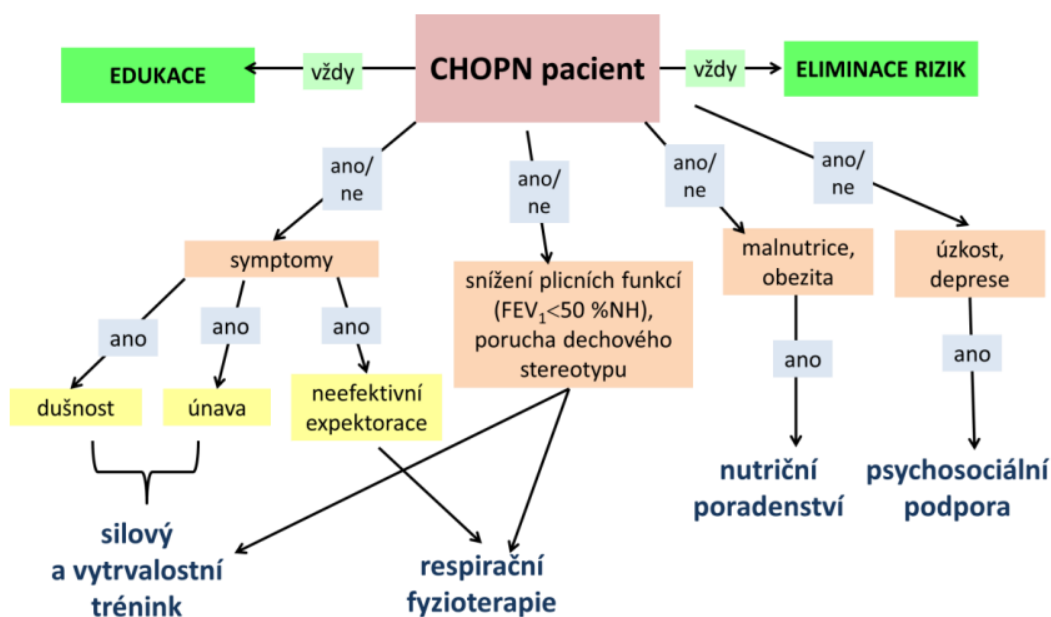
## 8 Vliv nutriční a rehabilitace u pacientů s CHOPN

CHOPN je doprovázena řadou komorbidit spojených s významným snížením každodenní fyzické aktivity a výskytem psychických problémů (především úzkostí až depresí). Takové potíže přispívají k postižení pacienta a špatné kvalitě jeho života. Tato kapitola pojednává o vlivu komplexní mezioborové péče o pacienty s CHOPN, a to především z hlediska vhodné výživy a rehabilitace. Cílem je nastínit souvislost mezi svalovou silou a celkovým zdravotním stavem pacientů s CHOPN (Corhay a kol. 2014).

Plicní rehabilitace je v souladu s medicínou založenou na důkazech (Evidence Based Medicine) významnou součástí nefarmakologické léčby symptomatických pacientů s CHOPN a její pozitivní efekt na stav nemocných popisuje množství studií. Rehabilitace pomáhá pacientům vystoupit ze „začarovaného kruhu“: Dušnost - Snížení tělesné aktivity - Zhoršení fyzické kondice - Sociální izolace. Hlavním přínosem plicní rehabilitace pro nemocné je redukce dušnosti a únavy, zlepšení tolerance vůči zátěži, zvýšení fyzické aktivity a svalové síly (včetně svalů respiračních) a zmírnění úzkosti, čímž dochází ke zlepšení kvality života a zpomalení progresu onemocnění (Corhay a kol., 2014; Zatloukal, 2007; Salman a kol., 2013; Neumannová a kol., 2019).

Dle doporučeného postupu z roku 2019 v ČR je plicní rehabilitace indikována u pacientů ve 3. a 4. stádiu CHOPN dle GOLD (tj. je-li  $FEV_1 \leq 50\%$  n.h.), u nemocných s obtížným vykonáváním běžných denních aktivit nebo při výskytu subjektivních potíží jako je dušnost, kašel, nespavost, psychická nepohoda atd. (pozn. subjektivní potíže jsou hodnoceny dle dotazníku). Schéma indikačních kritérií pro respirační fyzioterapii, vytrvalostní trénink, edukaci pacienta, nutriční podporu a psychosociální intervenci je zřejmé z obrázku č. 15.

Obrázek 15: Indikace plicní rehabilitace u pacientů s CHOPN (Dostupné na: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>, 2020).



Vysvětlivky: FEV1 – Usilovná vitální jednovteřinová kapacita; NH – Náležitá hodnota. Plicní rehabilitace je hlavní složkou nefarmakologické léčby CHOPN. Výběr konkrétního typu rehabilitace je indikován individuálně na základě přítomnosti jednotlivých symptomů, dle výsledku spirometrického vyšetření, na základě konstitučního typu i s ohledem na psychický stav pacienta.

Součástí plicní rehabilitace je léčebná rehabilitace, ergoterapie (návčik každodenních činností), nutriční poradenství a psychosociální pomoc nemocným.

Léčebná rehabilitace spočívá ve zvyšování adaptace na tělesnou zátěž pravidelnou aerobní aktivitou s frekvencí 3-5x týdně a dobou trvání 6-8 týdnů (chůze v přírodě, jízda na rotopedu, běh na pásu). U pacientů trpících hypoxií i v klidovém režimu je možná pohybová terapie za současného podávání kyslíku, čímž se zvýší výkonnost a prodlouží se doba zátěže až o 50 %. Schopnost praktikovat pravidelnou pohybovou aktivitu (především chůzi) je jedním z jednoduchých prediktorů prognózy pro pacienty s CHOPN. Proto je doporučeno alespoň 1x ročně nemocné ambulantně sledovat po dobu 1 týdne pomocí přenosných krokoměrů. Benefitem aerobního cvičení je kromě zlepšení fyzické kondice také snížení zánětlivých projevů a menší výskyt exacerbací. Dalším významným, na plicních funkcích nezávislým, prediktorem

úmrtnosti je úbytek svalové síly velkých svalových skupin. Proto je součástí rehabilitace cílené posilování svalů dolních a horních končetin s cílem předcházet periferní svalové dysfunkci. Ta je způsobena chronickou inaktivitou, dekondíci, přítomností zánětu v organismu, užíváním kortikoidů a narušením homeostázy elektrolytu. Další komponentou léčebné rehabilitace je pro všechny pacienty s CHOPN, s poklesem jejich plicních funkcí pod 50 % náležitých hodnot, respirační fyzioterapie. Její součástí je dechová gymnastika a dále nácvik úlevových poloh, fyzické i psychické relaxace, které vedou k prohloubení dýchání a zklidnění. Tato metoda přináší postiženému okamžitou úlevu, avšak její působení je jen krátkodobého charakteru. Smyslem dechové gymnastiky je přeučit pacienty jejich stereotyp dýchání, osvojit si techniku hygieny dýchacích cest, nacvičit brániční dýchání, zvýšit roztažnost hrudníku a natrénovat správnou techniku vykašlávání. Kontraindikací pro pohybovou aktivitu je dekompenzované cor pulmonale, plicní hypertenze, těžké astma bronchiale, závažné poruchy srdečního rytmu a zátěžová hypoxémie (Koblížek a kol., 2016; Kolář a kol., 2009; Švehlová a Švehlová, 2009; Zatloukal, 2007).

Příznivých účinků léčebné rehabilitace je dosaženo jak v nemocniční péči u ambulantních pacientů, tak v domácím prostředí u správně edukovaných pacientů školeným fyzioterapeutem. Efekt šestiměsíčního programu léčebné rehabilitace přetrvává maximálně 18 měsíců, a proto je preferován pravidelný trénink v domácím prostředí oproti nemocniční několikátýdenní nárazové péči (Strijbos a kol., 1996, Kolář a kol., 2009).

Velmi častou komorbiditou CHOPN je metabolická porucha, která má za následek abnormální tělesnou konstituci nemocného. U pacientů s méně významnou obstrukcí se spíše setkáváme s nadváhou, charakteristickou vzestupem viscerálního tuku, inzulinovou rezistencí a prozánětlivou aktivitou. V tomto případě je cílem nutriční podpory redukovat obezitu snížením kalorického příjmu. Avšak 25 – 40 % pacientů má nízkou tělesnou hmotnost včetně poklesu tukuprosté tkáně (FFM – Fat Free Mass). Podvýživa je u pacientů velmi znepokojivá, jelikož je uznávána jako ukazatel špatné prognózy onemocnění. Úbytek hmotnosti je u těchto pacientů důsledkem zvýšení klidového energetického výdeje, způsobeného pravděpodobně větší námahou nemocného při dýchání. Zároveň je často snížen příjem potravy následkem ztráty chuti k jídlu, snížení fyzické aktivity, depresí, dušnosti při konzumaci jídla, systémového

zánětu, užívání kortikoidů a hypoxie periferních orgánů (Rawal a Yadav, 2015; Scoditti a kol., 2019).

Cílem nutriční podpory je edukace nemocného v oblasti správné výživy. Pro nemocné s nízkou FFM je nutné doporučit vhodné potraviny pro navýšení energetického příjmu, naopak u obézních pacientů cíleně redukovat váhu vhodnou nízkokalorickou a nízkotučnou dietou. Pro akutní i chronické respirační onemocnění je prospěšný nadměrný příjem ovoce a zeleniny, kvůli bohatému zastoupení antioxidantů, minerálů, vitamínů, fytochemikálií, flavonoidů a vlákniny (Koblížek a kol., 2016; Rawal a Yadav, 2015).

Množství studií doporučuje rovněž podávání vitamínu D, jehož deficit stojí za časnou progresí onemocnění CHOPN. U pacientů s CHOPN byly zjištěny nízké sérové koncentrace vitamínu D. Přitom vitamín D má prokazatelné imunomodulační účinky, pomáhá snižovat myopatii a svalovou slabost. Vhodná je také suplementace vitamínu C a E, které zmírňují příznaky onemocnění. Dále byl prokázán pozitivní efekt podávání omega-3 polynenasycených mastných kyselin pro jejich protizánětlivé účinky, čímž jsou prospěšné při chronických zánětlivých stavech a především jsou doporučeny u pacientů s podvýživou (Rawal a Yadav, 2015; Cleveland Clinic, 2020).

Dodat organismu potřebný energetický příjem běžnou potravou může být pro nemocného s CHOPN poměrně složité. V takových případech doporučuje Americká plicní asociace podávat tzv. sipping, což je tekutá vysokoenergetická výživa určená k popíjení. Lze ji konzumovat samotnou nebo přidávat do pokrmů pro navýšení energetické hodnoty, doplnění vitamínů a minerálů. Mezi další doporučení společnosti pro nemocné s CHOPN patří jíst 4–6 malých jídel denně, odpočívat těsně před jídlem, tekutiny doplňovat až po jídle, nekonzumovat nadýmové potraviny, omezit solení a zvážit suplementaci multivitaminů a minerálů (především vápníku) (American Lung Association, 2020).

## Experimentální část

### 9 Specifikace studie

Předmětem naší studie bylo vyhodnotit závislost výsledků spirometrického a dynamometrického vyšetření na naměřených hodnotách fázového úhlu u pacientů s CHOPN.

Výzkum probíhal pod odborným vedením PharmDr. Miroslava Kovaříka, Ph.D. na Oddělení klinické fyziologie výživy a metabolismu ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové. Pacienty do této studie vybíral doc. MUDr. Vladimír Koblížek, PhD. z plicní kliniky FN v HK. Naší studie se zúčastnilo celkem 50 osob z registru České multicentrické výzkumné databáze CHOPN.

