

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**DYNAMICKÁ ANALÝZA CHŮZE U PACIENTŮ  
S CHRONICKOU OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOCÍ**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Jana Hodonská, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

Olomouc 2015

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Jana Hodonská

**Název diplomové práce:** Dynamická analýza chůze u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2015

**Abstrakt:** Chronická obstrukční plicní nemoc se svými projevy významně podílí na snižování tolerance fyzické zátěže. Nemocní jsou limitováni v provádění běžných denních činností a chůzi. Cílem této práce bylo posoudit vliv zvyšující se rychlosti na chůzi při zátěžovém testu Incremental shuttle walking test. Výzkumnou skupinu tvořilo 17 pacientů (průměrný věk  $65,6 \pm 7,3$  let) s těžkým stupněm chronické obstrukční plicní nemoci (post-bronchodilatační  $FEV_1 \leq 60$  %). Kontrolní skupinu tvořilo 17 zdravých osob (průměrný věk  $62,6 \pm 2$  let). Pacienti ušli v zátěžovém testu signifikantně kratší vzdálenost ( $p=0,0001$ ). Analýza chůze byla provedena pomocí plantografické plošiny Footscan®. Hodnoceny byly dva časové (%Contact, tMax P) a dva tlakové (Impuls, Max P) parametry zatěžování chodidla. Nejvýznamnější změny dynamických parametrů chůze ve skupině pacientů byly zaznamenány v počátečních pomalých rychlostních úrovních. Pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí výrazně méně a kratší dobu zatěžovali oblast palce a prstců nohy, více zatěžovali oblast čtvrtého a pátého metatarzu a později dosahovali maximálního zatížení ve sledovaných oblastech. Významné změny byly zjištěny také v rychlejších kolech zátěžového testu. Výsledky potvrzují, že mají pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí změněnou chůzovou mechaniku ve srovnání se zdravou populací, která se projevuje v závislosti na zvyšující se rychlosti chůze.

**Klíčová slova:** CHOPN, dynamická plantografie, krokový cyklus, zátěžové testování, ISWT

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Jana Hodonská

**Title of the master thesis:** Dynamic gait analysis in patients with chronic obstructive pulmonary disease

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology, Faculty of Physical Culture, Palacky University, Olomouc

**Supervisor:** Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2015

**Abstract:** Chronic obstructive pulmonary disease and related symptoms are significantly associated with reduction of exercise tolerance. The patients are limited in carrying out the routine daily activities and walking. The aim of this paper was to assess the influence of increasing gait velocity during the Incremental shuttle walking test. The sample comprised 17 patients (average age  $65.6 \pm 7.3$  years) with a heavy degree of chronic obstructive pulmonary disease (post-bronchodilator  $FEV_1 \leq 60\%$ ). The control group concerned 17 healthy individuals (average age  $62.6 \pm 2$  years). The patients reached significantly shorter distance ( $p=0.0001$ ) during the exercise test. A gait analysis was carried out using the Footscan® plantographic platform. Two time (%Contact, tMax P) and two pressure (Impulse, Max P) parameters of the foot load were assessed. The most significant changes in dynamic gait parameters in the patient group were observed in the initial low velocity levels. The patients with chronic obstructive pulmonary disease loaded the areas of hallux and toes significantly less and for shorter period of time and, conversely, more the area of fourth and fifth metatarsus and, then, they reached a maximum load in the investigated areas. Significant changes were also detected in the faster rounds of the exercise test. Compared with a healthy population, the results confirm that patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease have a different gait mechanics, which manifests depending on increasing gait velocity.

**Key words:** COPD, dynamic plantography, gait cycle, exercise testing, ISWT

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Kateřiny Neumannové, Ph.D. a konzultanta Mgr. Zdeňka Svobody, Ph.D., uvedla jsem všechny použité literární a odborné zdroje a řídila jsem se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

.....

Děkuji Mgr. Kateřině Neumannové, Ph.D. za její odborné vedení a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Děkuji jí za motivaci a inspiraci, které vnesla do mého studia, a zvláště za odborné vedení při prohlubování mých znalostí v oblasti respirační fyzioterapie. Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. děkuji za pomoc při statistickém zpracovávání a vyhodnocování dat. Dále děkuji všem, kteří se zúčastnili měření dat pro studii PHAETON ve fakulních nemocnicích Hradec Králové, Brno a Olomouc, zvláště pak hlavnímu řešiteli studie MUDr. Vladimíru Koblížkovi, Ph.D.

Zvláštní poděkování patří tatínkovi a přátelům, kteří mě v průběhu celého studia podporovali svou trpělivostí, vlídností a modlitbou.

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>SYNTÉZA POZNATKŮ</b> .....	<b>10</b>
2.1	CHRONICKÁ OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOC.....	10
2.1.1	Definice chronické obstrukční plicní nemoci .....	10
2.1.2	Etiologie a patogeneze chronické obstrukční plicní nemoci.....	10
2.1.3	Klinické projevy chronické obstrukční plicní nemoci .....	12
2.1.3.1	Hlavní klinické příznaky .....	12
2.1.3.2	Systémové projevy a přidružená onemocnění .....	13
2.1.3.3	Změny mechaniky dýchání a plicních objemů .....	13
2.1.4	Diagnostika chronické obstrukční plicní nemoci.....	15
2.1.5	Klasifikace chronické obstrukční plicní nemoci.....	16
2.1.6	Terapie chronické obstrukční plicní nemoci .....	18
2.1.6.1	Farmakologická terapie .....	18
2.1.6.2	Nefarmakologická terapie.....	19
2.2	ASPEKTY POHYBOVÉ AKTIVITY U NEMOCNÝCH S CHRONICKOU OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOCÍ ..	22
2.2.1	Fyziologické aspekty tělesné zátěže u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí	23
2.2.1.1	Rozvoj de kondice a její vliv u pacientů s chronickým onemocněním plic .....	23
2.2.1.2	Ventilační kapacita u pacientů s chronickým onemocněním plic .....	24
2.2.1.3	Patofyziologické změny ovlivňující tělesnou zátěž.....	27
2.2.1.4	Adaptace na tělesnou zátěž.....	28
2.2.1.5	Monitoring denní aktivity .....	28
2.2.2	Limity chůze u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí .....	29
2.3	ZÁTĚŽOVÉ TESTOVÁNÍ NEMOCNÝCH S CHRONICKOU OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOCÍ .....	30
2.4	BIOMECHANICKÁ ANALÝZA CHŮZE .....	33
2.4.1	Chůze a chůzový cyklus.....	35
2.4.2	Dynamická analýza chůze.....	37
<b>3</b>	<b>CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY</b> .....	<b>39</b>
3.1	CÍLE.....	39
3.2	VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	39

<b>4</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>40</b>
4.1	CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU .....	40
4.2	METODA MĚŘENÍ.....	41
4.3	PRŮBĚH MĚŘENÍ .....	41
4.4	ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ .....	42
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>44</b>
5.1	VÝSLEDKY K VÝZKUMNÉ OTÁZCE $V_1$ .....	44
5.2	VÝSLEDKY K VÝZKUMNÉ OTÁZCE $V_2$ .....	45
5.3	VÝSLEDKY K VÝZKUMNÉ OTÁZCE $V_3$ .....	49
<b>6</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>56</b>
6.1	DISKUZE K VÝZKUMNÉ OTÁZCE $V_1$ .....	57
6.2	DISKUZE K VÝZKUMNÝM OTÁZKÁM $V_2$ A $V_3$ .....	59
6.3	DISKUZE K LIMITŮM PRÁCE .....	63
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>SOUHRN .....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>74</b>

## Seznam použitých zkratek

6-MWT	šestimínutový test chůzí
CAT	COPD Assessment Test
ČPFS	Česká pneumologická a fizeologická společnost
ESWT	endurance shuttle walking test
FN	fakultní nemocnice
FRC	funkční reziduální kapacita
FVC	usilovná vitální kapacita
FEV <sub>1</sub>	vydechnutý objem vzduchu v první sekundě usilovného výdechu
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
ISWT	přírůstkový kyvadlový test chůzí
GOLD	Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease (Světová iniciativa proti chronické obstrukční plicní nemoci)
mMRC	modifikovaná škála dušnosti podle Medical Research Council
RV	reziduální objem
SGRQ	Dotazník nemocnice sv. Jiří
TLC	totální plicní kapacita
VC	vitální kapacita



# 1 ÚVOD

Chronická obstrukční plicní nemoc je společenský problém. Nemoc nejenže významně omezuje život pacienta, ale je také velkou ekonomickou zátěží pro velkou spotřebu farmak a častou potřebu hospitalizací nemocných. Ani díky maximální možné farmakologické i nefarmakologické léčbě není onemocnění zcela léčitelné. Počtu nemocných neustále přibývá a se stárnutím populace a prodlužováním délky života vyvstává otázka, jak nemocným zajistit příznivé stárnutí a životní pohodu.

Nemoc doprovází mnoho klinických symptomů, od kašle a dušnosti, až po systémové poruchy vlivem rozvoje komorbidit. Poruchu dýchání doprovází snížení tolerance fyzické zátěže. Kvůli limitaci při pohybových aktivitách žijí neaktivním, tj. sedavým způsobem životem. Obavy ze zhoršení dušnosti, bolestí svalů dolních končetin, křečí a/nebo rizika pádu až úrazu udržují pacienty v jejich domovech, takže navíc dochází k sociální izolaci jedinců. Pacienti častěji trpí depresemi a úzkostnými poruchami. Tyto problémy se snaží řešit cílená komplexní terapie, která zahrnuje i respirační fyzioterapii a pohybový trénink.

Nejčastěji limitovanou pohybovou aktivitou je chůze, kterou denně provozují všichni. Zpočátku mají pacienti potíže při vyšší zátěži, rychlejší chůzi a stoupání do schodů. V pozdějších stadiích nemoci stačí k projevení symptomů i menší zátěž. Proto je důležité, aby fyzioterapeut posoudil i případný výskyt poruch chůze, a nezaměřil se jen na zhodnocení patologií v dechové mechanice. Chůze se většinou používá jako nástroj pro testování tolerance zátěže pomocí chodeckých testů (šestimínutový test chůzí, kyvadlové testy), během kterých si lze všimnout pacientovy únavy a dušnosti. Fyzioterapeut může aspekčně zhodnotit charakter chůze (tempo, plynulost, souhyby segmentů, specifika stojné a švihové fáze, hlasitost kroků). Detailní analýzu chůze získáme s pomocí laboratorních přístrojových metod.

Diplomová práce shrnuje patofyziologii tělesné zátěže u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí. Hodnotí vliv tělesné zátěže na dynamické parametry chůze, které byly zkoumány biomechanickou analýzou. Cílovou skupinou byli pacienti s těžkým stupněm chronické obstrukční plicní nemoci (post-bronchodilatační FEV1  $\leq$  60 %), s bronchitickým i emfyzematickým fenotypem.

## **2 SYNTÉZA POZNATKŮ**

### **2.1 Chronická obstrukční plicní nemoc**

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je multifaktoriální onemocnění, které patří celosvětově k hlavním příčinám morbidit a mortality. Celosvětově jí trpí 4-10 % populace a prevalence ve světě se odhaduje na 600 miliónů jedinců, zvyšuje se s věkem. Hlavním cílem léčby je bránění progresi onemocnění a mírnění dopadů již vzniklých změn na projevy nemoci a kvalitu života nemocného. Onemocnění je dosud nevyléčitelné a i když se medikamentózní léčba zdokonaluje, roste s věkem morbidita, invalidita i mortalita. Předpokládá se, že se CHOPN stane v roce 2020 třetí nejčastější příčinou úmrtí ve světě. Odhadovaná prevalence v České republice je 8 %. Ročně je u nás pro CHOPN hospitalizováno okolo 16 000 osob a kolem 2 500 nemocných ročně umírá (Kašák, 2014).