Na vyšetření se každý pacient dostavil po celonočním lačnění a s prázdným močovým měchýřem v ranních hodinách v rozmezí od 7 do 10 hodin. Návštěva pacienta zahrnovala odebrání velmi stručné osobní anamnézy pacienta, vyplnění osobních údajů v kartě pacienta a záznamy z jednotlivých vyšetření. Samotná měření sestávala z nepřímé kalorimetrie, bioelektrické impedance, spirometrie, dynamometrie, měření tělesných obvodů, kaliperace a měření krevního tlaku. Každý pacient absolvoval pouze jednu návštěvu, přičemž vyšetření trvalo cca 1 hodinu.

Tato rigorózní práce se zabývá závislostí spirometrických a dynamometrických parametrů u pacientů s CHOPN na hodnotách fázového úhlu.

## 10 Metodika

### 10.1 Metodika dynamometrie

Pro objektivní stanovení síly a vytrvalosti stisku jsme použili přístroj Pinch Grip Analyser (MIE Medical Research Ltd., Leeds, Velká Británie) (viz obrázek č. 16). Analyzátor Pinch Grip měří sílu a vytrvalost stisku ruky pomocí uchopení rukojeti prsty vyšetřovaného. Rukojeť analyzátoru je vyrobena ze speciální lehké, ale odolné letecké slitiny a je nastavitelná tak, aby vyhovovala všem velikostem rukou a různým úchopům. Patentovaný design rukojeti zaručuje objektivní a reprodukovatelné měření síly bez ohledu na polohu ruky. Přístroj poskytuje výsledky v Newtonech (s přesností na 1 Newton), kilogramech nebo librách. Měření analyzátozem je velmi přesné, avšak je ovlivnitelné řadou faktorů, které je potřeba při měření minimalizovat (např. špatná poloha končetiny, bolest, únava a nízká úroveň motivace vyšetřovaného) (MIE Medical Research Limited, 2015).

Obrázek 16: Pinch Grip digitální analyzátor (Dostupné na: <https://www.mie-uk.com/software/wincas/index.html>, 2020).



*Vysvětlivky: Obrázek znázorňuje měření síly stisku/ vytrvalosti síly pomocí analyzátoru, který jsme použili pro účely naší studie. Výhodou tohoto zařízení je možnost připojení k počítači pro podrobnou analýzu naměřených dat.*

### 10.1.1 Postup měření

Na začátku měření jsme nejprve analyzátor připojili k počítači pomocí konektoru. V počítači jsme spustili Clinical Analysis Software (CAS), kde jsme v hlavní nabídce zadali možnost „new patient“. V této kartě pacienta jsme vyplnili jméno, datum narození, výšku, váhu, pohlaví a dominantní končetinu vyšetřovaného. Následně již bylo možné spustit nové měření kliknutím na tlačítko „new test“ v záložce „tests“. Pro výběr testu vytrvalosti jsme zvolili „endurance test“ (test vytrvalosti). Před začátkem měření bylo nutné vynulovat přístroj stisknutím tlačítka „zero“.

Nejprve jsme měřili maximální sílu stisku ruky pacienta. Toto měření probíhalo ve stoje. Vyšetřovaný se snažil o co největší stisknutí rukojeti analyzátoru (3 – 5 sekund) pouze jednou rukou bez pomoci druhé ruky či zapření o jinou část těla, nábytek apod. Druhý krok bylo stanovení svalové výdrže pomocí testu vytrvalosti. Při tomto měření musel pacient vyvinout takovou sílu, aby dosáhl rozmezí síly, které odpovídalo polovině maximální síly stisku z prvního měření. Rozmezí bylo zároveň graficky znázorněno na monitoru počítače. Dále musel vyšetřovaný toto úsilí udržet po co nejdelší dobu (grafické znázornění zelenou barvou). Pokud byla síla stisku pod/nad hranicí vymezené oblasti, na monitoru byla označena červeně. Test byl ukončen, pokud již pacient neměl sílu setrvat v „zeleném“ rozmezí. Po ukončení testu software ihned vyhodnotil výsledky a všechna data bylo možné automaticky exportovat do aplikace Microsoft Excel pro podrobnou analýzu.



## 10.1.2 Měřené parametry

### 10.1.2.1 Maximální síla stisku ruky

Vyjadřuje maximální sílu stisku ruky. Nastavení dynamometru umožňuje výsledek uvádět v kilogramech, newtonech nebo librách. V naší studii udáváme maximální sílu v newtonech.

### 10.1.2.2 Maximální síla klasifikovaná dle referenčních hodnot

Tento parametr klasifikuje maximální sílu stisku ruky jedince dle referenčních hodnot zohledňujících pohlaví a věk dle Budziarek a kol. (2008). Dle hodnoty maximální síly stisku ruky je každá vyšetřovaná osoba zařazena do jedné ze tří kategorií – podprůměrný, průměrný nebo nadprůměrný výsledek.

### 10.1.2.3 Celkový čas

Celkový čas je uplynulý čas testu vytrvalosti (vyjádřený v sekundách) od prvního stisknutí na cílovou hodnotu až do ukončení testu.

### 10.1.2.4 Cílový čas

Cílový čas je čas testu vytrvalosti pouze v rozmezí cílových hodnot. Vyhodnocována je jak samotná absolutní hodnota času (v sekundách), tak relativní hodnota, tedy poměr cílového a celkového času (vyjádřený v procentech).

### 10.1.2.5 Celková plocha pod křivkou

Plocha pod křivkou (AUC – Area Under Curve) závislosti síly stisku na čase je číselným vyjádřením vytrvalosti.

### 10.1.2.6 Přepočítání parametrů maximální síly stisku a celkové plochy pod křivkou

Hodnoty maximální síly stisku ruky a AUC v naší studii rovněž uvádíme přepočítané vzhledem k hmotnosti pacienta, množství tukuprosté hmoty (FFM – Fat Free Mass) a výšce pacienta.

Váha byla měřena pomocí antropometrické váhy InnerScan (Tanita Corporation, Tokio, Japonsko) a množství FFM metodou bioimpedance pomocí přístroje Body Composition Monitor (viz kapitola 10.3).

## 10.2 Metodika spirometrického vyšetření

Pro spirometrické vyšetření jsme použili spirometr Micro DL (Micro Medical Limited, Rochester, Velká Británie) (viz obrázek č.17). Výhodou tohoto spirometru je miniaturní velikost, přesnost, spolehlivost měření, flexibilní diagnostické funkce a příznivá cena. Spirometr DL splňuje standard ATS/ERS 2005. Ke spirometru je zdarma dodáván software Spida 5, který je kompatibilní s operačním systémem Windows. Výhodou softwaru je měřitelnost až 33 spirometrických parametrů včetně spirometrických křivek a rovněž možnost porovnání s fyziologickými hodnotami (Micro Medical Limited, 2006; MicroMedical MicroDL, 2006).

Obrázek 17: Spirometr Micro DL (Dostupné na: <https://www.dotmed.com/listing/spirometer/micro-direct/micro-dl/1557226>, 2020).



*Vysvětlivky: Na obrázku je spirometr Micro DL (Micro Medical Limited, Rochester, Velká Británie), který jsme použili ke spirometrickému vyšetření pacientů s CHOPN pro účely této rigorózní práce. Do otvoru přístroje je nutné vložit turbínku (zobrazena vedle přístroje), na kterou se následně nasazuje jednorázový kartonový náustek (není k vidění na obrázku). Přístroj je propojen se softwarem, který je vybaven motivační animací, pro zlepšení usilovných manévru.*

### 10.2.1 Postup měření

Spirometr jsme připojili k počítači a spustili jsme software Spida 5. Pro přidání nového pacienta jsme v menu zvolili „add new patient“ a poté zadali jeho pohlaví, jméno, datum narození, váhu a výšku. Pacienta jsme stručně seznámili s průběhem vyšetření a rozdílem mezi klidovým dýcháním a usilovnými manévry. Na přístroj jsme nasadili nový jednorázový náustek a v programu jsme spustili nový test „new examination“. Vyšetření pacienta probíhalo ve stoje. Pro správnost měření vyšetřovaný musel dbát přesně našich pokynů, použít nosní klip, vložit si náustek mezi zuby a obemknout těsně rty. Test byl graficky doprovázen na monitoru počítače. Pokud se zobrazil chlapec a začal pohybovat ústy, pacient mohl začít dýchat do spirometru. Nejprve probíhalo klidové dýchání, následně se pacient po nádechu pokusil o co nejintenzivnější výdech. Měření se zopakovalo ještě jednou, abychom mohli stanovit průměr ze dvou měření. Součástí testu byl grafický záznam, tzv. spirometrické křivky. Na konci testu jsme tyto základní dynamické ventilační parametry a hodnoty výdechových průtoků exportovali do Microsoft Wordu.

## 10.2.2 Měřené parametry

### 10.2.2.1 Usilovně vydechnutý objem za první sekundu - FEV1 [l]

FEV1 je objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1. sekundu po maximálním nádechu.

### 10.2.2.2 Usilovná vitální kapacita – FVC [l]

FVC je maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout. U zdravého jedince je běžně FVC > 0,7 náležité hodnoty.

### 10.2.2.3 Tiffeneauv index - FEV1/FVC [%]

Udává poměr sekundové kapacity k usilovné vitální kapacitě a definuje míru obstrukce u našich pacientů s CHOPN. Pro zdravého jedince je norma 80 % náležité hodnoty.

### 10.2.2.4 Vrcholový výdechový průtok – PEF [l/min]

Vyjadřuje nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu.

### 10.2.2.5 Doba usilovného výdechu (FET – Forced Expiratory Time) [s]

FET vyjadřuje délku usilovného výdechu.

### 10.2.2.6 Usilovné expirační průtoky - FEF (Forced Expiratory Flow) [l/s]

FEF jsou usilovné expirační průtoky na různých úrovních již vydechnuté FVC (25 %, 50 %, 75 %).

### 10.2.2.7 Odhadovaný plicní věk [roky]

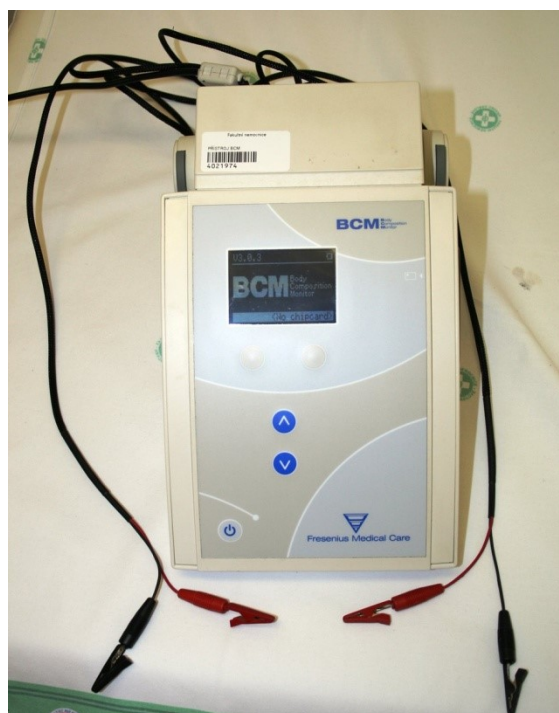
Index podává informaci o tom, jak „staré jsou plíce nemocného“ a pochází původně ze studie Morrise a Temple (1985), jako motivace pro kuřáky při odvykání kouření. Věk je odhadnutý na základě výšky pacienta a jeho naměřené FEV1.