#### **2.1.1 Definice chronické obstrukční plicní nemoci**

Světová iniciativa proti chronické obstrukční plicní nemoci definuje CHOPN jako preventabilní léčitelné onemocnění charakterizované často progredující bronchiální obstrukcí, spojené se zvýšenou chronickou zánětlivou odpovědí na škodlivé částice a plyny v dýchacích cestách a plicích (Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease [GOLD], 2015). Národní Doporučený postup pro diagnostiku a léčbu stabilní CHOPN vydaný Českou pneumologickou a fizeologickou společností (ČPFS) popisuje CHOPN jako heterogenní syndrom s převažujícím plicním poškozením a přidruženými komorbiditami, který je preventabilní i léčitelný (Koblížek a kol., 2013).

Zvláštní podjednotku v problematice CHOPN činí exacerbace choroby. Exacerbace CHOPN je akutní příhoda v průběhu nemoci, při které dochází ke změně plicních symptomů nad jejich běžné kolísání, vyžadující změnu v medikaci (GOLD, 2015).

#### **2.1.2 Etiologie a patogeneze chronické obstrukční plicní nemoci**

Na vzniku CHOPN, jakožto multifaktoriálního onemocnění, se podílejí faktory dědičné spolu se zevními rizikovými faktory.

Prevalence nemoci se zvyšuje s věkem, častější je u mužů, na vznik působí četnější výskyt nemoci v rodině, vývoj plic od prenatálního období, genová predispozice k určitým fenotypovým onemocněním, a v neposlední řadě chybění alfa-1-antitrypsinu. Alfa-1-antitrypsin je inhibitor proteáz, jehož hlavní úlohou v organismu je inhibovat neutrofilní elastázu. Tento enzym rozkládá elastin, bazální membránu a další jednotky extracelulární matrix. V největší míře je enzym syntetizován v jaterních buňkách. Osoby s deficiencí alfa-1-antitrypsinu jsou tak často zasaženy poškozením jater, ale nejčastější komplikací je rozvoj plicního emfyzému. Mechanismem nepoměru proteázové-antiproteázové aktivity dochází k vysoké produkci neutrofilní elastázy a nekontrolované proteolytické aktivitě (GOLD, 2015; Chlumský, 2013a).

Z vnějších rizikových faktorů ohrožuje nejčastěji kouření cigaret, které je zodpovědné za rozvoj nemoci v 70-80 % případů. Kromě aktivního kouření cigaret, či dýmek, má nepříznivý dosah i kouření pasivní, déletrvající vdechování průmyslových, dopravních i zemědělských zplodin. Dokonce prokazatelně škodí i pobyt na místech, kde se dříve kouřilo (tzv. kouření z třetí ruky). Na správný vývoj plic má v dětství vliv nízká porodní hmotnost a časté infekty v dětství. Riziková je také expozice škodlivinám v interiérech, jako jsou vlhkost a plísně (GOLD, 2015; Koblížek a kol., 2013).

Z hlediska patogeneze CHOPN je dominantním projevem neutrofilní typ zánětu. Neutrofilny napadají mikroorganismy tak, že při jejich ničení produkují kyslíkové radikály a proteázy, čímž vedou ke kaskádě strukturálních změn. Tyto patologické procesy postihují proximální dýchací cesty, periferní bronchioly pod 2 mm průměru, plicní parenchym a cévní řečiště. Plicní složka nemoci je vyjádřena přítomností ne zcela reverzibilního omezení průtoku vzduchu v průduškách. Bronchiální obstrukce vzniká postupně v důsledku chronického zánětu dýchacích cest a plicního parenchymu jako reakce na dlouhodobou inhalační expozici škodlivých částic a plynů. Destrukce pokračuje zvětšováním a zmnožením hlenových žlázek, produkuje se hlen, na úrovni periferie se zesiluje stěna průdušek a bronchioly se zužují. Dysbalance proteázo-antiproteázového systému, ve prospěch proteáz, má za následek ničení elastinu (komponenta plicního parenchymu). Parenchymatická plicní tkáň tak podléhá destrukci alveolárních stěn a rozvoji emfyzému. V neposlední řadě probíhají změny i na plicních cévách, které jsou příčinou rozvoje plicní hypertenze a cor pulmonale. Mimoto má na plicní zánět nepříznivý vliv oxidační stres, který mobilizuje prozánětlivé geny, stimuluje tvorbu hlenu a inaktivuje antiproteázy (Hoenderdos & Condliffe, 2013; Musil, 2009).

Extrapulmonální poškození organismu je vyjádřeno různými komorbiditami, nejčastěji v kardiovaskulárním a muskuloskeletálním systému, a systémovými (mimoplicními) projevy (Kašák, 2014).

Exacerbace je nejčastěji zapříčiněna bakteriální, či virovou infekcí. Tento nově vzniklý infekční dále poškozuje nemocí již poničený epitel. Další významnou příčinou vzplanutí choroby bývá ovzduší znečištěné smogem, či jen chladné a sychravé počasí. Jindy stačí inhalace škodlivých částic v interiéru (zplodiny topení, vaření, čisticí prostředky, a pod.). Zásadními příčinami jsou mylné užívání medikamentů a úplné přerušování léčby. Až u jedné třetiny pacientů se však příčinu nepodaří zjistit. Ataka začíná náhle nebo pozvolně (Kašák, 2014; GOLD, 2015).

### **2.1.3 Klinické projevy chronické obstrukční plicní nemoci**

#### **2.1.3.1 Hlavní klinické příznaky**

Dominující příznaky CHOPN jsou progredující pocit dušnosti, kašel a vykašlávání hlenů. Dušnost se rozvíjí nejprve po větší fyzické námaze, později nastupuje již během běžných denních činností, či dokonce v klidu. Míra dušnosti koreluje se sníženou tolerancí k fyzické námaze. K popisu dušnosti se používá modifikovaná škála mMRC (Tabulka 1). Součástí klinického obrazu CHOPN je kašel, který bývá přibližně u 2/3 nemocných produktivní. Jde o bronchitický fenotyp. Neproduktivní kašel patří pod emfyzematický fenotyp. Kašlem s akcentovanou expektorací hnisavého hlenu i s příměsí krve se vyznačuje fenotyp CHOPN s bronchiektáziemi. K dalším typickým příznakům patří větší únavnost, pocit staženého hrudníku a zvukové fenomény jako pískoty a vrzoty ve výdechu. (Koblížek a kol., 2013; Miravitlles, Calle, & Soler-Cataluña, 2012). Klasifikaci fenotypů zobrazuje Tabulka 3.

Tabulka 1. Popis dušnosti podle modifikované škály mMRC (upraveno podle Koblížek a kol., 2013, p. 24)

Stupeň dušnosti	Popis stupně dušnosti
0	bez dušnosti při běžné fyzické aktivitě, dušnost jen při velké námaze (chůze do kopce)
1	obtíže s dýcháním při rychlé chůzi po rovině či při chůzi do nepatrného kopce
2	pro dušnost je třeba chodit pomaleji než lidé stejného věku
3	zastavení pro dušnost po 100 m či po několika minutách chůze po rovině
4	dušnost při minimální námaze (oblékání, svlékání, ranní hygiena) či v klidu

### 2.1.3.2 Systémové projevy a přidružená onemocnění

Pulmonální a kardiovaskulární systém tvoří funkční celek a navzájem se ovlivňují. Onemocnění plic a rozvoj plicní hypertenze mají za následek poškození srdce, vyšší riziko infarktu myokardu a ischemické choroby srdeční. Extrapulmonální projevy CHOPN dopadají i na ostatní tělní systémy a často jsou spojeny s dekondukcí nemocných. Tkáně jsou ovlivněny nedostatkem kyslíku. Nemocní s CHOPN mají málo pohybové aktivity, a tak pomalu dochází k dysfunkci, posléze až k atrofii kosterního svalstva. Svalová slabost bývá doprovázena ztrátou tukoprosté hmoty. Krajní situací je stav kachektizace. S poklesem svalové hmoty koreluje stav skeletu – u pacientů v těžkém stadiu CHOPN je prevalence osteoporózy 75 %. U nemocných s těžkou CHOPN je také vysoká prevalence normocytární anémie (15-30 %). Anémie zvyšuje dušnost a snižuje výkonnost jedince, čímž přispívá ke zhoršování kvality života. Pacienti s CHOPN jsou častěji predisponováni k úzkostným poruchám a poruchám spánku. Sociální izolace a ztráta kontaktů podporují rozvoj deprese. V neposlední řadě mají osoby s CHOPN větší pravděpodobnost onemocnět cukrovkou a 3-4 krát větší možnost vzniku bronchogenního karcinomu, který často vede k předčasnému úmrtí (Musil, 2012).

### 2.1.3.3 Změny mechaniky dýchání a plicních objemů

Chronický zánět v periferních dýchacích cestách má za následek rozvoj obstrukční ventilační poruchy, kdy je ventilace narušena zvýšeným odporem bronchiolů a bronchů při expiriu. Výdech

je pomalý a na jeho konci není dosaženo vyrovnání tlaku vzduchu v alveolech a periférii s okolním atmosférickým tlakem, protože nelze vyprázdnit všechny alveoly. Takto zvýšený tlak na konci výdechu musí být překonán nastávajícím nádechem. Tento stav se nazývá dynamická hyperinflace. Hlavní dýchací svaly, včetně bránice, pracují neefektivně a dochází k zapojování pomocných nádechových svalů. Zvyšuje se dechová frekvence, klesá poměr výdechu a nádechu. Dynamická hyperinflace signifikantně mění mechanismus dýchání. Je třeba usilovat o navrácení přirozeného dechového cyklu, např. aplikací prvků respirační fyzioterapie (stimulace expiria, drenážní a instrumentální techniky, a jiné). Statická hyperinflace vzniká kvůli přítomnému emfyzému, který destruuje plicní parenchym, klesá elasticita plic, a klidová ventilace je posunuta na vyšší objemovou hladinu (Neumannová & Kolek, 2012).

Pro CHOPN je dále typická ztráta elasticity plic a zvyšující se poddajnost plicní tkáně, které zapříčiní omezení opory, jež by plicní tkáň měla poskytnout kolapsibilním strukturám. Hrudník často zůstává i při výdechu v inspiračním postavení, u pacientů s CHOPN hovoříme o soudkovém hrudníku. Samotné inspirační postavení má za následek zhoršení mechaniky dýchání, sníženou poddajnost hrudní stěny, přetěžování dýchacích svalů a změněné postavení svalových vláken bránice. Dýchací svaly upínající se na hrudníku bývají zkrácené a břišní svalstvo oslabené. Kosterní svaly typu I a IIa atrofují a pomalá svalová vlákna typu I se mění v rychlá vlákna typu IIb, ubývá kapilární síť ve svalech a snižuje se kapacita oxidativních enzymů. Na podkladě těchto patologických změn jsou dýchací svaly u nemocných s CHOPN spíše oslabené a rychleji unavitelné (Koblížek a kol., 2013; Neumannová & Kolek, 2012).