V případě parametrů FEV1, FVC, PEF a FEF25-75 jsme měřením získali jak jejich absolutní hodnoty, tak relativní hodnoty vyjádřené procentuálně ku hodnotám predikovaným. Predikované hodnoty přístroj uvedl na základě zadaného věku, pohlaví, výšky, příp. váhy pacienta. Ostatní parametry jsou uvedeny jako hodnoty absolutní (Micro Medical Limited, 2006).

### 10.3 Metodika měření fázového úhlu

Pro měření fázového úhlu jsme použili metodu bioimpedance (BIA - Bioimpedance Analysis) pomocí přístroje Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care AG & Co., Bad Homburg, Germany) (viz obrázek č. 18). Během BIA prochází vyšetřovaným střídavý proud nízké intenzity (přibližně 800  $\mu\text{A}$ ). Díky střídavému proudu pak dochází k polarizaci buněk, ale vzhledem k nízké intenzitě pacient nepocítuje žádné nepříjemné vjemy ani bolest. Průchod proudu je dán odporem tkání v závislosti na obsahu vody (extra/intracelulární tekutiny).

Obrázek 18: Body Composition Monitor (Dostupné na: <https://portal.faf.cuni.cz/Groups/Clinical-physiology-of-nutrition-and-metabolism/Equipment-and-Methods/?lang=cs-CZ>, 2020).

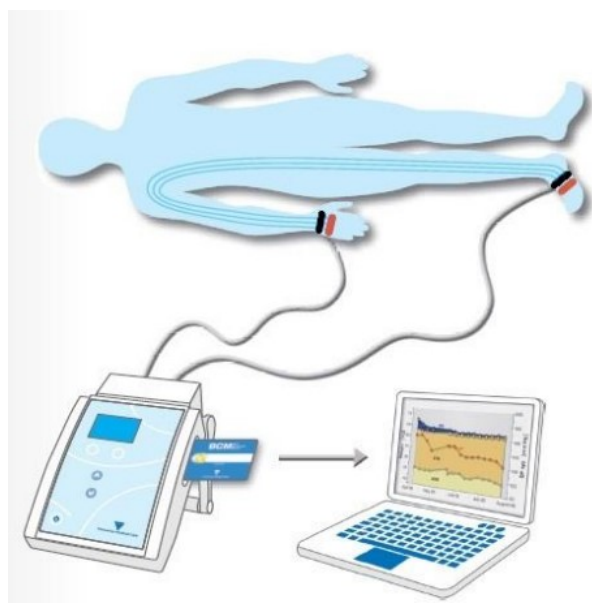


*Vysvětlivky: Na obrázku je zobrazen přístroj Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care AG & Co., Bad Homburg, Germany), který jsme využívali k hodnocení fázového úhlu (PA). K přístroji je nutné připojit elektrody přilepené na končetinách vyšetřovaného pacienta pomocí černé a červené svorky. Přístroj disponuje displejem, díky kterému lze hned po ukončení měření procházet naměřené parametry. Rovněž lze data přenést pomocí karty do počítače a uložit je pro další hodnocení.*

### 10.3.1 Postup měření

Vyšetření probíhalo vleže na lehátku. Pacient byl svlečen do spodního prádla. Ležel tak, aby se jeho dolní končetiny nedotýkaly vnitřní stranou navzájem a horní končetina se nesměla dotýkat trupu. Levou dolní a levou horní končetinu jsme v oblasti nártu a zápěstí odmastili lihobenzínem a následně na tato místa aplikovali lepící elektrodové pásky – proximální elektrodu do ohybu kloubu a distální elektrodu směrem k prstům (viz obrázek č. 19). Zapnuli jsme přístroj, vložili kartu (patient card) a navolili tělesné parametry (výška, váha, věk, pohlaví). Po 2 minutách jsme na elektrodové pásky připojili svorky (červenou na distální; černou na proximální elektrodu). Na obrazovce se zobrazil tzv. Cole - Cole diagram, který znázorňuje ideální model křivky závislosti rezistence na reaktanci při určité frekvenci. Zkontrolovali jsme, že není dotyk mezi dolními končetinami ani kontakt horní končetiny s trupem a spustili jsme měření, které trvalo cca 3 minuty. Po ukončení měření jsme pacientovi sejmuli svorky od elektrod, odlepili elektrody, vyjmuli kartu z přístroje a vypnuli přístroj. Kartu jsme vložili do čtečky a pomocí softwaru „Fluid management tool“ jsme exportovali výsledky do počítače (v menu „card reader“ kliknutím na „import data“). Dále jsme vložili do naší skupiny nového pacienta „create new patient“. Pro zobrazení výsledků konkrétního pacienta jsme v menu „saved measurments“ vybrali „show data“. Pro přenos naměřených dat do našeho excelového souboru jsme zvolili „export with patient data“. Před dalším měřením jsme zkontrolovali, že data byla úspěšně přenesena do počítače a poté jsme zvolili smazání dat z karty „erase chipcard“.

Obrázek 19: Metodika měření BIA (Dostupné v: Bioimpedanční analýza tělesné kompozice, Miloslav Hronek, 2015).



*Vysvětlivky: Na obrázku je zakresleno umístění proximální elektrody (černé) a **distální elektrody (červené)** na horní a dolní končetině. Modré linky znázorňují procházející slabý střídavý proud. BIA měří impedanci, ze které dokáže odvodit další parametry týkající se složení těla včetně PA. Tyto parametry jsou uloženy na kartě v přístroji BCM. Kartu lze následně čtečkou připojit k počítači pro podrobnou analýzu.*

### 10.3.2 Měřené parametry

Bioimpedanční analýzou získáváme detailní informace o složení těla, které jsem již podrobně popsala v diplomové práci (Parametry složení těla v závislosti na stupni metabolismu u pacientů s CHOPN, 2016). Proto zde uvádím pouze výčet těchto parametrů - Převodnění, Extracelulární/Intracelulární tekutina, Tukuprostá tkáň, Bezvodá tuková tkáň, Tuková tkáň, Tělesná buněčná hmota a Odporové veličiny (impedance, reaktance, rezistence). Právě od odporových veličin je odvozen Fázový úhel (PA), jehož hodnoty nás zajímaly pro účel této rigorózní práce.

### 10.3.2.1 Fázový úhel

Jak již bylo uvedeno v teoretické části, tento parametr je vypočten ze dvou odporových veličin – reaktance (tj. kapacitní vlastnost buněčné membrány) a rezistence (tj. odpor těla vzhledem k procházejícímu střídavému proudu). Pro potřebu této studie jsme měřili impedanci při frekvenci 50 kHz, mluvíme pak tedy o fázovém úhlu při 50 kHz [°].

PA si v posledních letech získává pozornost, jelikož se jedná o indikátor kvality jemných tkání a lze jej použít jako ukazatel celkového zdravotního stavu. Hodnoty PA jsou standardně uváděny v rozmezí od 2° - špatná prognóza; do 12° - dobrá prognóza. Fyziologicky mají vyšší hodnoty muži ( $PA > 5^\circ$ ) oproti ženám ( $PA > 4,6^\circ$ ), vzhledem k vyššímu zastoupení svalové tkáně (Hronek M, 2015).

Pro účel této studie jsme pacienty rozdělili do 2 skupin dle hodnoty fázového úhlu (při 50 kHz)  $< 5^\circ$  (nízký PA) a  $\geq 5^\circ$  (normální PA).



## 11 Statistické zpracování dat

U všech sledovaných parametrů bylo provedeno testování normality pomocí D'Agostino-Pearsonova testu. U parametrů s normálním rozdělením jsou výsledky uváděny jako průměr a směrodatná odchylka, u parametrů s vyloučením normálního rozdělení pak jako medián s 1. a 3. kvantilem. Porovnání hodnot parametrů pro 2 skupiny pacientů dle fázového úhlu bylo provedeno pomocí dvouvýběrových testů. U parametrů s normálním rozdělením byl proveden dvouvýběrový t-test, a to buď varianta pro shodné rozptyly nebo neshodné rozptyly (předpoklad shody rozptylů byl ověřován pomocí F-testu). U parametrů s vyloučením normálního rozdělení byl použit Mann-Whitneyho test. Zvolená hladina významnosti statistických testů byla 5 % ( $p \leq 0,05$ ). Statistické hodnocení bylo provedeno pomocí programu GraphPad Prism (version 9.0.2). Grafy a tabulky byly vytvořeny pomocí Microsoft Excel 2007.

## 12 Výsledky

### 12.1 Charakteristika hodnocených skupin

Naší studie se zúčastnilo celkem 50 pacientů s CHOPN (38 mužů a 12 žen). Průměrný věk nemocných byl  $66 \pm 7$  let (nejmladší měl věk 53 a nejstarší 83 let). Skupinu s nízkou hodnotou PA (tj.  $PA < 5^\circ$ ) tvořilo 17 osob (11 mužů a 6 žen), skupinu s normální hodnotou PA (tj.  $PA \geq 5^\circ$ ) pak 33 osob (27 mužů a 6 žen). Skupinu žen jsme vzhledem k nízkému zastoupení zvlášť statisticky nehodnotili.

Základní charakteristika jednotlivých skupin je shrnuta v tabulce č. 5. Z výsledků vyplývá, že průměrný věk skupiny s nízkým PA byl významně vyšší a průměrná hmotnost a hodnota BMI nižší, ve srovnání se skupinou s normálním PA. Průměrná hodnota BMI odpovídala ve skupině s nízkým PA kategorii nadváhy (tj. rozmezí 25,0 – 29,9), zatímco ve skupině s normálním PA spadala do kategorie obezity I. stupně (tj. rozmezí 30,0 – 34,9). U mužské podskupiny s nízkým PA byl také zaznamenán významně vyšší průměrný věk, ve srovnání se skupinou s normálním PA. V případě hmotnosti a BMI byla zjištěna u této podskupiny pouze tendence nižších hodnot.

Tabulka 5: Základní charakteristika

Skupina	Věk [roky]	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	72 ± 8 **	170 ± 6	72,8 ± 20,8 *	25,1 ± 6,0 *
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	63 ± 5	171 ± 9	89,5 ± 17,1	30,5 ± 5,1
<b>Muži:</b> PA < 5°	71 ± 9 *	172 ± 6	82,5 ± 18,7	27,6 ± 5,6
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	63 ± 5	174 ± 7	92,8 ± 15,7	30,6 ± 5,0

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD.

Vysvětlivky: PA – fázový úhel, BMI – index tělesné hmotnosti; \* nepárový t-test se shodným rozptylem PA < 5° vs. PA ≥ 5° ( $p \leq 0,05$ ); \*\* nepárový t – test s rozdílným rozptylem PA < 5° vs. PA ≥ 5° ( $p \leq 0,05$ ).

## 12.2 Dynamometrické parametry

### 12.2.1 Maximální síla stisku ruky

Hodnota maximální síly stisku ruky byla asi o 20 % nižší jak v celkové skupině, tak podskupině mužů s nízkým PA, oproti skupině s normální hodnotou PA (viz tabulka č. 6). Podobný výsledek byl zjištěn i po přepočtu na výšku. Při přepočtu na množství FFM byla významně nižší hodnota pouze v podskupině mužů s nízkým PA. Při přepočtu na hmotnost rozdíl mezi skupinami prakticky zcela vymizely.

Tabulka 6: Maximální síla stisku ruky

Skupina	Maximální síla [N]	Maximální síla [N/kg]	Maximální síla [N/kg FFM]	Maximální síla [N/cm]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	271 ± 64 *	3,9 ± 1,1	5,2 ± 1,3	1,6 ± 0,4 *
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	350 ± 86	4,0 ± 1,1	6,0 ± 1,4	2,0 ± 0,5
<b>Muži:</b> PA < 5°	297 ± 59 *	3,8 ± 1,1	4,8 ± 1,3 *	1,7 ± 0,3 *
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	373 ± 76	4,1 ± 1,1	6,1 ± 1,4	2,1 ± 0,4

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD.