S pomocí spirometrie lze zhodnotit objemy vdechovaného a vydechovaného vzduchu. Spirometrie je základní funkční vyšetření plic, které pomáhá v diagnostice a sledování průběhu plicních onemocnění. Rychlost proudění vydechovaného vzduchu i plicní objemy jsou ovlivňovány elasticitou plic a hrudní stěny a rezistencí struktur. V důsledku větší poddajnosti plicní tkáně se při nádechu plíce více rozeplnou a zvyšují se následující parametry: totální plicní kapacita (TLC, objem vzduchu v plicích na konci maximálního nádechu) a funkční reziduální kapacita (FRC, objem vzduchu v plicích na konci pasivního výdechu). Jestliže opakovaně dochází k nedostatečnému vydechnutí, zvyšuje se reziduální objem v důsledku nadměrného hromadění vzduchu v plicích (RV, množství vzduchu, které zůstane v plicích i po maximálním výdechu). Omezení průtoku krve plicními kapilárami a destrukce funkčních alveolů vlivem emfyzému způsobují nabývání vzduchu mrtvého dýchacího prostoru, který se nepodílí na výměně dýchacích plynů. U osob s CHOPN dále zjišťujeme narušení poměru mezi ventilací a perfuzí a snížení hodnoty FEV<sub>1</sub> (vydechnutý objem

vzduchu v první sekundě usilovného výdechu), která je hlavním parametrem určujícím stupeň obstrukce u CHOPN (Koblížek a kol., 2013; Slavíková & Švíglerová, 2012). Negativní vliv rozvinuté dynamické hyperinflace při zátěži je popsán v podkapitole 2.2.1.2.

#### **2.1.4 Diagnostika chronické obstrukční plicní nemoci**

Stanovení diagnózy CHOPN se opírá především o anamnézu pacienta, která bude pozitivní na expozici rizikovým faktorům a na přítomnosti příznaků typických pro CHOPN. Rizikovými faktory je míněno především aktivní i pasivní kouření a/nebo expozice průmyslovým škodlivinám. Dále se doptáváme na přítomnost CHOPN v rodině, předchozích onemocněních respiračního traktu a na samotný vznik a průběh nemoci, přítomnost symptomů, eventuálně exacerbací. Důležité je určení komorbidit a jejich léčba. Nedílnou součástí by mělo být i vyplnění některého z dotazníků na posouzení kvality života (např. Dotazník nemocnice sv. Jiří – SGRQ, Medical outcome study short form-36,20 – SF-36,20, COPD Assessment Test – CAT). Stejně dotazníky hodnotí i tíži symptomů (Kašák, 2014; GOLD, 2015). Pokud jedinec kouří, je třeba motivovat ho k zanechání kouření, popřípadě mu doporučit centrum pro odvykání kouření v jeho okolí.

Pro průkaz bronchiální obstrukce je nezbytné provést spirometrické vyšetření před a po podání bronchodilatancia (salbutamol a/nebo ipratropium). Základním funkčním kritériem pro diagnózu CHOPN je přítomnost bronchiální obstrukce, tj. omezení výdechového proudění vzduchu. Dříve se ireverzibilní bronchiální obstrukce prokazovala snížením poměru  $FEV_1/FVC$  pod hodnotu 0,70. Nově se od toho měřítka upouští, protože vedlo k mylným diagnózám CHOPN. Postupně se také upouští od mínění, že je bronchiální obstrukce zcela ireverzibilní. Evropská respirační společnost (European Respiratory Society) doporučuje definování expirační limitace jako  $FEV_1/VC_{max} < \text{dolní limit normálních hodnot}$  (GOLD, 2015; Koblížek a kol., 2013).

Doporučuje se vyšetřit funkce dýchacích svalů, hladinu alfa-1-antitrypsinu, známky zánětu, body mass index, provést analýzu krevních plynů a zátěžové testování. Ze zobrazovacích metod se indikuje sumační skiagram hrudníku a CT hrudníku. Pomocná vyšetření pomohou v diferenciální diagnostice. Nejobtížněji se odlišuje CHOPN a astma bronchiale (Kašák, 2014; Koblížek a kol., 2013).

## 2.1.5 Klasifikace chronické obstrukční plicní nemoci

Vzhledem ke komplexní povaze CHOPN se v současnosti doporučuje klasifikovat nemoc dle následujících kritérií: míra bronchiální obstrukce (postbronchodilatační hodnota  $FEV_1$ ), zhodnocení symptomů CHOPN (pomocí škály CAT a/nebo modifikované škály mMRC) a počet exacerbací v posledních 12 měsících. Stadia nemoci odpovídají kategoriím A, B, C a D (Tabulka 2). Tato klasifikace je schválena a publikována společností GOLD a je součástí platných národních standardů léčebných postupů. Do kategorií by měli být nemocní řazeni ve stabilní fázi onemocnění. Kategorie A a B odpovídají lehké či střední bronchiální obstrukci, bez častých akutních exacerbací. Do kategorie C a D se dostanou pacienti s těžkou, respektive velmi těžkou bronchiální obstrukcí a/nebo s častými exacerbacemi. U pacientů z kategorií B a D by měl být zjištěn specifický fenotyp, u těchto dvou skupin pacientů je také četnější výskyt komorbidit (Kašák, 2014; Koblížek a kol., 2013; GOLD, 2015).

Tabulka 2. Kombinovaná klasifikace CHOPN (upraveno podle Kašák, 2014, p. 127)

Kategorie Charakteristika	Spirometrická klasifikace	Příznaky	Exacerbace	Předchozí klasifikace (podle stadií GOLD 2010)
A Nízké riziko/málo příznaků	lehká - středně těžká $FEV_1 \geq 80\%$ NH	CAT < 10 mMRC 0-1	$\leq 1$	I-II
B Nízké riziko/více příznaků	lehká - středně těžká $50\% \leq FEV_1 < 80\%$ NH	CAT $\geq 10$ mMRC $\geq 2$	$\leq 1$	I-II
C Vysoké riziko/málo příznaků	těžká - velmi těžká $30\% \leq FEV_1 < 50\%$ NH	CAT < 10 mMRC 0-1	$\geq 2$	III-IV
D Vysoké riziko/více příznaků	těžká - velmi těžká $FEV_1 < 30\%$ NH	CAT $\geq 10$ mMRC $\geq 2$	$\geq 2$	III-IV

*Vysvětlivky:* CAT – COPD Assessment Test,  $FEV_1$  – usilovně vydechnutý objem za první sekundu, NH – náležitá hodnota, mMRC – modifikovaná škála dušnosti podle Medical Research Council.



V posledních letech se pneumologové snaží také o určení fenotypu CHOPN a definování komorbidit. Je popsáno šest fenotypů (Tabulka 3), které slouží k usnadnění diagnostiky a doporučení terapie (Kašák, 2014).

Tabulka 3. Klinicky relevantní fenotypy CHOPN (upraveno dle Koblížek a kol., 2013, p. 26)

<b>Fenotyp</b>	<b>Popis fenotypu</b>
Fenotyp bronchitický	přítomnost produktivního kašle (> 3 měsíce/rok, v posledních nejméně 2 letech)
Fenotyp non-bronchitický (emfyzematický)	celoživotní nepřítomnost produktivního kašle (suchý kašel může být přítomen), současně (dle HRCT a TLCO) známky plicního emfyzému
Fenotyp CHOPN a bronchiektázií	akcentovaná každodenní, expektorace, mladší věk, nekuřáci, prolongované infekce plic a DDC, hemoptýzy, HRCT známky bronchiektázií
Fenotyp overlapu CHOPN s bronchiálním astmatem (2 hlavní a 1 hlavní + 2 vedlejší kritéria)	<u>hlavní kritéria:</u> (a) výrazně pozitivní BDT (vzestup FEV <sub>1</sub> > 15 % a > 400 ml) (b) pozitivní BKT (c) ↑ FeNO (≥ 45–50 ppb) a/nebo ↑ eo ve sputu (≥ 3 %) (d) AB v anamnéze <u>vedlejší kritéria:</u> (a) pozitivní BDT (vzestup FEV <sub>1</sub> > 12 % a > 200 ml) (b) celkové ↑ IgE (c) atopická anamnéza
Fenotyp frekventní exacerbace	přítomnost častých akutních exacerbací (≥ 2/rok) léčených ATB a/nebo systémovými kortikosteroidy
Fenotyp plicní kachexie	FFM < 16 kg/m <sup>2</sup> (muži), FFM < 15 kg/m <sup>2</sup> (ženy), případně BMI < 21 kg/m <sup>2</sup> (nezávisle na pohlaví) – bez jiné zjevné příčiny

*Vysvětlivky:* HRCT – počítačová tomografie plic ve vysokém rozlišení; TLCO – transfer faktor, BDT – bronchodilatační test; DDC - dolní cesty dýchací, BKT – bronchokonstrikční test; FEV<sub>1</sub> – usilovně vydechnutý objem za 1 s; FeNO – oxid dusnatý; AB – astma bronchiale; ATB – antibiotika; FFM – fat free mass/tělesná hmota bez tuku, BMI – body mass index/index tělesné hmotnosti.

## 2.1.6 Terapie chronické obstrukční plicní nemoci

Komplexní léčba vycházející z aktuálních mezinárodních doporučení uplatňuje čtyřstupňovou strategii léčby. První krok zahrnuje edukaci a ukončení rizikové expozice, včetně protikuřácké intervence. Druhým krokem je paušální léčba CHOPN, ale i jejích komorbidit. Zahrnuje komplexní farmakologickou i nefarmakologickou léčbu, včetně plicní rehabilitace a pohybového tréninku. Součástí paušální léčby je rovněž vakcinace proti chřipce a pneumokokovou polysacharidovou vakcínou, event. i proti černému kašli. Třetím stupněm je cílená fenotypická léčba a poslední krok cílí na dechovou nedostatečnost a terminální stadia CHOPN. Pacienti s dechovou nedostatečností potřebují oxygenoterapii, domácí neinvazivní podporu a dostávají se na čekací listiny na transplantaci plic (Kašák, 2014).

Cílem terapie CHOPN jsou redukce symptomů, zpomalení progresu nemoci, prevence akutních exacerbací a jiných komplikací, zlepšení sebeobslužnosti, tolerance fyzické zátěže a v neposlední řadě zlepšení kvality a prodloužení života (Koblížek a kol., 2013).

Národním standardem ČR je platný *Doporučený postup ČPFS pro diagnostiku a léčbu CHOPN* vydaný v roce 2013.

### 2.1.6.1 Farmakologická terapie

Základem terapie je podávání bronchodilatancí a fenotypově specifická medikace. Často se léky podávají inhalační cestou. Lékař by měl věnovat pozornost volbě aplikačního systému a řádné edukaci pacienta (Chlumský, 2013b).

Lékem první volby počátečních stadií s projevy dušnosti jsou *inhalační bronchodilatancia s krátkodobým účinkem*. Účinnější a praktičtější jsou pro pacienty *inhalační bronchodilatancia s dlouhodobým účinkem*. Fenotypově specifická je indikace *inhalačních kortikosteroidů*. Jsou doporučovány při přesahu CHOPN a astma a u fenotypu s četnými exacerbacemi. Protizánětlivě působí také *selektivní inhibitory fosfodiesterázy 4*. U fenotypu bronchitického a s bronchiektáziemi jsou na místě *mukolytika*. U pacientů s exacerbacemi jsou indikována *perorální antibiotika*. Substituční léčbu alfa-1-antitrypsinem podstupují pouze pacienti s deficiencí tohoto enzymu (Chlumský, 2013b; Hodson & Sherrington, 2014).

## 2.1.6.2 Nefarmakologická terapie

### Oxygenoterapie

Krátkodobá léčba kyslíkem je indikovaná u pacientů hospitalizovaných pro akutní exacerbaci. Dlouhodobou domácí oxygenoterapii vyžadují pacienti s chronickou respirační insuficiencí. Pokud trpí hyperkapnickou formou s retencí oxidu uhličitého, pak je indikována neinvazivní ventilační podpora (Chlumský, 2013b).

### Rehabilitační léčba

Velmi přínosnou součástí komplexní léčby nemocných s CHOPN se stala rehabilitace. Pacienti všech stadií jsou při zátěži limitováni symptomy svého chronického onemocnění a dříve nebo později začnou pohyb z vlastní vůle omezovat. Pohybovou terapii začala doporučovat světová iniciativa GOLD ve své *Globální strategii pro léčbu, management a prevenci CHOPN*. V současnosti se stává neodmyslitelnou složkou terapie i v České republice. Evropská respirační společnost ji doporučuje všem pacientům se systémovými projevy nemoci. Tento typ léčby je zahrnutý v paušální léčbě stabilní CHOPN dle doporučeného postupu ČPFS pro léčbu CHOPN (Koblížek a kol., 2013) a také v doporučeném postupu plicní rehabilitace (Neumannová, Zatloukal, & Koblížek, 2014).

Plicní rehabilitace je navržena jako multidisciplinární program péče. Zahrnuje důkladné **vstupní vyšetření pacienta, edukaci, vlastní rehabilitační intervenci a behaviorální změnu chování** za účelem zlepšení fyzické i psychické kondice. Součástí ucelené terapie směřované ke konkrétnímu pacientovi jsou i ergoterapie, nutriční a psychosociální podpora. Také léčebná rehabilitace sleduje základní terapeutické cíle, a to tlumení symptomů nemoci, zlepšení funkčního stavu pacienta a zvýšení jeho účasti na aktivitách všedního dne. Pomáhá vylepšovat toleranci na zátěž a mírnit limitující dušnost a únavu (Neumannová et al., 2014a; Corhay, Dang, Van Cauwenberge, & Louis, 2014).

**Vstupní vyšetření** provádí zvláště každý člen multidisciplinárního týmu. Fyzioterapeut se zaměřuje na důkladné odebrání anamnézy, kineziologické vyšetření pohybového aparátu, včetně zhodnocení pohybové složky dýchání aspekčně i palpačně. Doporučuje se otestovat pacientovu toleranci zátěže. K tomu postačí jednoduché chodecké testy, jako například šestiminutový test chůzí, anebo kyvadlové testy (Neumannová et al., 2014a).

Každý pacient by měl být na začátku i v průběhu léčby (rehabilitační i jiné) **edukován a motivován**. Terapeut s pacientem pohovoří a může mu předat související tištěné materiály. Je důležité porozumět své nemoci a znát význam léčby. Užívá-li pacient inhalační léky, je potřeba dohlédnout na nácvik správné inhalační techniky. Edukován je pacient i v průběhu terapie, když se učí techniky respirační fyzioterapie (nácvik úlevových poloh při dušnosti, cviky, používání dechových pomůcek, a podobně). Další oblasti, které patří k léčbě a je vhodné s nimi pacienta obeznámit, jsou eliminace škodlivin (nejčastěji kouření), nutriční poradenství a psychosociální podpora. Přínosné je edukovat také rodinné příslušníky (Neumannová et al., 2014a; Corhay et al., 2014).

Rehabilitační léčba zahrnuje vlastní techniky respirační fyzioterapie a pohybový trénink, spolu s dalšími fyzioterapeutickými postupy.

**Techniky respirační fyzioterapie** můžeme použít stejně tak u spolupracujících, jako nespolepracujících pacientů. Podobně lze některé techniky použít u pacientů na invazivní i neinvazivní ventilační podpoře. U nespolepracujících jde o *pasivní drenážní techniky*, *neurofyziologickou facilitaci dýchání* a *kontaktní dýchání*, kdy terapeut přikládá své ruce na hrudník pacienta, který lehce stlačuje s výdechem anebo používá fenomén couvajícího odporu. Aktivní spolupráci vyžaduje *péče o horní cesty dýchací* (nácvik smrkání, kloktání, nosní sprcha, cvičení svalstva jazyka) a *zvládnutí inhalační techniky*. Počáteční péče by se měla cílit na *reedukaci dechového vzoru*, kdy usilujeme o rozvíjení horní i dolní části hrudníku a zapojení bránice. Stereotyp dýchání ovlivňujeme nejčastěji prostřednictvím *dechové gymnastiky* statické, dynamické a mobilizační, *bráničního dýchání* a *dýcháním přes sešpulené rty* s prodlouženým výdechem (Neumannová, 2012; Neumannová et al., 2014a).

Zásadní význam pro nemocné s bronchitickým fenotypem CHOPN má *usnadnění expektorace*. Kašel nejenže znepríjemňuje dýchání a samotné bytí, ale také vyčerpává. Techniky dechové rehabilitace volíme podle toho, která fáze kašle je porušena. Je-li neefektivní inspirační fáze, zaměříme pozornost na zvýšení rozvíjení hrudníku a aktivaci nádechového svalstva s cílem jejich posílení, eventuálně mechanickou podporu v podobě přístroje Cough Assist. Aktivaci nádechových svalů podpoříme použitím trenážerů: threshold IMT, powerBreathe, cliniFlo, a/nebo triflo. V případě, že v dýchacích cestách stagnuje bronchiální sekret a expektorace je neefektivní ve výdechu, volíme na prvním místě autogenní drenáž. Autogenní drenáž je účinná technika, která slouží k odlepení hlenů, jejich sesbírání a posunutí z periferních dýchacích cest až do centrálních horních cest dýchacích. Plynulý nádech nosem zakončí ponádechová pauza a následuje aktivní

prodloužený výdech pootevřenými ústy. Intenzivnější je pak technika silového výdechu a huffing (rychlý výdech pootevřenými ústy přes uvolněnou glottis). Fyzioterapeut může expektoraci dopomoct manuálním stlačením hrudníku pacienta a zavibrováním dlaněmi. K usnadnění expektorace se s úspěchem používají instrumentální techniky. V současnosti se vyrábí řada výdechových trenažérů, ať už vibrujících (acapella, RC-cornet, flutter a pari O-PEP), či bez vibrací (threshold PEP, theraPEP, PariPEP S-system, PEP maska). Také v tomto případě se uplatní Cough Assist, k mechanické exsulfaci, tedy výdechu během asistovaného podtlaku. Acapellu, threshold IMT, threshold PEP a Cough Assist lze přes bakteriologický filtr nebo tracheostomickou spojku připojit pacientům s tracheostomií (Neumannová et al., 2014a; Douglass & Bond-Kendall, n.d.).

Výše zmíněné pomůcky najdou uplatnění také při *tréninku dýchacích svalů*. Threshold inspiratory muscle trainer (IMT) a threshold positive expiratory pressure (PEP) se k aktivaci a posílení dýchacího svalstva používají nejčastěji. Threshold IMT se používá s nasazeným nosním klipem a podporuje aktivaci nádechového svalstva. U thresholdu PEP není nosní klip nezbytný, takže může pacient nadechovat nosem, ale vydechuje vždy přes trenažér. Pro individuální preskripci odporových hodnot je vhodné znát výsledky z vyšetření maximálních nádechových a výdechových ústních (nosních) tlaků. Odpor se většinou nastaví na 30 % maxima. Hodnotu snížíme, když pacient pocítí dechový dyskomfort nebo uvidíme špatný dechový vzor a patologické souhyby (Neumannová, 2012).

**Pohybový trénink** představuje hlavní složku rehabilitační léčby, a jak vyplynulo z výzkumných studií, ideální je kombinace vytrvalostního a silového tréninku. Využívá se ale i ostatních fyzioterapeutických konceptů. Důležitý je senzomotorický trénink ke zlepšení posturální stability a jako prevence pádů. *Vytrvalostní trénink* pomáhá zlepšovat aerobní fyzickou zdatnost. Cíleně chceme ovlivnit výkonnost svalů dolních končetin, ale nemělo by se zapomínat na horní končetiny. Vhodné jsou chůze, běh, rotoped, a paže se zapojí na crossovém trenažéru a ručním ergometru. Největší benefit přináší cvičení o vyšší intenzitě. Nicméně, pacienti s CHOPN by měli začínat na 60-80 % z maxima dosaženého v zátěžovém testu (např. 6-MWT, ISWT) a postupně prodlužovat dobu chůze, respektive zvyšovat odpor na přístroji. Efektivní doba tréninku je 30 minut i více, alespoň třikrát týdně. Orientačně se můžeme řídit schopností pacienta mluvit. Když nedokáže říct souvisle větu, je zátěž vysoká, pokud si může zpívat, je nízká. V praxi se používá hodnocení pomocí Borgovy škály dušnosti (0-10), kdy se optimální zatížení pohybuje na rozmezí hodnot 4-6. Při hodnocení vnímaného úsilí dle Borga (6-20) je optimální rozmezí hodnot 13-15. Během vytrvalostního tréninku se doporučuje monitorovat tepovou frekvenci a saturaci hemoglobinu

kyslíkem, která by neměla klesnout pod hodnotu 90 %. U pacientů, kteří nezvládnou cvičit kontinuálně, volíme intervalový trénink, kdy je aktivita opakovaně prokládána pauzami (Corhay et al., 2014; Neumannová et al., 2014a).

Prospěšnost *silového tréninku* je prokázána nejen u nemocných se svalovým oslabením, ale také u osob s osteoporózou a osteopenií. Většina pacientů je limitována dušností také v běžných denních činnostech, které zahrnují práci horních končetin, a proto bychom se neměli zaměřovat pouze na oslabení svalstva dolních končetin. Využíváme pomůcky (činky, therabandy, posilovací stroje), anebo jen váhu vlastního těla (Corhay et al., 2014; Neumannová et al., 2014a).

Pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí benefitují z pravidelně prováděné aktivity, kterou může být prostá chůze. Chůze patří k nejoblíbenějším pohybovým aktivitám prospěšným zdraví. Jako jednoduchá a efektivní aktivita se prokázala nordická chůze. Díky holím se při chůzi zapojí nejen dolní, ale i horní končetiny. Účinně pomáhá zvyšovat kondici a zmírňovat symptomatický dopad nemoci (Breyer et al., 2010).

McNamara, McKeough, McKenzie a Alison (2013) potvrdili v randomizované kontrolované studii benefit aerobního cvičení ve vodě u pacientů s CHOPN, kteří trpí systémovými komorbiditami. Pacienti podstoupili osmítýdenní trénink a ve srovnání se skupinou, která absolvovala trénink „na zemi“, měli lepší výsledky v zátěžových chodeckých testech a vybraných dotaznících. Leung, McKeough, Peters a Alison (2013) zkoumali přímo u pacientů s CHOPN efekt cvičení tai-chi. Také zde dosáhli probandi signifikantně lepších výsledků ve srovnání s kontrolní skupinou podstupující běžnou léčbu.

## **2.2 Aspekty pohybové aktivity u nemocných s chronickou obstrukční plicní nemocí**

Úroveň fyzické aktivity je důležitým klinickým parametrem ve vztahu k nemocnosti a úmrtnosti mnoha chronických onemocnění. Osoby mající CHOPN jsou méně aktivní, než jejich zdraví vrstevníci. Tuto skutečnost ověřili v roce 1997 výzkumníci Schönhofer, Ardes, Geibel, Köhler a Jones. Garcia-Aymerich, Lange, Benet, Schnohr a Anto (2006) prokázali vliv inaktivity na predikci hospitalizací nemocných a mortalitu. Stupeň pohybové aktivity zároveň koreluje s prognózou CHOPN a má vliv na rychlost poklesu plicních funkcí. Respirační systém je u těchto pacientů poškozen primárně, ale plnohodnotná dýchací funkce je nezbytně nutná pro přívod kyslíku

tkáním v klidu i při zátěži. Watz, Waschki, Meyer a Magnussen (2009) sledovali pohybovou aktivitu u pacientů s CHOPN v různých stádiích nemoci. Zjistili, že frekvence pohybové aktivity byla nižší už ve stadiu 2, ale pacienti nebyli výrazně limitováni v jejím provádění. Ve stádiích 3 a 4 pak byli pacienti velmi neaktivní.