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FFM – množství netučné tkáně; \* nepárový t - test se shodným rozptylem PA < 5° vs. PA ≥ 5° ( $p \leq 0,05$ ).

### 12.2.2 Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot

Klasifikaci pacientů dle referenčních hodnot pro maximální sílu stisku ruky znázorňují grafy č. 1 a č. 2. Nebyl prokázán významný rozdíl v zastoupení podprůměrných, průměrných a nadprůměrných hodnot síly stisku ruky mezi sledovanými skupinami. Přesto je v grafech patrný trend vyššího podílu průměrných a nižšího podílu nadprůměrných hodnot v celkové skupině i mužské podskupině pacientů s nízkým PA ve srovnání se skupinou s normální hodnotou PA.

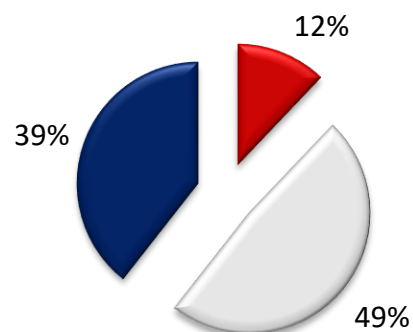
Graf 1: Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot pro skupinu celkem

**Celkem s PA < 5°:  
Maximální síla - třída**



- Podprůměrný výsledek (n = 2)
- Průměrný výsledek (n = 12)
- Nadprůměrný výsledek (n = 3)

**Celkem s PA ≥ 5°:  
Maximální síla - třída**

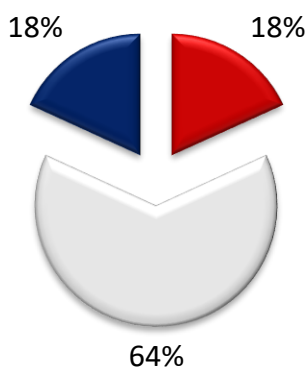


- Podprůměrný výsledek (n = 4)
- Průměrný výsledek (n = 16)
- Nadprůměrný výsledek (n = 13)

Vysvětlivky: PA – fázový úhel.

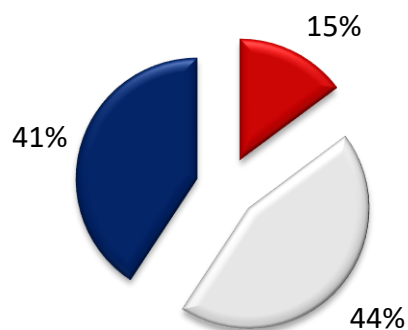
Graf 2: Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot pro skupinu muži

**Muži s PA < 5°:  
Maximální síla - třída**



- Podprůměrný výsledek (n = 2)
- Průměrný výsledek (n = 7)
- Nadprůměrný výsledek (n = 2)

**Muži s PA ≥ 5°:  
Maximální síla - třída**



- Podprůměrný výsledek (n = 4)
- Průměrný výsledek (n = 12)
- Nadprůměrný výsledek (n = 11)

Vysvětlivky: PA – fázový úhel.

### 12.2.3 Test vytrvalosti

Hodnoty parametrů popisující délku testu vytrvalosti, tedy celkový a cílový čas, se mezi skupinami významně nelišily (viz tabulka č. 7). Poměr cílového a celkového času, tedy cílový čas vyjádřený v procentech, byl u celkové skupiny i mužské podskupiny s nízkým PA asi o 5 % nižší než u skupiny s normálním PA.

Tabulka 7: Test vytrvalosti

Skupina	Celkový čas [s]	Cílový čas [s]	Cílový čas [%]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	102 ± 40	93 ± 34	92 (86; 96) ***
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	92 ± 29	86 ± 27	97 (92; 99)
<b>Muži:</b> PA < 5°	98 ± 28	90 ± 25	94 (88; 97) ***
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	87 ± 25	83 ± 23	98 (92; 99)

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD. V případě cílového času v procentech jako medián (25% percentil; 75% percentil).

Vysvětlivky: PA - fázový úhel; \*\*\* Mann - Whitney test PA < 5° vs. PA ≥ 5° ( $p \leq 0,05$ ).

### 12.2.4 Plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase

Absolutní hodnota plochy pod křivkou závislosti síly stisku na čase se mezi skupinami významně nelišila, i když byl patrný trend nižších hodnot u skupiny s nízkým PA (viz tabulka č. 8). Ani přepočítání na hmotnost a množství FFM neprokázalo rozdíly mezi skupinami. Pouze při přepočtu na výšku jsme zjistili asi o 15 % nižší hodnoty u skupiny s nízkým PA (statisticky významný rozdíl prokázán pouze u celkové skupiny).

Tabulka 8: Plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase

Skupina	AUC	AUC [kg <sup>-1</sup> ]	AUC [kg <sup>-1</sup> FFM]	AUC [cm <sup>-1</sup> ]
<b>Celkem:</b> <b>PA &lt; 5°</b>	11791 (11017; 15765)	183 ± 65	244 ± 78	71 (67; 89) ***
<b>Celkem:</b> <b>PA ≥ 5°</b>	14832 (13010; 16733)	175 ± 60	255 ± 86	85 (73; 101)
<b>Muži:</b> <b>PA &lt; 5°</b>	11791 (11253; 15982)	172 ± 53	225 ± 55	71 (67; 89)
<b>Muži:</b> <b>PA ≥ 5°</b>	14291 (13417; 16855)	171 ± 56	243 ± 73	85 (74; 100)

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD v případě AUC [kg<sup>-1</sup>] a AUC [kg<sup>-1</sup> FFM] nebo jako medián (25% percentil; 75% percentil) v případě AUC a AUC [cm<sup>-1</sup>].

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FFM – množství netučné tkáně; AUC – celková plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase (číselné vyjádření vytrvalosti). \*\*\* Mann - Whitney test PA < 5° vs. PA ≥ 5° (p ≤ 0,05).

## 12.3 Spirometrické parametry

### 12.3.1 Hodnoty FEV<sub>1</sub>, FVC a FEV<sub>1</sub>/FVC

Základní dynamické parametry spirometrického vyšetření – tj. FEV<sub>1</sub>, FVC a tzv. Tiffeneauův index (FEV<sub>1</sub>/FVC) jsou shrnuty v tabulce č. 9. Výsledky mezi skupinami se v důsledku vysoké variability dat významně nelišily, a to ani v případě absolutních hodnot (tj. FEV<sub>1</sub>, FVC uvedených v litrech a procentuálního poměru FEV<sub>1</sub>/FVC) ani v případě hodnot predikovaných, vyjádřených vůči predikovaným hodnotám (tj. FEV<sub>1</sub> a FVC vyjádřených procentuálně). Avšak u absolutních hodnot FEV<sub>1</sub> a FVC jsme mohli pozorovat trend zvýšených hodnot (asi o 20 – 25 %) u skupin s normálním PA oproti skupinám s nízkým PA. Průměrné hodnoty FEV<sub>1</sub>/FVC potvrzují přítomnost bronchiální obstrukce u všech našich hodnocených skupin.

Tabulka 9: Hodnoty FEV<sub>1</sub>, FVC a FEV<sub>1</sub>/FVC

Skupina	FEV <sub>1</sub> [l]	FVC [l]	FEV <sub>1</sub> /FVC [%]	FEV <sub>1</sub> [%]	FVC [%]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	1,32 ± 0,66	2,69 ± 0,96	48 ± 13	47 ± 18	77 ± 20
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	1,73 ± 0,69	3,12 ± 0,97	55 ± 13	57 ± 20	81 ± 23
<b>Muži:</b> PA < 5°	1,49 ± 0,70	2,94 ± 0,99	49 ± 14	51 ± 21	77 ± 20
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	1,88 ± 0,67	3,35 ± 0,92	55 ± 13	59 ± 20	80 ± 23

*Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD.*

*Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FEV<sub>1</sub> – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; FVC – usilovná vitální kapacita; FEV<sub>1</sub>/FVC – Tiffeneauův index.*



### 12.3.2 Hodnoty PEF a FET

V tabulce č. 10 jsou uvedeny absolutní průměrné hodnoty PEF, relativní PEF a střední hodnoty FET u našich skupin. Ačkoliv byl u parametru PEF [l/min] patrný zvýšený trend rychlosti o 12 – 17 % u skupin s normálním PA, rozdíly mezi testovanými skupinami nebyly vyhodnoceny jako statisticky významné. Významně rozdílné mezi skupinami nebyly ani hodnoty FET.

Tabulka 10: Hodnoty PEF a FET

Skupina	PEF [l/min]	PEF [%]	FET [s]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	232 ± 121	52 ± 25	9 (7; 13)
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	280 ± 112	58 ± 23	8 (7; 11)
<b>Muži:</b> PA < 5°	268 ± 129	58 ± 28	11 (7; 13)
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	305 ± 109	60 ± 24	8 (7; 11)

*Výsledky pro PEF jsou uvedeny jako průměr ± SD, v případě FET jako medián (25% percentil; 75% percentil).*

*Vysvětlivky: PA – fázový úhel; PEF – vrcholový výdechový průtok; FET – doba usilovného výdechu.*

### 12.3.3 Hodnoty FEF

Střední hodnoty FEF na různých úrovních již vydechnuté FVC jsou shrnuté v tabulce č. 11. Zatímco v podskupině mužů nebyl nalezen žádný významný rozdíl v naměřených parametrech, ve skupině celkem jsme pozorovali asi o 35 % vyšší výsledky v případě parametru FEF50 a FEF75 u vyšetřených s normálním PA oproti pacientům s nízkým PA. Hodnoty FEF25 a FEF25-75 se již ve skupině celkem významně nelišily, ale trend vyšších hodnot u vyšetřených s normálním PA je patrný i u těchto parametrů.

Tabulka 11: Absolutní hodnoty FEF

Skupina	FEF25 [l/s]	FEF50 [l/s]	FEF75 [l/s]	FEF25-75 [l/s]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	1,31 (0,61; 2,15)	0,61 (0,32; 0,87) ***	0,25 (0,13; 0,33) ***	0,55 (0,28; 0,80)
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	1,98 (1,04; 2,99)	0,92 (0,65; 1,67)	0,38 (0,22; 0,53)	0,76 (0,50; 1,20)
<b>Muži:</b> PA < 5°	1,72 (0,67; 3,74)	0,83 (0,31; 1,01)	0,27 (0,14; 0,39)	0,72 (0,29; 0,83)
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	2,07 (1,18; 3,27)	1,00 (0,69; 1,72)	0,39 (0,23; 0,54)	0,79 (0,56; 1,20)

Výsledky jsou uvedeny jako medián (25% percentil; 75% percentil).

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FEF25 – usilovný expirační průtok na úrovni 25 % vydechnuté FVC; FEF50 – usilovný expirační průtok na úrovni 50 % vydechnuté FVC; FEF75 – usilovný expirační průtok na úrovni 75 % vydechnuté FVC; FEF25-75 – usilovný expirační průtok ve střední polovině FVC. \*\*\* Mann - Whitney test PA < 5° vs. PA ≥ 5° ( $p \leq 0,05$ ).

Relativní hodnoty FEF vyjádřené v procentech predikované hodnoty se ani u skupiny celkem ani u podskupiny mužů významně nelišily (viz tabulka č. 12).