Evropská doporučení pro pohybovou aktivitu (EU Physical Activity Guidelines) definují pohybovou aktivitu jako "jakýkoli tělesný pohyb spojený se svalovou kontrakcí, která zvyšuje výdaj energie nad klidovou úroveň" (MŠMT, 2008, p. 3).

Ve fyzioterapii chápeme pohybovou aktivitu nejčastěji jako činnost cyklického vytrvalostního charakteru, jakou je chůze, běh, cyklistika, či plavání. Pohyb je neodmyslitelnou součástí rehabilitačního programu nemocných s CHOPN. Pohybovou léčbu by měl indikovat a předepisovat lékař v závislosti na klinickém nálezu. Vycházet by se mělo také z výsledků zátěžového testování (Zatloukal & Neumannová, 2012).

## **2.2.1 Fyziologické aspekty tělesné zátěže u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí**

Jak bylo popsáno výše, CHOPN má i systémové projevy, projevující se mimoplicním poškozením – především na myoskeletálním aparátu. Při zátěži bývají pacienti dušní, ale pohybovou zdatnost ovlivňují i další aspekty. S úbytkem aktivní svalové hmoty a kapilarizace svalstva souvisí pokles výkonnosti, síly a klesá objem velkých svalů dolních končetin. Proces souvisí nejen s nedostatečnou dodávkou kyslíku pracujícím svalům, ale také se samotným rozsahem pohybové aktivity pacientů s CHOPN. Zachovaná svalová vlákna dokáží zvýšit aktivitu enzymů i při nižším sycení kyslíkem. Aktivním cvičením se může stav do jisté míry kompenzovat (Máček, 2011).

### **2.2.1.1 Rozvoj dekondice a její vliv u pacientů s chronickým onemocněním plic**

Snížení fyzické výkonnosti je spojeno se sedavým způsobem života a dlouhodobou inaktivitou. Dekondici chápeme jako negativní adaptaci na nízké až nulové zatížení. U pacientů s CHOPN je stav umocněn již rozvinutými symptomy, které zpočátku limitují při vyšší zátěži. Nemocný se často snaží vyhnout dyskomfortu, který mu pohyb přináší. Může mít navíc strach

z pádu a zranění. Ztráta tělesné zdatnosti souvisí s úbytkem aktivní svalové hmoty a svalovým oslabením. Inaktivita a snížená adaptabilita na tělesnou zátěž se nejprve projeví neúměrným zvyšováním tepové frekvence v důsledku zvýšeného tonu sympatiku, snižuje se celkový krevní objem, ubývá erytrocytů a vyplavuje se vápník z kostí. Snížení kondice nemocných má navíc negativní vliv na sociální sféru (ztráta osobních kontaktů), omezení vlastní sebeobslužnosti a také negativně ovlivňuje komorbidity CHOPN (Zatloukal & Neumannová, 2012; Máček & Smolíková, 1995).

Pohybová inaktivita představuje problém v oblasti veřejného zdraví po celém světě. Podporuje vznik nespočtu chronických onemocnění a zhoršování životní kvality. Proto se Světová zdravotnická organizace snaží prosadit strategie na podporu zdraví. Jde například o program Zdraví 2020 (Health 2020), anebo o modelová doporučení Health economic assessment tools for walking and for cycling, která kvantifikují přínos pravidelných chodeckých aktivit a cyklistiky. Českou verzi dokumentu Zdraví 2020 – Národní strategie ochrany a podpory zdraví a prevence nemocí nabízí webové stránky Ministerstva zdravotnictví České republiky. V popředí zájmu stojí ochrana zdraví u všech věkových skupin.

### **2.2.1.2 Ventilační kapacita u pacientů s chronickým onemocněním plic**

Periferní i centrálně uložené receptory v dýchacích cestách registrují hladinu kyslíku, oxidu uhličitého a acidobazickou rovnováhu. Podněty z nich míří do centrální nervové soustavy, kde jsou zpracovány a dýchací centra regulují kvalitu a kvantitu dýchání tak, aby alveolární ventilace vyhovovala potřebám metabolismu. Činnost dýchacích svalů je dokonale koordinována, takže mohou v klidu i při zátěži zajistit potřebnou dodávku kyslíku ( $O_2$ ) a odstranit oxid uhličitý ( $CO_2$ ) (Máček, 2010).

Fyziologicky se při stupňované zátěži lineárně zvyšují parametry ventilace, výdeje  $CO_2$  a spotřeby  $O_2$ . Pokud funguje metabolismus anaerobně, snižuje se schopnost zužitkování kyslíku a rychleji vzrůstají parametry ventilace a výdeje  $CO_2$ . Souběžně s vzestupem ventilace a dechových objemů se zvyšuje odpor v horních dýchacích cestách a pacient začne dýchat ústy. Při konstantní úrovni zatížení se parametry prudce zvyšují v prvních 40 sekundách iniciální fáze, méně prudce rostou v přechodné fázi (2-3 minuty), až desítky minut pak organismus funguje v rovnovážném stavu mezi metabolickými a respiračními pochody v homeostatické fázi, po skončení zátěže se



systemy zotavují a hodnoty se postupně snižují (Zatloukal & Neumannová, 2012; Bartůňková a kol., 2013).

Při obstrukční ventilační poruše dosahuje nemocný maximálního proudu vzduchu jen při klidovém dýchání. Při zátěži dosáhne zvýšení pouze zvýšením frekvence dechu. Tím se ovšem zkracuje doba výdechu a rychleji se unaví dýchací svaly (Máček, 2010).

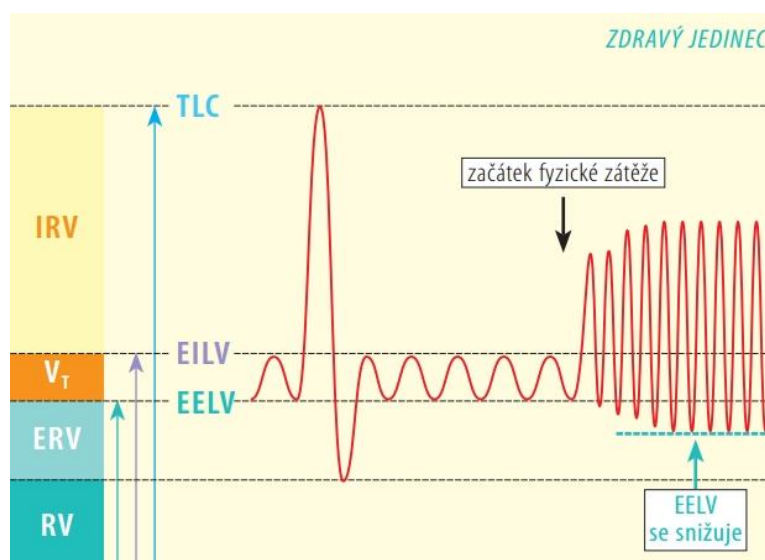
U pacientů s CHOPN dochází už ve statických podmínkách ke změně mechaniky dýchání a změnám plicních kapacit a objemů. V podkapitole 2.1.3.3 byly tyto změny důsledně popsány. Snižuje se elasticita plicní tkáně, zvyšuje se její poddajnost a rezistence malých dýchacích cest. Nádech omezuje oslabení nádechových svalů a změněná poddajnost plicní tkáně ovlivňuje výdech. Pacient vydechuje pomalu, dlouze, ale výdech není zcela dokončen, a tak předčasně nastupuje nádech. Rozvíjí se dynamická hyperinflace.

Jev dynamické hyperinflace je pozorován zejména při tělesné zátěži nemocných s CHOPN. Aktuální poloha výdechu je označována jako EELV, objem vzduchu na konci výdechu (end expiratory lung volume). Nadměrné městnání vzduchu v plicích může vést k negativnímu prohlubování změn plicní poddajnosti a ovlivňovat polohu funkční reziduální kapacity (Koblížek a kol., 2013; Guenette, Webb, & O'Donnell, 2012).

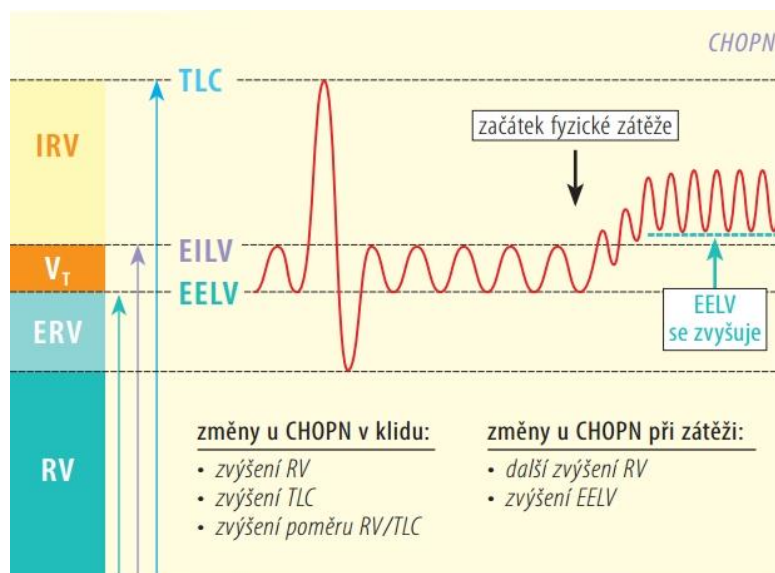
Pro potřeby fyzické aktivity je třeba zvýšit minutovou ventilaci, aby se zvýšila dodávka kyslíku tkáním. Zdraví jedinci si s touto situací poradí zvýšením dechového objemu (VT) a mírným zrychlením dechové frekvence (Obrázek 1). Osoby s CHOPN začínají obdobně. Na začátku zátěže zvyšují dechový objem, ale následkem patofyziologických změn je rychlost vydechaného proudu vzduchu menší, tedy vydechují pomaleji, a objem plic není schopen dosáhnout rovnovážného bodu (Obrázek 2). EELV je velmi variabilní parametr, který se postupně posouvá k horní křivce TLC, může se změnit až o více než jeden litr. Signifikantně stoupá i dynamický objem plic na konci nádechu (EILV, end inspiratory lung volume), snižuje se inspirační rezervní objem (IRV) a nádech je mechanicky limitován výší TLC. V praxi vidíme u pacientů inspirační postavení hrudníku. Zapojují pomocné dýchací svaly a dýchání je pro ně energeticky náročnější (Koblížek a kol., 2013; Guenette et al., 2012).

S progresí nemoci a s ní spojených funkčních a strukturálních změn začnou nemocní používat pomocné dýchací svaly i v klidu. Rovněž výdech je podpořen aktivitou výdechových břišních svalů. Tím se ovšem zvyšuje nitrohruční tlak, který stlačuje bronchy a zadržuje vzduch v uzavřených částech plic. V takových situacích se pacient podvědomě snaží o kompenzaci snížené dodávky

vzduchu například tak, že začne dýchat sevřenými rty. Zvýší si tím tlak v dýchacích cestách, kterým zmírní kompresi a aktivitou břišního svalstva podpoří výdech. Tato technika pomůže snížit dechovou frekvenci, zvýšit dechový objem a tím i efektivitu dýchání (Máček, 2010).



Obrázek 1. Plicní objemy u zdravého jedince v klidu a při fyzické zátěži (převzato z Koblížek a kol., 2013, p. 18)



Obrázek 2. Změny plicních objemů u CHOPN v klidu a při fyzické zátěži (převzato z Koblížek a kol., 2013, p. 19)

### 2.2.1.3 Patofyziologické změny ovlivňující tělesnou zátěž

Fyzická aktivita je úzce spojena se zátěžovou kapacitou, ale vymezují ji i další faktory. Věk, psychická pohoda, sociální zázemí a výskyt komorbidit jsou další činitelé participující na úrovni aktivity (Benzo, 2009).

Kosterní svaly typu I a IIa atrofují a dochází k přestavbě pomalých svalových vláken typu I v rychlá vlákna typu IIb. Změny se týkají nejen dechových svalů, ale i zbytku příčně pruhovaného svalstva. Ve svalech ubývá krevních kapilár, které mají zajišťovat výživu, a snižuje se kapacita oxidativních enzymů. Na podkladě těchto patologických změn jsou svaly u nemocných s CHOPN spíše oslabené a rychleji unavitelné. Nedostatečná dodávka kyslíku z důvodu úbytku kapilár aktivuje anaerobní tvorbu energie s vyšší produkcí laktátu. Tyto změny vedou k vyšším koncentracím laktátu po výkonu, které stimulují ventilaci a provokují dynamickou hyperinflaci. Mimoto se zvyšuje citlivost svalových vláken k únavě. Nemocní s CHOPN nedisponují velkou svalovou vytrvalostí, dysfunkce kosterních svalů limituje vykonávání pohybových aktivit a již zmíněné patologické změny způsobené nemocí se podílejí na rozvoji dušnosti, která progreduje, omezuje schopnost jedinců vykonávat běžné denní činnosti a snižuje kvalitu života nemocných (Neumannová & Kolek, 2012; Corhay et al., 2014).

U pacientů s CHOPN je popsána slabost musculus quadriceps femoris. V nedávné době bylo zjištěno, že bývají více oslabeny distální svaly dolních končetin. Změny svalového složení se týkají dorzálních flexorů (především musculus tibialis anterior) i plantárních flexorů (Gagnon et al., 2013; Maddocks et al., 2014).

U starší populace obecně dochází k poklesu funkční kapacity tělesných systémů. Degenerují chrupavky kloubů a rozvíjí se artróza, ubývá elasticity vazivových struktur, včetně kloubních pouzder a zpevňujících ligament. Ubývá organické kostní hmoty a řídne spongióza. Tyto změny vedou k omezování pohybových rozsahů a zvýšenému riziku vzniku zlomenin. S věkem klesá počet bílých svalových vláken, od 65. roku věku i červených vláken a zároveň ubývá krevních kapilár. Rozklad proteinů a redukce myofibril vedou ke vzniku svalové atrofie (Bartůňková a kol., 2013).

S přibývajícím věkem rovněž klesá elasticita plic, horší se utilizace kyslíku v tkáních a snižují se ventilační parametry. Kardiovaskulární systém pozbývá elasticity nutné k plnohodnotné činnosti, klesá výkonnost myokardu. Změnou ve struktuře elastinu dochází k vzestupu periferního odporu. Dochází k aterosklerotickým změnám, zvyšuje se tlak krevní a snižuje se prokrvení tkání. Metabolické změny zasahují i krev. Zvyšuje se cholesterolemie, glykémie, sedimentace erytrocytů

a koagulačních faktorů, což přispívá ke zvětšení rizika tromboembolických příhod (Bartůňková a kol., 2013; Canet & Sanchis, 2014).

#### **2.2.1.4 Adaptace na tělesnou zátěž**

Pravidelná pohybová aktivita má příznivý vliv na redukci rizikových faktorů civilizačních chorob. Zvyšuje se elasticita a kontraktilita myokardu, stejně jako se zvyšuje průtok krve do svalů, srdce pracuje ekonomičtěji, lépe se plní a zvyšuje se minutový objem. U trénovaných jedinců klesá klidová tepová frekvence a upravují se hodnoty krevních cukrů a tuků. Celkový tělní krevní objem se oproti stavu de kondice zvyšuje. Pozitivní vliv se přenáší i na plicní systém. Rozrůstá se kapilární síť, která zabezpečí dostatečné zásobení svalstva kyslíkem, a zlepšuje se extrakce kyslíku z krve. Zvýšení enzymatické aktivity oxidativních vláken snižuje produkci laktátu, čímž brání vzniku metabolické acidózy a v důsledku mírní zátěžovou dušnost. Zlepšuje se mechanika dýchání (Máček & Smolíková, 1995; Bartůňková a kol., 2013; Corhay et al., 2014).

Hlavním mechanismem adaptace v metabolické oblasti je zvýšení citlivosti inzulinových receptorů, díky které se sníží spotřeba a tím i sekrece inzulinu, a zvyšuje se tolerance na glukózu. Především vytrvalostní trénink stimuluje metabolismus ke zvýšenému využívání tuků. Mění se spektrum krevních lipidů, stoupá složka lipoproteinu HDL-cholesterol. Zvyšuje se podíl aktivní tělesné hmoty, sílí šlachy a vazy, v pohybové ústrojí se ukládá více minerálních látek, zejména vápníku. A v neposlední řadě se snižuje tonus sympatiku (Máček & Smolíková, 1995; Máček, 2010).

#### **2.2.1.5 Monitoring denní aktivity**

Pohybovou aktivitu lze kvantifikovat přímým pozorováním, hodnocením energetického výdeje, vlastním hlášením pomocí dotazníků a přístroji na bázi pohybových senzorů. Pro běžnou klinickou praxi stačí dotazníky a přístrojový monitoring (Benzo, 2009).

Kvantifikace pohybové aktivity pomocí **dotazníků** má nepochybně výhodu v jednoduchosti, dostupnosti a nízkých finančních nákladech. V současnosti však neexistuje spolehlivý dotazník zaměřený na skupinu pacientů s CHOPN. Jen velmi zběžně zmiňují aktivity dotazníky SGRQ, CAT a námahovou dušnost zjišťuje mMRC škála dušnosti. Zahraniční studie používají nespécifické dotazníky pro širokou veřejnost (Stanford Usual Activity Questionnaire, Stanford Seven Day Recall

Score, Physical Activity Scale in the Elderly, Yale Physical Activity Questionnaire). Výsledky ovlivňuje několik faktorů. Na spolehlivost má signifikantní vliv rozsah dotazníku, protože dlouhý text může zmást a nudit (Benzo, 2009).

**Pohybové senzory** zjišťují pohyb těla v průběhu času. Nejpoužívanější nástroje jsou pedometry (měření kroků) a akcelerometry (detekce zrychlení těla). Pedometr je malý přístroj, který se většinou nosí u pasu a detekuje vertikální pohyb boků během chůze i dalších pohybových aktivit, s výjimkou plavání. Problematické je použití pedometrů při jízdě na kole, bruslení či lyžování. Před použitím se nastavují dva údaje: hmotnost v kilogramech a délka kroků. Výstupem je hlavně počet kroků. Na základě údajů o délce kroků je další funkcí převod dat na míru překonané vzdálenosti a měření energetického výdeje v kilokaloriích. Neinformuje však o typu pohybové aktivity, ani o její intenzitě. V běžné populaci se hodnota deset tisíc kroků denně považuje za efektivní počet na podporu zdraví. Akcelerometr je technologicky propracovanější. Sleduje pohybovou aktivitu v každém okamžiku, takže určí množství a intenzitu pohybu. Navíc je schopen ukládat data v průběhu určitého období. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a skutečnost, že může chybně započítávat chůzi po schodech (Benzo, 2009; Sigmund & Sigmundová, 2011).

## **2.2.2 Limity chůze u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí**

Chůze je vzhledem ke stavbě lidského těla zcela přirozeným pohybem a je nejstarším prostředkem pro překonávání vzdáleností. Hodí se pro jedince všech věkových skupin a není ekonomicky nákladná. Chůze, jakožto činnost cyklického charakteru, funguje jako ideální pohybová aktivita. Podobně je tomu například i s během, jízdou na kole, severskou chůzí. Netřeba zdůrazňovat, že je nejen zdraví prospěšnou, ale i velmi oblíbenou pohybovou aktivitou. Přesto se mnoho lidí pohybu brání. Jsou přesvědčeni, že ho mají dostatek, ať už v práci, anebo v domácnosti. Jde pochopitelně o pohyb, ale s převládající aktivitou v často nepříjemných statických pozicích (Sovová, Zapletalová, & Cipryanová, 2008).

Chůze je pohybem člověku vlastním, a proto si každý hned všimne, když ho v chůzi něco limituje. Pacienti s CHOPN začínají být omezováni nejprve při zátěži, tj. při dynamičtějším aktivitách, chůzi do kopce nebo do schodů. Inaktivita a sedavý způsob života jsou avšak zdravotním rizikem, tolerance zátěže se postupem času snižuje, klesá výkonnost a prohlubuje se tíže limitujících symptomů.

Důležitou problematikou starší populace je posturální kontrola a s ní spojené riziko pádů. Ve svém přehledovém článku o problematice pádů ve stáří předkládá Rubenstein (2006) příčiny pádů a problémy s posturou a chůzí klade hned na druhé místo po úrazech způsobených zevní příčinou. Roig, Eng, MacIntyre, Road a Reid (2011) studovali posturální stabilitu u dvaceti pacientů s CHOPN (průměrný věk 72,3 let) a dalších dvaceti seniorů. Osoby s CHOPN častěji odolávají poruchám stability, významně častěji upadnou a ve srovnání se svými vrstevníky mají významně sníženou sílu extenzorů kolene.

Yentes et al. (2011) poukázali na potřebu zkoumat pohybové abnormality při pohybu nemocných s CHOPN. Jak zdůrazňují, existuje řada studií týkajících se snížené pohybové aktivity, rozvoje únavy, síly svalů dolních končetin, poruch koordinace a rizik pádů, ale konkrétní poruchy stereotypu chůze ještě nejsou podrobně prozkoumány. Annegarn et al. (2012) poprvé zkoumali rozdíly v chůzi při provádění šestiminutového testu chůzí u pacientů s CHOPN a zdravou populací. Osoby měly při zkoušce nasazen akcelerometr, který získal informace o intenzitě chůze, kadenci a variabilitě kroků. Pacienti s CHOPN šli významně nižší intenzitou, s nižší krokovou frekvencí a většími odchylkami kroku v medio-laterálním směru. Yentes, Rennard, Blanke a Stergiou (2014) porovnávali časoprostorové parametry chůze mezi skupinou 11 pacientů s CHOPN a 11 zdravých osob podobného věku. U pacientů s CHOPN zjistili menší variabilitu a flexibilitu v šířce kroků ve srovnání s kontrolní skupinou. Pacienti hůře koordinovali pohyb v medio-laterální rovině, což může mít vliv na zvýšené riziko pádů.

### **2.3 Zátěžové testování nemocných s chronickou obstrukční plicní nemocí**

Porušená plicní funkce a periferní svalová dysfunkce snižují u pacientů s CHOPN toleranci k fyzické zátěži. K hodnocení fyzické zdatnosti slouží laboratorní a/nebo terénní zátěžové testování. V klinické praxi fyzioterapeuta je snazší použít některý z terénních chodeckých testů, které nejsou finančně nákladné a nevyžadují sofistikované zařízení a speciální prostory k provádění. Testy hodnotí nejen aktuální zdatnost jedince, ale používají se i k hodnocení reakce na terapeutickou či farmakologickou intervenci a k preskripci pohybového tréninku (Hill et al., 2012).