Tabulka 12: Relativní hodnoty FEF predikované

Skupina	FEF25 [%]	FEF50 [%]	FEF75 [%]	FEF25-75 [%]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	21 (11; 33)	17 (9; 21)	20 (14; 24)	20 (10; 27)
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	27 (16; 40)	21 (15; 40)	22 (14; 32)	23 (16; 37)
<b>Muži:</b> PA < 5°	24 (10; 48)	19 (8; 26)	20 (14; 24)	23 (11; 30)
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	27 (16; 42)	23 (16; 42)	22 (16; 33)	24 (17; 38)

Výsledky jsou uvedeny jako medián (25% percentil; 75% percentil).

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FEF25 – usilovný expirační průtok na úrovni 25 % vydechnuté FVC; FEF50 – usilovný expirační průtok na úrovni 50 % vydechnuté FVC; FEF75 – usilovný expirační průtok na úrovni 75 % vydechnuté FVC; FEF25-75 – usilovný expirační průtok ve střední polovině FVC.

### 12.3.4 Odhadovaný plicní věk

Jak ukazuje tabulka č. 13, odhadovaný věk plic pacientů byl o 2 roky nižší u skupiny celkem i u podskupiny muži s normální PA oproti skupinám s nízkým PA. Tento rozdíl byl statisticky významný.

Tabulka 13: Odhadovaný plicní věk

Skupina	Odhadovaný plicní věk [roky]
<b>Celkem:</b> PA < 5°	90 (90; 90) ***
<b>Celkem:</b> PA ≥ 5°	88 (49; 90)
<b>Muži:</b> PA < 5°	90 (90; 90) ***
<b>Muži:</b> PA ≥ 5°	88 (74; 90)

*Výsledky jsou uvedeny jako medián (25% percentil; 75% percentil).*

*Vysvětlivky: PA – fázový úhel. \*\*\* Mann - Whitney test PA < 5° vs. PA ≥ 5° (p ≤ 0,05).*

## 12.4 Korelace

Součástí experimentální části této rigorózní práce je také hodnocení asociací mezi hodnotami PA a výsledky dynamometrického a spirometrického měření zvlášť pro skupinu celkem a podskupinu muži.

### 12.4.1 Korelace fázového úhlu s dynamometrií

Korelační test prokázal významnou pozitivní asociaci PA a maximální síly u skupiny celkem i podskupiny muži. Asociace zůstala významná i po přepočtu na množství FFM a výšku, ale ne po přepočtu na hmotnost. Pozitivní asociace s PA byla zjištěna i u cílového času vyjádřeného v procentech, tedy poměru cílového a celkového času. Pouze v podskupině celkem byla sledována pozitivní asociace PA s plochou pod křivkou závislosti síly stisku na čase. Významná zůstala tato asociace pouze při přepočtu na výšku, ale ne při přepočtu na hmotnost a množství FFM (viz tabulka č. 14).

Tabulka 14: Korelace PA a dynamometrických parametrů

Závislost PA s:	Celkem		Muži	
	Hodnota R	Hodnota P	Hodnota R	Hodnota P
Maximální síla [N]	<b>0,581<sup>P</sup></b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,569<sup>P</sup></b>	<b>&lt; 0,001</b>
Maximální síla [N/kg]	0,196 <sup>P</sup>	0,173	0,244 <sup>P</sup>	0,139
Maximální síla [N/kg FFM]	<b>0,361<sup>P</sup></b>	<b>0,010</b>	<b>0,429<sup>P</sup></b>	<b>0,007</b>
Maximální síla [N/cm]	<b>0,596<sup>P</sup></b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,564<sup>P</sup></b>	<b>&lt; 0,001</b>
Cílový čas [%]	<b>0,335<sup>S</sup></b>	<b>0,017</b>	<b>0,345<sup>S</sup></b>	<b>0,034</b>
AUC	<b>0,328<sup>S</sup></b>	<b>0,020</b>	0,293 <sup>S</sup>	0,074
AUC [kg <sup>-1</sup> ]	-0,016 <sup>P</sup>	0,910	0,057 <sup>P</sup>	0,733
AUC [kg <sup>-1</sup> FFM]	0,073 <sup>P</sup>	0,613	0,156 <sup>P</sup>	0,349
AUC [cm <sup>-1</sup> ]	<b>0,331<sup>S</sup></b>	<b>0,019</b>	0,283 <sup>S</sup>	0,085

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FFM – množství netučné tkáně; AUC – celková plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase (číselné vyjádření vytrvalosti); Hodnota R – hodnota korelačního koeficientu; Hodnota P – hladina významnosti; <sup>P</sup> – Pearsonův korelační koeficient; <sup>S</sup> – Spearmanův korelační koeficient. Statisticky významné korelace PA s daným parametrem jsou označeny tmavě červeným ztučněným písmem hodnot.

#### 12.4.2 Korelace fázového úhlu se spirometrií

Při hodnocení korelace PA a absolutních hodnot spirometrických parametrů byla prokázána pozitivní závislost u obou skupin v případě FEV1, FVC, FEF50, FEF75 a FEF25-75. V případě absolutní hodnoty FEF25 se pozitivní asociace s PA prokázala pouze u skupiny celkem. Naopak negativní asociace v obou skupinách byla zjištěna mezi hodnotami odhadovaného plicního věku a PA. Z relativních hodnot spirometrických parametrů (vyjádřených v procentech) byly u obou skupin pozitivně asociovány s PA pouze hodnoty FEV1 [%]. Ve skupině celkem pozitivně korelovaly s PA také relativní hodnoty FVC, FEF25 a FEF50 (viz tabulka č. 15). U absolutních i relativních hodnot PEF, parametru FET a indexu FEV1/FVC nebyla prokázána žádná statisticky významná závislost na PA, proto nejsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 15: Korelace PA a spirometrických parametrů

Závislost PA s:	Celkem		Muži	
	Hodnota R	Hodnota P	Hodnota R	Hodnota P
FEV1 [l]	<b>0,465<sup>P</sup></b>	<b>0,001</b>	<b>0,432<sup>P</sup></b>	<b>0,007</b>
FVC [l]	<b>0,454<sup>P</sup></b>	<b>0,001</b>	<b>0,416<sup>P</sup></b>	<b>0,009</b>
FEF25 [l/s]	<b>0,321<sup>P</sup></b>	<b>0,025</b>	0,278 <sup>P</sup>	0,091
FEF50 [l/s]	<b>0,400<sup>S</sup></b>	<b>0,004</b>	<b>0,384<sup>S</sup></b>	<b>0,017</b>
FEF75 [l/s]	<b>0,340<sup>S</sup></b>	<b>0,017</b>	<b>0,366<sup>S</sup></b>	<b>0,024</b>
FEF25-75 [l/s]	<b>0,359<sup>S</sup></b>	<b>0,011</b>	<b>0,348<sup>S</sup></b>	<b>0,032</b>
Odhadovaný plicní věk [roky]	<b>-0,360<sup>S</sup></b>	<b>0,011</b>	<b>-0,386<sup>S</sup></b>	<b>0,017</b>
FEV1 [%]	<b>0,433<sup>P</sup></b>	<b>0,002</b>	<b>0,385<sup>P</sup></b>	<b>0,017</b>
FVC [%]	<b>0,283<sup>P</sup></b>	<b>0,048</b>	0,236 <sup>P</sup>	0,153
FEF25 [%]	<b>0,291<sup>P</sup></b>	<b>0,042</b>	0,257 <sup>P</sup>	0,119
FEF50 [%]	<b>0,340<sup>S</sup></b>	<b>0,017</b>	0,304 <sup>S</sup>	0,063

Vysvětlivky: PA – fázový úhel; FEV1 – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; FVC – usilovná vitální kapacita; FEF25 – usilovný expirační průtok na úrovni 25 % vydechnuté FVC; FEF50 – usilovný expirační průtok na úrovni 50 % vydechnuté FVC; FEF75 – usilovný expirační průtok na úrovni 75 % vydechnuté FVC; FEF25-75 – usilovný expirační průtok ve střední polovině FVC; Hodnota R – hodnota korelačního koeficientu; Hodnota P – hladina významnosti; <sup>P</sup> – Pearsonův korelační koeficient; <sup>S</sup> – Spearmanův korelační koeficient. Statisticky významné korelace PA s daným parametrem jsou označeny tmavě červeným ztučněným písmem hodnot.



## 13 Diskuze

Z dostupných odborných publikací vyplývá, že je PA platným ukazatelem závažnosti onemocnění a prognózy u pacientů s CHOPN. Nejčastěji je PA asociován s věkem, pohlavím, BMI a je popisována souvislost nízkých hodnot PA s podvýživou a negativní prognózou nemocného. V naší studii jsme zjistili významně nižší hodnoty tělesné hmotnosti a BMI u skupin celkem s nízkým PA oproti skupině s normálním PA. Potvrdilo se, že pacienti jsou v celkové skupině a podskupině mužů s nízkým PA významně starší, než pacienti ze skupin s normálním PA. Tato obecná charakteristika našich skupin pacientů s CHOPN je tedy v souladu s výsledky světových studií (Maddocks a kol., 2015; Jansen a kol., 2019; Bosy-Westphal a kol., 2006; Kumar a kol., 2012; Ferreira a kol., 2017).

Studie Reis a kol. (2019) prokázala, že PA lze v klinické praxi využít jako prediktor svalové síly u pacientů s onemocněním ledvin. Další studie doporučuje s výhodou využít metodu měření PA k určení množství svalové hmoty a síly přímo u pacientů s CHOPN namísto stanovení množství tělesné FFM (Blasio a kol., 2016). Engelen a kol. (2000) se mimo jiné věnovali ve své práci hodnocení svalové síly ručním dynamometrem a přepočtu síly na hmotnost FFM u pacientů s CHOPN vs. zdravých jedinců. Prokázali statisticky významně nižší hodnoty síly v případě pacientů s CHOPN, ale nebyla potvrzena závislost svalové síly na míře obstrukce. V naší skupině celkem a skupině muži s normálním PA byla prokázána významná pozitivní korelace PA s absolutní hodnotou maximální svalové síly stisku ruky a jejím přepočtem na tělesnou výšku i množství FFM. U skupin s normální hodnotou PA byly hodnoty těchto dynamometrických parametrů naměřeny přibližně o 20 % vyšší oproti skupinám s nízkým PA. V testu vytrvalosti byly naměřeny o 5 % vyšší hodnoty u skupin celkem i muži s normálním PA na rozdíl od skupin s nízkým PA. Pozitivní korelaci PA jsme pozorovali i v případě dynamometrického parametru AUC a jeho přepočtu na výšku u skupiny celkem. Normální hodnota PA se nám tedy jeví jako vhodný indikátor k posouzení dobré periferní svalové síly i funkce svalů, které mají významný vliv na celkovou slabost u pacientů s CHOPN a kvalitu jejich každodenního života (Bernard a kol., 1998).

Vztahem mezi PA a spirometrickými výsledky se dosud mnoho studií nezabývalo. Studie Zanella a kol. (2020) potvrdila slabou korelaci PA s FVC a FEV1 u

nemocných s CHOPN a plicní hypertenzí a navrhuje tak sledovat PA u pacientů s plicním onemocněním. V naší studii jsme rovněž porovnávali rozdíly ve výsledcích spirometrie mezi skupinami s normálním a nízkým PA. U skupiny celkem s normálním PA se významně lišily pouze hodnoty FEF50 a FEF75 a to o 35 % oproti skupině celkem s nízkým PA. Negativní korelace věku a PA je již dobře známa a běžně uváděna v řadě odborných publikací. Analogicky se v této studii potvrdil významný rozdíl mezi skupinami také v odhadovaném plicním věku. Ten byl u obou skupin celkem i muži s normálním PA o 2 roky nižší než u skupin s nízkým PA (Barbosa-Silva a kol., 2005; Bosy-Westphal a kol., 2006; Gonzalez a kol., 2016). Ostatní spirometrické absolutní, příp. jejich relativní hodnoty uvedené v procentech (FEV1, FVC, FEV1/FVC, PEF, FET, FEF25, FEF25-75) nebyly významně rozdílné, ačkoliv byla ve většině případů opakovaně zřetelná tendence vyšších hodnot v případě skupin s normálním PA. Domníváme se, že příčinou statisticky nevýznamných rozdílů mezi skupinami by mohla být vysoká variabilita těchto dat. Tomu by i odpovídal fakt, že byly přesto zjištěny významné pozitivní korelace mezi PA a řadou těchto dynamických parametrů - FEV1, FVC, FEF50, FEF75, FEF25-75, FEV1 [%] ve skupině celkem i muži a dále ve skupině celkem i FEF25, FVC [%], FEF25 [%], FEF50 [%]. Ačkoliv jsme tedy neprokázali přímou souvislost mezi PA a mírou obstrukce (FEV1/FVC), pozorovali jsme jistou asociaci nízkého stupně PA s omezeným prouděním vzduchu v dýchacích cestách a celkovou závažností CHOPN (stupněm CHOPN dle GOLD).

Na základě výsledků naší práce se potvrzuje přínos sledování PA u pacientů s CHOPN, jakožto cenného ukazatele dysfunkce periferního kosterního svalstva, jež je klíčovým systémovým důsledkem CHOPN a má významný dopad na snížení fyzické tolerance a kvalitu života pacientů s CHOPN. PA lze aplikovat zároveň i pro posouzení dušnosti nemocného, ale nelze jím nahradit spirometrické vyšetření. Význam BIA a konkrétně tedy stanovení PA v rutinní péči u pacientů s CHOPN by měl být zdůrazněn pro vědecké pracovníky i klinické lékaře, jelikož se jedná o jednoduchou, časově nenáročnou a cenově přijatelnou metodu, která může vést k lepšímu pochopení klinických důsledků dysfunkce svalů končetin a včasnému zařazení rehabilitace do strategie specifické léčby tohoto onemocnění (Maltais a kol., 2014; Jansen a kol., 2019).

## 14 Závěr

Z výsledků naší práce vyplývá, že skupina pacientů s CHOPN s nízkými hodnotami PA ( $PA < 5^\circ$ ) má ve srovnání se skupinou s normálními hodnotami PA ( $PA \geq 5^\circ$ ):

- o 9 let vyšší věk
- o 18 % nižší hmotnost a hodnotu BMI
- o 20 % nižší maximální sílu stisku ruky
- o 5 % nižší poměr cílového a celkového času v testu vytrvalosti
- o 30 % nižší hodnoty plochy pod křivkou závislosti síly stisku na čase při přepočtu na výšku pacienta
- o 35 % nižší hodnoty FEF50 a FEF75
- o 2 roky vyšší odhadovaný plicní věk

Korelační test prokázal:

- pozitivní asociaci PA s maximální silou stisku ruky, poměrem cílového a celkového času v testu vytrvalosti a celkovou plochou pod křivkou závislosti síly stisku na čase
- pozitivní asociaci PA s absolutními hodnotami FEV1, FVC, FEF25, FEF50, FEF75 a FEF25-75
- pozitivní asociaci PA s relativními hodnotami FEV1, FVC, FEF25 a FEF50
- negativní asociaci PA s odhadovaným plicním věkem.

## Seznam zkratek

Zkratka	Anglický název	Český název
<b>A1AT</b>	Alpha-1-antitrypsin	Alfa-1-antitrypsin
<b>AIDS</b>	Acquired Immune Deficiency Syndrome	Syndrom získaného selhání imunity
<b>ATS/ERS</b>	American Thoracic Society/ European Respiratory Society	Americká hrudní společnost/ Evropská respirační společnost
<b>AUC</b>	Area Under The Curve	Plocha pod křivkou
<b>BCM</b>	Body Composition Monitor	x
<b>BDT</b>	Bronchodilator Test	Bronchodilatační test
<b>BEV</b>	Back Extrapolated Volume	Zpětně extrapolovaný objem
<b>BI</b>	Barthel Index	Index Barthelové
<b>BIA</b>	Bioimpedance Analysis	Bioimpedanční analýza
<b>BMI</b>	Body Mass Index	Index tělesné hmoty
<b>CAS</b>	Clinical Analysis Software	x
<b>Df</b>	Respiratory Rate	Dechová frekvence
<b>EC</b>	Expiratory Capacity	Expirační kapacita
<b>EOFE</b>	End Of Forced Expiration	Konec manévru nuceného výdechu
<b>ERS</b>	The European Respiratory Society	Evropská respirační společnost
<b>ERV</b>	Expiratory Reserve Volume	Expirační rezervní objem
<b>EV</b>	(Back) Extrapolated Volume	(Zpětně) extrapolovaný objem
<b>EVC</b>	Expiratory Vital Capacity	Vitální kapacita výdechu
<b>FEF</b>	Forced Expiratory Flow	Usilovné expirační průtoky
<b>FET</b>	Forced Expiratory Time	Doba usilovného výdechu
<b>FEV1</b>	Forced Expiratory Volume In One Second	Usilovně vydechnutý objem za první sekundu/ Jednosekundová vitální kapacita
<b>FEV1/FVC</b>	Tiffeneau index	Poměr sekundové kapacity k usilovné vitální kapacitě (Tiffeneauv index)

<b>FFM</b>	Fat Free Mass	Tukuprostá hmota/ netučná tkáň
<b>FIM</b>	Functional independence measure	Funkční míra nezávislosti
<b>FM</b>	Fat Mass	Tuková hmota
<b>FRC</b>	Functional Residual Capacity	Funkční reziduální kapacita
<b>FVC</b>	Forced Vital Capacity	Usilovná vitální kapacita
<b>GLI</b>	Global Lung Initiative	Globální plicní iniciativa
<b>GOLD</b>	Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease	Globální iniciativa pro chronickou obstrukční plicní nemoc
<b>CHOPN</b>	Chronic Obstructive Pulmonary Disease	Chronická obstrukční plicní nemoc
<b>IC</b>	Inspiratory Capacity	Inspirační kapacita
<b>ILD</b>	Interstitial Lung Disease	Intersticiální plicní nemoc
<b>Imax</b>	Maximal Current	Maximum elektrického proudu
<b>IRV</b>	Inspiratory Reserve Volume	Inspirační rezervní objem
<b>IVC</b>	Inspiratory Vital Capacity	Vitální kapacita nádechu
<b>kHz</b>	Kilohertz	Kilohertz
<b>LABA</b>	Long Acting Beta-2-Agonists	Dlouhodobě působící beta-2-agonisté
<b>LAMA</b>	Long Acting Muscarinic Antagonists	Dlouhodobě působící antagonisté muskarinových receptorů
<b>MEF</b>	Maximum Expiratory Flow	Maximální výdechový průtok
<b>MV</b>	Minute Ventilation	Minutová ventilace
<b>MVV</b>	Maximal Voluntary Ventilation	Maximální minutová (volní) ventilace
<b>n.h.</b>	x	Náležitá hodnota
<b>p</b>	x	Hladina významnosti statistických testů
<b>PA</b>	Phase Angle	Fázový úhel
<b>PDE4</b>	Phosphodiesterase-4	Fosfodiesteráza 4
<b>PEF</b>	Peak Expiratory Flow	Maximální výdechová rychlost/průtok
<b>PIF</b>	Peak Inspiratory Flow	Maximální nádechový průtok

<b>Re</b>	Resistance	Rezistence
<b>Ri</b>	Reactance	Reaktance
<b>RV</b>	Residual Volume	Reziduální objem
<b>SD</b>	Standard Deviation	Směrodatná odchylka
<b>SVC</b>	Slow Vital Capacity	Klidová vitální kapacita
<b>TLC</b>	Total Lung Capacity	Celková plicní kapacita
<b>Umax</b>	Maximal Voltage	Maximální elektrické napětí
<b>VC</b>	Vital Capacity	Vitální kapacita plic
<b>VCmax</b>	Maximal Vital Capacity	Maximální vitální kapacita plic
<b>VD</b>	Deadspace Volume	Anatomický mrtvý dechový prostor
<b>VT</b>	Tidal Volume	Dechový objem
<b>Z</b>	Impedance	Impedance

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Patofyziologie CHOPN.....	13
Obrázek 2: Statické parametry.....	19
Obrázek 3: Křivka závislosti objemu na čase.....	23
Obrázek 4: Patologická křivka závislosti objemu na čase.....	24
Obrázek 5: Křivka závislosti průtoku na objemu.....	25
Obrázek 6: Patologická křivka závislosti průtoku na objemu.....	26
Obrázek 7: Zpětně extrapolovaný objem.....	28
Obrázek 8: Příklady artefaktů na křivce průtok/objem.....	30
Obrázek 9: Zjednodušený algoritmus pro diferenciální diagnostiku pomocí spirometrie .....	35
Obrázek 10: Příklad ručního dynamometru.....	38
Obrázek 11: Formy svalové kontrakce.....	41
Obrázek 12: Zjednodušený princip svalového testu.....	43
Obrázek 13: Znázornění fázového úhlu.....	45
Obrázek 14: Fázový úhel u poškozené vs. zdravé buňky.....	46
Obrázek 15: Indikace plicní rehabilitace u pacientů s CHOPN.....	51
Obrázek 16: Pinch Grip digitální analyzátor.....	55
Obrázek 17: Spirometr Micro DL.....	58
Obrázek 18: Body Composition Monitor.....	61
Obrázek 19: Metodika měření BIA.....	63

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučená farmakoterapie dle fenotypu v České republice.....	15
Tabulka 2: Stupně CHOPN dle výsledné FEV1 .....	21
Tabulka 3: Maximální síla stisku pravé ruky a levé ruky (N) u průměrné populace .....	40
Tabulka 4: Hodnoty a klasifikace PA .....	48
Tabulka 5: Základní charakteristika .....	67
Tabulka 6: Maximální síla stisku ruky .....	68
Tabulka 7: Test vytrvalosti .....	70
Tabulka 8: Plocha pod křivkou závislosti síly stisku na čase .....	71
Tabulka 9: Hodnoty FEV, FVC a FEV1/FVC.....	72
Tabulka 10: Hodnoty PEF a FET .....	73
Tabulka 11: Absolutní hodnoty FEF .....	74
Tabulka 12: Relativní hodnoty FEF predikované.....	75
Tabulka 13: Odhadovaný plicní věk.....	76
Tabulka 14: Korelace PA a dynamometrických parametrů.....	78
Tabulka 15: Korelace PA a spirometrických parametrů.....	80



## **Seznam grafů**

Graf 1: Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot pro skupinu celkem ..... 69

Graf 2: Maximální síla – klasifikace dle referenčních hodnot pro skupinu muži ..... 69

## Literární zdroje

- 1) Agustí A, Celli BR, Chen R, Criner G, Frith P, Halpin D, López Varela MV, Nishimura M, Vogelmeier C, Anzueto A, Barnes P, Bourbeau J, Martinez FJ, Roche N, Sin D, Sinegh D, Stockley R, Vestbo J, Wedzicha JA, Decker R. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc. Pocket guide to copd diagnosis, management, and preventiv. A Guide for Health Care Professionals. [Online]. 2018 [Citace: 10. únor, 2020]. Dostupné na: <https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2018/02/WMS-GOLD-2018-Feb-Final-to-print-v2.pdf>.
- 2) American Lung Association. Nutrition and COPD. 2020. [Online]. [Citace: 8. srpen, 2020]. Dostupné na: <https://www.lung.org/lung-health-diseases/lung-disease-lookup/copd/living-with-copd/nutrition>.
- 3) Anaesthesia. Ventilation, Ventilators And Humidfication. [Online]. 2018 [Citace: 1. června, 2019]. Dostupné na: [http://www.anaesthesia.med.usyd.edu.au/resources/lectures/ventilation\\_clt/ventilation.html](http://www.anaesthesia.med.usyd.edu.au/resources/lectures/ventilation_clt/ventilation.html)
- 4) Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. The American Journal of Clinical Nutrition, 2005;82(1):49–52.
- 5) Beneš V. Dýchací soustava: Funkční vyšetření plic [Online]. [Citace 7. září, 2019]. Dostupné na: <https://www.vernier.cz/experimenty/gml/biologie/b10.pdf>
- 6) Bernard S, Leblanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R, Maltais F. Peripheral Muscle Weakness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1998;158(2):629–634.
- 7) BioScan. Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Body Composition Analyse. [Online]. 2020 [Citace 17. červen, 2020]. Dostupné na: [https://www.bioscan.com/dtr\\_bioscan\\_bia.htm](https://www.bioscan.com/dtr_bioscan_bia.htm).
- 8) Blasio F, Berlingieri GM, Bianco A, Greca M, Franssen F, Scalfi L. Evaluation of body composition in COPD patients using multifrequency bioelectrical impedance analysis. International Journal of COPD, 2016;11(1):2419-2426.