Kontraindikací k provádění terénních zátěžových testů je období po infarktu myokardu, nestabilní angina pectoris, nekontrolované arytmie, klidový tlak krevní nad 180/100 mmHg, tepová frekvence vyšší než 120 tepů/min, synkopy, jakákoli jiná akutní onemocnění srdce a dekompenzované stavy, včetně těžkého nekontrolovaného astmatu a dechového selhávání.

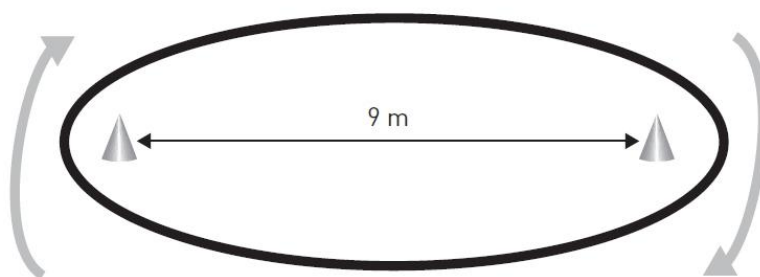
Relativní kontraindikace jsou nemoci znesnadňující chůzi (ortopedické vady, neurologické poruchy), tachy- či bradyarytmie, rizikové těhotenství. Testování má být přítomen lékař a pracoviště má ve výbavě pomůcky ke kardiopulmonální resuscitaci, nitroglycerin a inhalační bronchodilatancia s krátkodobým účinkem (Neumannová et al, 2014a; Holland et al., 2014).

V České republice se v běžné praxi používá šestiminutový test chůzi. Ten testuje na submaximální úrovni, takže jedinec chodí tak rychle, jak v daném momentě dovede. Nově se zavádí maximální testování v podobě kyvadlových (člunkových) testů: incremental shuttle walking test (ISWT) a endurance shuttle walking test (ESWT), které jsou dále podrobněji popsány.

### ***Incremental Shuttle Walking Test***

Singh, Morgan, Scott, Walters a Hardman (1992) zavedli do praxe kyvadlový terénní test se zvyšující se zátěží. Pacient chodí po desetimetrové dráze tam a zpět, dva kužely označující dráhu jsou přitom od sebe vzdáleny devět metrů (Obrázek 3). Tempo chůze je řízeno zvukovou nahrávkou. Díky maximálnímu charakteru korelují výsledky s laboratorním testováním a z dosažené vzdálenosti lze odhadnout spotřebu kyslíku (Holland et al., 2014).

Nahrávku a standardizované materiály lze zakoupit na Pulmonary Rehabilitation Department, University Hospitals of Leicester NHS Trust, Glenfield Hospital, Leicester ve Velké Británii.



Obrázek 3. Schéma průběhu ISWT testu (převzato z Holland et al., 2014, p. 14)

Před začátkem testu je jedinec instruován, aby šel po vytyčené dráze k opačnému kuželu, kde se otočí a po zaznění signálu pokračuje v chůzi. Při zaznění signálu by tedy měl být jedinec na opačném konci dráhy. Pokud přijde ke kuželu s předstihem, čeká u něj a vyrazí až po zaznění

signalizačního pípnutí. Test začíná trojím pípnutím a testovaný vyráží velmi pomalu, neboť v prvním kole má k překonání vzdálenosti 20 sekund. Tempo chůze začíná na necelých 2 km/h (0,5 m/s) a zvyšuje se každou minutu o 0,17 m/s. Celkové trvání testu je 12 minut a má 12 levelů (Singh et al., 1992; Chetta, Pisi, Aiello, Tzani, & Olivieri, 2009).

Testovaný chodí test sám, personál pouze dohlíží na průběh a nijak ho nepovzbuzuje. Na začátku hledá testovaný správnou rychlost, ze které bude následně zrychlovat. Někdy je nutné trochu usměrnit rychlé počáteční tempo. Po každé uběhlé minutě informujeme testovaného, že budou následovat tři pípnutí, po kterých by měl zvýšit rychlost chůze. Povinností testujícího personálu je zaznamenávání počtu zdolaných délek (Chetta et al., 2009; Holland et al., 2014).

Během testu se monitoruje tepová frekvence a saturace hemoglobinu kyslíkem. Přehled hodnot nás informuje, při jaké úrovni zatížení dochází k poklesu SpO<sub>2</sub> a jaká byla nejnižší hodnota. Před samotným testováním a bezprostředně po něm se změří tlak krevní, tepová frekvence a pomocí Borgovy škály se zhodnotí stupeň dušnosti a subjektivní vnímání intenzity zátěže (Neumannová et al., 2014a).

ISWT končí ve chvíli, kdy je pacient limitován dušností, únavou nebo bolestí dolních končetin, anebo ukončí test testující osoba, nestíhá-li pacient tempo řízené nahrávkou. Standardně se zkouška ukončuje ve chvíli, kdy je jedinec při pípnutí dál, než půl metru před kuzelem. Pokud je při pípnutí ve vzdálenosti půlmetru od protilehlého kuželu, vyzveme osobu ke zrychlení tempa. Americká hrudní společnost doporučuje ukončit testování při desaturaci pacienta pod 80 % (Chetta et al., 2009; Holland et al., 2014).

Primárním výsledkem zkoušky je zdolaná vzdálenost. Minimální vzdáleností je 0 m, když se jim nepodaří dokončit ani první délku, maximum je 1020 m. Společně s výsledkem ISWT a důvodem ukončení se zapisují naměřené hodnoty (SpO<sub>2</sub>, tepová frekvence a další) do standardizovaného archu papíru (Holland et al., 2014). Minimální klinicky významnou změnou v rozdílu mezi dvěma prováděnými testy ISWT je 47,5 m. Tato hodnota odpovídá subjektivně vnímané změně po sedmítýdenním rehabilitačním programu (Singh, Jones, Evans, & Morgan, 2008).

Ringbaek et al. (2010) prokázali, že je ISWT účinný prediktor přežití a úmrtnosti. Riziko úmrtí se zvyšuje u nemocných, kteří dosáhnou menší vzdálenosti než 170 m.



### ***Endurance Shuttle Walking Test***

ESWT je vytrvalostní kyvadlový chůzový test na submaximální úrovni, který představili Revill, Morgan, Singh, Williams a Hardman (1999). Jde o zátěžový test primárně určený k posouzení vytrvalostních schopností, při kterém chodí pacient po dráze dlouhé deset metrů konstantní rychlostí chůze. Základ testu je stejný jako u ISWT – desetimetrová dráha vytyčena dvěma kužely, tempo je řízeno audio nahrávkou, a tak pacient vyráží k protilehlému kuželu vždy po zaznění zvukového impulsu.

Test začíná stejně jako ISWT trojím pípnutím, po kterém pacient zahájí chůzi. Prvních 100 sekund se začíná pomalejším tempem, po nich následuje vlastní testovací tempo. Rychlost nenarůstá, je po celou dobu konstantní. Testovaný chodí, dokud stíhá a není limitován příznaky nemoci. Personál na osobu nemluví, pouze může pobídnout ke zrychlení, když nestíhá tempo. Maximální doba trvání ESWT je 20 minut (Chetta et al., 2009; Holland et al., 2014).

Konstantní tempo chůze pro ESWT se vypočítává z ISWT, který se u testovaného provádí jako první. Jde o procentuální vyjádření maximální spotřeby kyslíku při ISWT. Jako nejvhodnější se osvědčila intenzita 85 %. Stejně jako ISWT, ani ESWT není ovlivněn motivací pacienta, jako je tomu u šestiminutového chůzového testu (Revill et al., 1999).

Z počtu zdolaných délek se vypočte vzdálenost, ale primárním výsledkem je čas chůze v sekundách. Stejně jako u ISWT můžeme doplnit výsledné proměnné o hodnoty SpO<sub>2</sub>, tepové frekvence a stupeň vnímané dušnosti a námahy dle Borgovy stupnice. Altenburg et al. (2015) chtěli určit minimální klinicky významnou změnu pro pacienty s těžkou CHOPN (stadium IV) a hyperkapnickým respiračním selháním. Analýzou výsledků od 55 pacientů se stabilní CHOPN získali data, která je ještě třeba ověřit na větším vzorku pacientů. Minimální klinicky významnou změnu v ESWT testu odhadují na zlepšení v rozmezí 186–199 s, 76–82 % a/nebo 154–164 m.

ESWT se ukázal jako dostatečně citlivý k hodnocení farmakologického efektu bronchodilancií (Pepin et al., 2011). Zároveň je test citlivější ke změnám po rehabilitační léčbě, než jiné terénní testy (Revill et al., 1999; Chetta et al., 2009).

## **2.4 Biomechanická analýza chůze**

Lidská noha je komplexní struktura, která představuje hlavní mechanické rozhraní mezi naším tělem a prostředím. Problémy týkající se lidské nohy mají signifikantní vliv na funkční nezávislost

a kvalitu života. S věkem roste prevalence strukturálních poškození nohy. Rizikové faktory jsou mimo věk a nadváhu také komorbidita – nejčastěji vaskulární, neurologické a muskuloskeletální. Také nošení nevhodné obuvi má negativní vliv na strukturu nohy. Nejčastější deformity vyskytující se ve vyšším věku jsou vbočený palec (hallux valgus), drápkovité a kladívkovité prsty. Bývají spojeny s výskytem hyperkeratózy a bolestí v předonoží. Deformity spojené s bolestí mají významný vliv na funkci nohy a balanční schopnosti. Z neurologických poruch jsou nejčastější neuropatie, např. diabetická polyneuropatie (Menz, 2008).

V současnosti je analýza lidské chůze předmětem mnoha výzkumných projektů. Změny v chůzi odhalují klíčové informace o kvalitě života a pomáhají diferencovat začátek a vývoj různých onemocnění, včetně systémových chorob a změn vyvolaných stárnutím. Z klinického hlediska spočívá majoritní význam v analýze poruch chůze u neurodegenerativních onemocnění, nicméně pozornost můžeme soustředit také na sportovce a jiné skupiny probandů (Muro-de-la-Herran, Garcia-Zapirain, & Mendez-Zorrilla, 2014). Hodnocení chůze má význam také u pacientů s respirační dysfunkcí. Z anamnézy často zjišťujeme, že jsou limitováni dušností, nejistotou při chůzi či bolestmi až při vyšších rychlostech, a proto je kromě vyšetření běžné rychlosti chůze vhodné zhodnotit chůzi při různých rychlostech (Neumannová et al., 2014a).

Historicky se lokomoce hodnotila pouze aspekčně, anebo klasickým filmovým záznamem. Vlastní pacientova deskripce, stejně jako odborný pohled specialistů, když se jedinec prochází po místnosti, jsou metodami subjektivními. Pokrok v oblasti technologií vedl k vyvinutí řady kvantitativních metod měření, které vedou k objektivnějšímu hodnocení, činí ho efektivnějším a poskytují spolehlivé informace. Cílem laboratorní analýzy chůze je její kvantifikace, a proto má v této oblasti nezastupitelné místo biomechanika. Spektrum metod hodnocení pohybu se rozrůstá, v současnosti se používají tři hlavní metody: elektromyografie, snímání kamerou při chůzi a pedobarografie (Dungl a kol., 2014; Muro-de-la-Herran et al., 2014; Janura, Vařeka, Lehnert, Svoboda a kol., 2012).