- 9) Bosy-Westphal A, Plachta-Danielzik S, Dörhöfer RP, Later W, Wiese S, Müller M. - Phase Angle From Bioelectrical Impedance Analysis: Population Reference Values by Age, Sex, and Body Mass Index. *Journal of parenteral and enteral nutrition*, 2006;30(4):309-16.
- 10) Budziareck MB, Duarte RRP, Barbosa-Silva MCG. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clinical Nutrition*, 2008;27:357-362.
- 11) Cioffi I, Marra M, Imperatore N, Pagano MC, Santarpia L, Alfonsi L, Testa A, Sammarco R, Contaldo F, Castiglione F, Pasanisi F. Assessment of bioelectrical phase angle as a predictor of nutritional status in patients with Crohn's disease: A cross sectional study. *Clinical Nutrition*, 2020;39(5):1564-1571.
- 12) Cleveland Clinic. Nutritional Guidelines for People with COPD. [Online]. 2020 [Citace 11. srpen, 2020]. Dostupné na: <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/9451-nutritional-guidelines-for-people-with-copd>.
- 13) Corhay JL, Dang DN, Van Cauwenberge H, Louis R. Pulmonary rehabilitation and COPD: providing patients a good environment for optimizing therapy. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, 2014;9:27–39.
- 14) Časopis českých lékárníků: měsíčník stavovské lékárnické komory: Procento výskytu CHOPN je alarmující. *Czech Print Center*, 2017;LXXXIX(1):30-31. 1211-5134.
- 15) Dörhöfer R a Pirlich M. The BIA Compendium. [Online]. 2005 [Citace 14. červen, 2020]. Dostupné na: <https://www.yumpu.com/en/document/read/13012439/the-bia-compendium-data-inputde>.
- 16) Dylevský I. *Funkční anatomie*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009;544. 978-80-247-3240-4.
- 17) Engelen M, Schols AMWJ, Does JD, Wouters EFM. Skeletal muscle weakness is associated with wasting of extremity fat-free mass but not with airflow obstruction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2000;71:733-738.
- 18) Ferreira AJF, Eickemberg M, Roriz AKC, Medeiros JMB, Ramos LB. Phase angle in institutionalized elderly brazilians. *The Journal of Nursing Home Research*, 2017;3:38-42.

- 19) Gašior JS, Pawłowski M, Williams CA, Dąbrowski MJ, Rameckers EA. Assessment of Maximal Isometric Hand Grip Strength in School-aged Children. *Open Medicine*, 2018;13:22–28.
- 20) Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). GOLD Spirometry 2010. Spirometry For Health Care Providers. [Online]. [Citace: 10. února, 2020]. Dostupné na: [https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2016/04/GOLD\\_Spirometry\\_2010.pdf](https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2016/04/GOLD_Spirometry_2010.pdf).
- 21) Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc. 2020 (GOLD). [Online]. [Citace: 10. únor, 2020]. Dostupné na: <https://goldcopd.org/gold-spirometry-guide/>.
- 22) Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2016;103(3):712-6.
- 23) Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, Kaminsky DA, McCarthy K, McCormack MC, Oropez CE, Rosenfeld M, Stanojevic S, Swanney MP, Thompson BR. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2019;200(8):70-88.
- 24) Honsová K. Biofyzikální web. Svalová síla, práce a výkon v rámci fyzioterapie [Online]. [Citace: 5. ledna, 2019]. Dostupné na: [http://ftplf2.agarek.com/fyziopravak/biofyzika/semin/kamila\\_svaly.php](http://ftplf2.agarek.com/fyziopravak/biofyzika/semin/kamila_svaly.php).
- 25) Hronek M. Bioimpedanční analýza tělesné kompozice: Aplikace přístrojů BCM Fresenius a Multiscan 5000 Bodystat v bioimpedanční analýze tělesné kompozice. [Online]. 2015 [Citace 1. listopad, 2020]. Dostupné na: <https://portal.faf.cuni.cz/getattachment/Groups/Clinical-physiology-of-nutrition-and-metabolism/News/Bioimpedancni-spektroskopie-a-predikce-hodnot-telesne-kompozice.pdf.aspx>.
- 26) Huptych M. Funkční vyšetření plic: Spirometrie. [Online]. 2011 [Citace: 31. května, 2019]. Dostupné na: [http://bio.felk.cvut.cz/~huptycm/Vyuka/X33BMI\\_prednasky/X33BMI\\_Spirometrie.pdf](http://bio.felk.cvut.cz/~huptycm/Vyuka/X33BMI_prednasky/X33BMI_Spirometrie.pdf).
- 27) Charder medical. Body Composition. [Online]. 2020 [Citace 14. června, 2020]. Dostupné na: <https://www.chardermedical.com/prelude/innovation.htm>.

- 28) Chlumský J, Fišerová J, Kociánová J, Zindr J, Koblížek V, Křepelka J. Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí: Aktualizace 2016. Česká pneumologická a ftizeologická společnost. [Online]. [Citace: 10. únor 2020]. Dostupné na: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>.
- 29) Chlumský J, Fišerová J, Kociánová J, Zindr J, Koblížek V, za výbor Sekce patofyziologie dýchání. Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí. 2006 [Online]. 2006 [Citace: 11. února 2020]. Dostupné na: <http://www.pneumologie.cz/soubory/Doporučeny%20pos.pdf>.
- 30) InBody. The InBodyS10: What It Is and Why You Need It. [Online]. 2015 [Citace 14. června, 2020]. Dostupné na: <https://inbodyusa.com/blogs/inbodyblog/31432897-the-inbodys10-what-it-is-and-why-you-need-it/>.
- 31) InBody. Your Body and You: A Guide to Phase Angle. [Online]. 2018 [Citace 21. červen, 2020]. Dostupné na: <https://inbodyusa.com/blogs/inbodyblog/your-body-and-you-a-guide-to-phase-angle/>.
- 32) Islas DG, Vargas AF, Santillan RS, Vendrell LV, Fernandez AAI, Montiel YP, Lopez ASH, Zenteno RH, Hernandez VP, Muñoz KB. Relationship between hypoxia and phase angle in COPD and Heart Failure patients. *European Respiratory Journal*, 2019;54(63).
- 33) Isokinetic Dynamometry [Online]. [Citace: 23. září, 2018]. Dostupné z: <http://health.uottawa.ca/biomech/courses/apa6903/kincom.pdf>.
- 34) Jaitovich A a Barreiro E. Skeletal Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. What We Know and Can Do for Our Patients. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2018;198(2):175-186.
- 35) Jančík J, Závodná E, Novotná M. Fyziologie tělesné zátěže – vybrané kapitoly: Dýchací systém. [Online]. 2006 [Citace: 1. června 2019]. Dostupné na: <https://is.muni.cz/elportest/estud/fsps/js07/fyziio/texty/ch05s02.html>.
- 36) Janda V. Svalové funkční testy. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2004;328. 80-247-0722-5.
- 37) Janda V. Funkční svalový test. 1. vydání. Praha: Grada, 1996;325. 80-716-9208-5.
- 38) Jansen AK, Gattermann T, Fink JS, Saldanha MF, Rocha CDN, Moreira THS, Silva FM. Low standardized phase angle predicts prolonged hospitalization in critically ill patients. *Clinical Nutrition ESPEN*, 2019;34:68-72.
- 39) Johns DP, Walters JAE, Walters EH. Diagnosis and early detection of COPD using spirometry. *Journal of Thoracic Disease*, 2014;6(11):1557-1569.

- 40) Koblížek V, Chlumský J, Zindr V, Neumannová K, Zatloukal J, Kociánová J, Zatloukal J, Sedlák V. Doporučený postup ČPFS pro diagnostiku a léčbu stabilní CHOPN. Sekce pro nemoci s bronchiální obstrukcí ČPFS. [Online]. 2016 [Citace 11. červenec, 2020]. Dostupné na: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>.
- 41) Kociánová J. Spirometrie – základní vyšetření funkce plic. Vnitřní lékařství. 2017. 63(11): 889–894.
- 42) Kolář P, Bitnar P, Dyrhonová O, Horáček O, Kříž J, Adámková M, Babková L, Calta J, Cikánková V, Čakrt O, Čech Z, Černý R, Čumpelík J, Danielová B, Dobeš M, Druga R, Hamáčková A, Hátlová B, Hoskocová M, Hrazdil V, Hříbal V, Hyšperská V, Chamoutová K, Jeřábek J, Ježková M, Kálal J, Kalvach Z, Knotek P, Kobesová A, Komárek V, Koudelková I, Kozák J, Kraus J, Krawczyk P, Kubů V, Kynčl M, Lepšíková M, Lewit K, Máček M, Málková M, Marčíšová H, Matouš M, Mužík J, Pavlů D, Pěč O, Radvanský J, Schejbalová A, Schönová V, Schreier B, Smékal D, Smolíková L, Suchánek O, Šafařová M, Štulík J, Šulc J, Švehlík M, Tomanová M, Tomis C, Tomisová D, Truc M, Vachková L, Váchová H, Valouchová P, Vařeka I, Vávrová M, Veverková M, Votavová M, Wald M, Wurstová I, Zedka M, Zounková I, Zumrová A. Rehabilitace v klinické praxi. 1. vydání. Dotisk. Praha: Galén, 2009, 2012;713. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 43) Koubová M. Dvě třetiny pacientů s CHOPN o své nemoci neví. Pomoci by měl chystaný projekt včasného zachytu. [Online]. Zdravotnický deník. [Citace: 2. červenec, 2018]. Dostupné z: <http://www.zdravotnickydenik.cz/2017/11/dve-tretiny-pacientu-chopn-sve-nemoci-nevi-pomoci-by-mel-chystany-projekt-vcasneho-zachytu/>.
- 44) Králíková E. Vareniklin – nová možnost léčby závislosti na tabáku [Online]. Remedia, 2007. [Citace 5. červenec, 2018]. Dostupné na: <http://www.remédia.cz/Okruhy-temat/Neurologie/Vareniklin-nova-moznost-lecby-zavislosti-na-tabaku/8-1e-hp.magarticle.aspx>.
- 45) Kumar S, Dutt A, Hemraj S, Bhat S, Manipadybhima B. Phase Angle Measurement in Healthy Human Subjects through Bio-Impedance Analysis. The Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 2012;15(6):1180–1184.
- 46) Leader D. Understanding Forced Vital Capacity (FVC). [Online]. 2019 [Citace 7. září, 201]. Dostupné na: <https://www.verywellhealth.com/forced-expiratory-capacity-measurement-914900>.

- 47) Lékařské přístroje a zařízení: Spirometrie [Online]. [Citace 15. července, 2019].  
Dostupné na: <https://sites.google.com/site/lpz2011123/zobrazovaci-metody/spirometr/plicni-parametry>.
- 48) Leonard J. What is the link between FEV1 and COPD? Medical News Today. [Online]. 2017 [Citace 7. září, 2019]. Dostupné na: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320168.php>.
- 49) Lifetime Fitness and Wellness [Online]. [Citace: 8. prosince, 2018]. Dostupné na: <https://courses.lumenlearning.com/fitness/>.
- 50) Lung Foundation Australia. The COPD-X Plan: Australian and New Zealand Guidelines for the management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. [Online]. 2018 [Citace: 8. srpna, 2018]. Dostupné na: <https://copdx.org.au/copd-x-plan/>.
- 51) Maddocks M, Kon SSC, Jones SE, Canavan JL, Nolan CM, Higginson IJ, Gao W, Polkey MI, Man WDC. Bioelectrical impedance phase angle relates to function, disease severity and prognosis in stable chronic obstructive pulmonary disease. [Online]. 2015 [Citace 21. červen, 2020]. Dostupné na: <https://www.bodystat.com/wp-content/uploads/2018/04/110-NEW-Phase-angle-and-COPD-full-paper.pdf>.
- 52) Maddocks M, Kon S, Jones S, Canavan J, Nolan C, Polkey M, Man W. Validity of phase angle as a health indicator in stable COPD. *European Respiratory Journal*, 2014;44.
- 53) Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigaré R, Dekhuijzen PN, Franssen F, Gayan-Ramirez G, Gea J, Gosker HR, Gosselink R, Hayot M, Hussain SN, Janssens W, Polkey MI, Roca J, Saey D, Schols AM, Spruit MA, Steiner M, Taivassalo T, Troosters T, Vogiatzis I, Wagner PD. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2014; 189(9):15-62.
- 54) Mandal P, Sit N, Agarwala A, Ghoshal AG, Bandyopadhyay D. Correlation of BMI and serum albumin with c-reactive protein in male patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 2018;6(9):3147-3151.

- 55) Martín A, Moro JMRG, Izquierdo JL, Gobartt E, de Lucas P. Health-related quality of life in outpatients with COPD in daily practice: the VICE Spanish study. *The International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2008;3(4):683-692.
- 56) Mayo Clinic: COPD [Online]. [Citace: 2. červenec, 2018]. Dostupné na: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/copd/symptoms-causes/syc-20353679>.
- 57) Mcmanigan O. Spirometry Overview [Online]. Micro Medical Ltd 2007. [Citace 6. červenec, 2018]. Dostupné na: <http://www.micromedical.co.uk/services/knowledge/spiro.asp>.
- 58) Melia U, Burgos F, Vallverdú M, Velickovski F, Lluch-Ariet M, Roca J, Caminal P. Algorithm for automatic forced spirometry quality assessment: technological developments. *PLoS One*, 2014;9(12):1-14.
- 59) Merta Z, Brhel P, Pazourková M. Spirometrie v klinické praxi. *Pracovní Lékařství*. 2006;58(2):71–74.
- 60) Micro Medical Limited. MicroGP/MicroDL: The new generation of Precision Pocket Spirometers. 2006. Dostupné na: <https://www.cardiacdirect.com/brochures/MicroGPSpirometerbrochure.pdf>.
- 61) Micro Medical Limited. Spida 5: Operating Manual. [Online]. 2006 [Citace 8. listopad, 2020]. Dostupné na: <http://www.micromedical.co.uk/>.
- 62) MIE Medical Research Limited. Digital Analysers: Digital pinch/grip. [Online]. 2015 [Citace 12. srpen, 2020]. Dostupné na: <https://www.mie-uk.com/pgripmyo/>.
- 63) Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, Grinten CPM, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 2005;26(2):319-338.
- 64) Moore VC. Spirometry: Step by step. *Breathe: European Respiratory Journal*, 2012;8(3):232-240.
- 65) Morris JF a Temple W. Spirometric “Lung Age” Estimation for Motivating Smoking Cessation. *Preventive Medicine*, 1985;14:655-662.
- 66) Musil J, Kos S, Vondra V, Salajka F. Světová strategie diagnostiky, léčby a prevence chronické obstrukční plicní nemoci. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Vltavín, 2007;164. 8086-587-22-3.



- 67) Neumannová K, Zatloukal J, Koblížek V. Doporučený postup plicní rehabilitace (základní verze). [Online]. 2019 [Citace 24. červen, 2020]. Dostupné na: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>.
- 68) Novotný J, Hrazdira L, Bernaciková M, Sebera M, Chaloupecká A. Kapitoly sportovní medicíny. Zátěžové testy: Dynamometrie. [Online]. 2009 [Citace: 23. března, 2020]. Dostupné na: <https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kapitolysportmed/pages/18-11-zatezove-testy.html>.
- 69) Pauk N. Aktuální pohled na farmakoterapii CHOPN. *Interní medicína pro Praxi*, 2016;18(3):114–119.
- 70) Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Grinten CPM, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF, Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*, 2005;26:948-968.
- 71) Phunmanee A, Tuntisirin C, Zaeoue U. Preoperative spirometry to predict postoperative complications in thoracic surgery patients. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 2000;83(10):1253-1259.
- 72) Qaseem A, Wilt TJ, Weinberger SE, Hanania NA, Criner G, Molen T, Marciniuk D, Denberg T, Schünemann H, Wedzicha W, MacDonald R, Shekelle P. Diagnosis and Management of Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Clinical Practice Guideline Update from the American College of Physicians, American College of Chest Physicians, American Thoracic Society, and European Respiratory Society. *Annals of Internal Medicine*, 2011;155(3):179–191.
- 73) Ramos D, Bertolini GN, Leite MR, Carvalho Junior LC, da Silva Pestana PR, dos Santos VR, Fortaleza AC, Rodrigues FM, Ramos EM. Is dynamometry able to infer the risk of muscle mass loss in patients with COPD? *The International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2015;21(10):1403-1407.
- 74) Rantanen T, Harris T, Leveille SG, Visser M, Foley D, Masaki K, Guralnik JM. Muscle Strength and Body Mass Index as Long-Term Predictors of Mortality in Initially Healthy Men. *The Journals of Gerontology*, 2000;55(3):M168-173.
- 75) Rawal G a Yadav S. Nutrition in chronic obstructive pulmonary disease: A review. *Journal of translational internal medicine*, 2015;3(4):151–154.
- 76) Reis AS, Santos HO, Limirio LS, Oliveira EP. Phase Angle Is Associated With Handgrip Strength but Not With Sarcopenia in Kidney Transplantation Patients. *Journal of Renal Nutrition*, 2019;29(3):196-204.

- 77) Rokyta R, Bernášková K, Kříž N, Myslivečková J, Paul T, Stančák A, Šulc J, Yamamotová A. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. 1. vydání. Praha: IVS nakladatelství, 2000;359. 80-85866-45-5.
- 78) Salman GF, Mosier MC, Beasley BW, Calkins DR. Rehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of general internal medicine*, 2003;18(3):213–221.
- 79) Scoditti E, Massaro M, Garbarino S, Toraldo D. Role of Diet in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Prevention and Treatment. *Nutrients*, 2019;11(6):1357.
- 80) Schols AM, Ferreira IM, Franssen FM, Gosker HR, Janssens W, Muscaritoli M, Pison Ch, Rutten-van Mölken M, Slinde F, Steiner MC, Tkacova R, Singh SJ. Nutritional assessment and therapy in COPD: a European Respiratory Society statement. *European Respiratory Journal*, 2014;44:1504-1520.
- 81) Silbernagl S, Despopoulos A. Atlas fyziologie člověka. 3. vydání. Praha: Grada Publishing a.s., 2004;448. 80-247-0630-X.
- 82) Spirometry. [Online]. [Citace 10. září, 2019]. Dostupné na: <https://www.spirometry.guru/fvc.html>.
- 83) Strijbos JH, Postma DS, Van Altena R, Gimeno F, Koëter GH. A Comparison Between an Outpatient Hospital-Based Pulmonary Rehabilitation Program and a Home-Care Pulmonary Rehabilitation Program in Patients With COPD: A Follow-up of 18 Months, 1996;109(2):299.
- 84) Švehlová M a Švehlová E. Plicní rehabilitace a respirační fyzioterapie v domácím prostředí. 2. vydání. Praha: Nakladatelství Vltavín, 2009;28. 80-86587-17-8.
- 85) Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Seki T, Hamada T, Machino M, Ota K, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Low Bioelectrical Impedance Phase Angle Is a Significant Risk Factor for Frailty. *BioMed Research International*, 2019;1-8.
- 86) Teorie tělesné výchovy a sportu. Dynamometrie. [Online]. [Citace: 8. prosince, 2018]. Dostupné na: <http://telesna-vychova.studentske.eu/2008/03/dynamometrie.html>.
- 87) Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky. Regionální zpravodajství Národního zdravotnického informačního systému [Online]. Praha: ÚZIS ČR, 2016 [Citace: 2. červenec, 2018]. Dostupné na: <http://reporting.uzis.cz/cr>.

- 88) Vlček J, Vytřísalová M, Beran J, Červený J, Driák D, Dušek P, Keller O, Krčmová I, Kroupa R, Lukáš M, Marková J, Palička V, Roth J, Rudolf K, Salajka F, Sláma O, Šedo J, Tůma I, Vorlíček J, Vyzula R. *Klinická farmacie II*. 1. vydání, Praha: Grada Publishing, 2014;256. 978-80-247-4532-9.
- 89) Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, Celli BR, Chen R, Decramer M, Fabbri LM, Frith P, Halpin DMG, Varela MVL, Nishimura M, Roche N, Rodriguez-Roisin R, Sin DD, Dave Singh, Stockley R, Vestbo J, Wedzicha JA, Agust A. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report: GOLD Executive Summary. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2017;195(5):557-582.
- 90) Vondra V, Kos S, Králíková E, Musil J, Salajka F, Zatloukal J. *Jak žít s CHOPN?: Chronická Obstrukční Plicní Nemoc*. Aktualizované vydání 2011. Praha: Nakladatelství Vltavín, 2011;54. 978-80-86587-41-7.
- 91) Vondra V. Těžká stadia chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN). *Interní Medicína pro praxi*, 2007;9(10):424–428.
- 92) Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Crapo R, Enright P, Grinten CPM, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson D, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pellegrino R, Viegi G. Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal*, 2005;26:511-522.
- 93) WebMD: What are the Symptoms of COPD? [Online]. [Citace: 3. červenec, 2018]. Dostupné na: <https://www.webmd.com/lung/copd/what-are-symptoms-of-copd>.
- 94) Yartsev A. Interpreting the shape of the flow-volume look. *Deranged Physiology: Respiratory system*. [Online]. [Citace 9. září, 2019]. Dostupné na: <https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/required-reading/respiratory-system/Chapter%20556/interpreting-shape-flow-volume>.
- 95) *Základy sportovní kineziologie* [Online]. 2010 [Citace: 23. září, 2018]. Dostupné na: [https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/druhy\\_svalove\\_kontrakce.html](https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/druhy_svalove_kontrakce.html).
- 96) Zanella PB, Àvila CC, Chaves FC, Gazzana MB, Berton DC, Knorst MM, de Souza CG. Phase Angle Evaluation of Lung Disease Patients and Its Relationship with Nutritional and Functional Parameters. *Journal of the American College of Nutrition*, 2020;11:1-6.

97) Zatloukal J. Novinky v terapii CHOPN. Medicína pro praxi. 2007;4(7–8):301–304.