Nevýhodami přístrojového vyšetření pohybu bývá obvykle vysoká pořizovací cena přístrojové techniky, potřeba obsluhy zkušeným pracovníkem, časová i prostorová náročnost testování. Proto se nejčastěji používají na specializovaných pracovištích. Přesto má přístrojové vyšetření pohybu nemálo výhod. Je citlivější k malým změnám, objektivnější, provedení je konstantnější (ustálené podmínky, často stejný vyšetřující), umožňuje kvantifikovat výsledky a opakovaně vyhodnocovat data. Pohyb se nejčastěji hodnotí metodami kinematickými

(časoprostorové charakteristiky) nebo kinetickými metodami (vznik a působení sil) (Kolářová, 2012).

### 2.4.1 Chůze a chůzový cyklus

Bipedální lokomoce je základním způsobem lidské lokomoce. Je specifická a individuální. Jde o dopředný pohyb za neustálého opakování kroků, kdy je tělo po celou dobu v kontaktu s podložkou. Základní jednotkou je dvojkrok, který představuje vzdálenost mezi opakovaným kontaktem paty stejné nohy. Krokový cyklus má dvě hlavní fáze – stojnou (statická) a švihovou (dynamická). U různých osob se liší rychlost chůze i absolutní délka trvání jednotlivých krokových fází. Trvání švihové fáze nezátížené končetiny odpovídá asi 38 % cyklu a stojné fáze 62 % (Dungl a kol., 2014).

Fáze krokového cyklu dělí a charakterizují Perry a Burnfield (2010) následovně:

**Počáteční kontakt:** Okamžik, kdy noha dopadne na podložku a začíná přenos tělesné hmotnosti. Dopadající končetina je optimálně nastavena a připravena absolvovat náraz dopadu. Hlezenní a subtalární kloub jsou v neutrálním postavení, koleno je asi v 5° flexi a kyčelní kloub ve flexi přibližně 20°.

**Stadium zatěžování:** Fáze dvojí opory navazuje na počáteční kontakt a končí odrazem palce kontralaterální končetiny. V průběhu fáze je chodidlo pokládáno na podložku, hlezno se plantárně flektuje. Mechanismus zhoupnutí paty pomáhá zachovat postup vpřed. Laterální kontakt paty spouští 5° everzi subtalárního kloubu, která odemyká předonoží. Koleno absorbuje náraz dopadu dolní končetiny a aktivitou pretibiálních svalů se flektuje asi do 20°. Větší flexe by zbytečně znásobila aktivitu musculi vasti.

**Mezistoj:** Chodidlo je v plném kontaktu s podložkou a kontralaterální dolní končetina má míjí stojnou dolní končetinu. Tibie stojí vertikálně, ale v koleni i kyčli je stále nízký stupeň flexe. Chodidlo přechází do dorzální flexe, spustí se mechanismus zhoupnutí v kotníku a fáze končí odrazem paty.

**Koncový stoj:** Po odrazu paty se chodidlo roluje a zvedá. V průběhu fáze narůstá aktivita plantárních flexorů a probíhá mechanismus zhoupnutí přednoží. Na závěr fáze kontaktuje dolní

končetina podložku svými hlavičkami metatarzů a palcem. Tělo se posouvá vpřed a fáze končí iniciálním dotykem kontralaterální končetiny.

**Předšvih:** Sledovaná dolní končetina se plantárně flektuje a zhoupnutím palce se připravuje k odrazu. Hmotnost se přenáší na kontralaterální končetinu. Kolenní kloub zvětšuje svou flexi.

**Počáteční švih:** Švih začíná odrazem palce. Kolenní kloub dosahuje své maximální flexe v průběhu krokového cyklu.

**Mezišvih:** Mezišvih začíná okamžikem, kdy švihová končetina míjí stojnou, a končí ve chvíli, když je tibie ve vertikále. Hlezenní kloub je v neutrálním postavení, kyčelní i kolenní kloub je flektován, v koleni dochází k pasivní extenzi.

**Koncový švih:** Tato fáze připravuje dolní končetinu na nový počáteční kontakt s podložkou. Kolenní kloub dosahuje plné extenze, hlezenní kloub je v neutrálním postavení.

Chůze je nejběžnější pohybovou aktivitou. Rychlost chůze, délka kroku a tempo jsou ovlivněné kloubní pohyblivostí a silou svalstva. Vše je řízeno centrálním nervovým systémem. Tyto časové a prostorové faktory charakterizují společně s trváním stojné a švihové fáze lidský chůzový cyklus. Rychlost chůze je definovaná tempem, kterým jedinec ujde určitou vzdálenost za jednotku času. Rychlost je číselná hodnota uváděná v jednotkách m/s, m/min, anebo počet kroků/min. Průměrná rychlost chůze na rovné ploše u dospělých je 82 m/min a muži jsou asi o 5 % rychlejší než ženy (Perry & Burnfield, 2010).

Z hlediska popisu pohybu dolních končetin při chůzi je důležité ohodnotit také dynamické působení na chodidlo. Pomocí tlakových plošin můžeme zhodnotit maximální tlaky zatížení jednotlivých částí chodidla. Nejvíce zatěžovaná místa bývají pata, první metatars s palcem a pátý metatars s laterální hranou chodidla. Během chůze se přenáší tělesná hmotnost na stojnou končetinu. Fyziologicky zpočátku zatíží pouze oblast paty. Tlak se dále přenáší do oblastí, které se dostávají do kontaktu s podložkou. Hmotnost těla se posouvá vpřed, pata se zvedá a maximální síla se koncentruje do předonoží. Velikost zatížení se zvyšuje s rychlostí (Perry & Burnfield, 2010; Eils et al., 2002).

## 2.4.2 Dynamická analýza chůze

Dynamická analýza hodnotí pohyb se zřetelem k působícím silám a veličin z nich odvozených. Zevní síly a tlaky působí na jedince přímým kontaktem s podložkou a vnitřní síly působí pohybem kostí, kloubů, svalů a vazů. Při posuzování charakteru chůze se nejčastěji pracuje s parametrem reakční síly, který je součtem všech sil působících na podložku. K podrobnější analýze je třeba znát změny síly v časovém průběhu činnosti. K tomu slouží *dynamografie*. Základním přístrojovým vybavením ke studiu této závislosti jsou silové plošiny. V současnosti se využívají dva typy senzorů: tenzometrické a piezoelektrické. K analýze dynamických změn při pohybu, velikosti a rozložení tlaků v místě kontaktu lidského těla s podložkou, slouží dynamická plantografie (Kolářová, 2012; Janura et al., 2012).

### Dynamická plantografie

Dynamická plantografie (dynamická podografie, pedobarografie) je metoda měření využívající k analýze chůze tlakové snímače. Změny v rozložení tlaku pod chodidlem registruje v určitém čase, proto přívlastek dynamická. Na rozdíl od silových plošin, umožňují tlakové plošiny sledovat rozdělení tlaku pod ploškou a sledovat vztah trajektorie COP (centre of pressure – působíště reakční síly) k jednotlivým oblastem nohy. Metoda se dnes využívá zejména v rámci výzkumu při kvantifikaci charakteristik chůze a jejich patologií (Janura et al., 2012).

Do České republiky jsou dodávány hlavně systémy Emed (novel GmbH, Mnichov, SRN) a Footscan (RSscan International, Olen, Belgie). Měřicí systémy zahrnují vlastní snímací zařízení, propojovací 3D box k propojení s dalším zařízením, počítač a software.

Systém Footscan, který byl použit ve výzkumné části diplomové práce, tvoří měřicí plošiny dlouhé 50 cm. Jejich složením vznikne plošina až dva metry dlouhá, vlastní aktivní plocha je však vždy o něco menší. Střední vrstva plošiny obsahuje vlastní tlakové senzory, které jsou u tohoto systému odporové. Hustota senzorů je 7 až 4/cm<sup>2</sup> a rozsah měření asi 0,27 až 127 N.cm<sup>-2</sup>. Systém umožňuje nastavit různě vysokou snímkovací frekvenci, která dokáže registrovat i rychlostní změny pohybu podle potřeby (Janura et al., 2012).

Dynamická plantografie umožňuje hodnotit rozložení tlaků plošky. Systém Footscan rozděluje otisk chodidla do deseti anatomických oblastí: T1 (palec), T2-T5 (prstce), M1-M5 (metatarzy), MF (středonoží), HL (laterální část paty) a HM (mediální část paty). Nasnímaný tlak se

pomocí příslušného software zobrazí jako dvourozměrná mapa distribuce tlaku v koordinátové síti x (laterolaterální směr) a y (anteroposteriorní směr). Mohou se tak sledovat maximální tlaky v jednotlivých oblastech při zatížení. Z distribuce tlaků všech vypočtených segmentů lze zjistit celkovou vertikální sílu, COP a jeho trajektorie. Lze stanovit celkovou dobu zatížení, plochu kontaktu určitých oblastí, plochu aktivního kontaktu, stejně jako délku a šířku snímaného otisku. Při použití dvoumetrovyých plošin se dají určit i základní parametry chůzového cyklu jako trvání jednotlivých částí oporné fáze, délka kroku i dvojkroku (Janura et al., 2012).

## 3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

### 3.1 Cíle

Hlavním cílem této práce je zhodnotit akutní vliv tělesné zátěže na vybrané dynamické parametry chůze u pacientů s těžkým stupněm CHOPN (post-bronchodilatační  $FEV_1 \leq 60\%$ ).

Stanovili jsme si tyto dílčí cíle:

1. Zhodnotit výsledky zátěžového testu ISWT u pacientů s CHOPN a kontrolní skupiny.
2. Zhodnotit, jak se měnila v průběhu zátěžového testu ISWT hodnota saturace hemoglobinu kyslíkem u pacientů s CHOPN a kontrolní skupiny.
3. Posoudit rozdíly v zatížení nohy při chůzi v průběhu zátěžového testu ISWT u pacientů s CHOPN a kontrolní skupiny.
4. Posoudit, jak se mění zatížení nohy s narůstající rychlostí u pacientů s CHOPN a kontrolní skupiny.

### 3.2 Výzkumné otázky

#### **V<sub>1</sub>: Jak se liší výsledky ISWT testu mezi osobami s CHOPN a zdravými osobami?**

*Komentář: Hodnoceny budou výsledky ISWT testu, změny saturace hemoglobinu kyslíkem, hodnoty z Borgovy škály a důvody ukončení ISWT testu.*

#### **V<sub>2</sub>: Jak se liší zatížení nohy během stejné fáze krokového cyklu mezi osobami s CHOPN a zdravými osobami?**

*Komentář: Hodnoceny budou čtyři zvolené parametry – 2 časové (%Contact, tMax P) a 2 tlakové (Impuls, Max P) zvlášť pro každou rychlostní úroveň ISWT testu.*

#### **V<sub>3</sub>: Jak se mění zatížení sledovaných oblastí nohy při zvyšující se rychlosti chůze u pacientů s CHOPN a u zdravých osob?**

*Komentář: Hodnoceny budou čtyři zvolené parametry – 2 časové (%Contact, tMax P) a 2 tlakové (Impuls, Max P) u jednotlivých oblastí nohy (předonoží, středonoží a zánoží).*

## 4 METODIKA

Diplomová práce byla dílčí částí výzkumné studie PHAETON, která zjišťovala vliv fyzické zátěže na oxidativní stres, funkci krevních destiček, dynamické parametry chůze a stabilitu stoje u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí s bronchitickým a emfyzematickým fenotypem. Cílem diplomové práce je zhodnotit dynamické parametry chůze u pacientů s CHOPN a kontrolní skupiny. Podmínkou vstupu do studie byl nejprve podpis informovaného souhlasu. Protokol studie a texty informovaných souhlasů jsou schváleny Etickou komisí ve FN Hradec Králové, FN Olomouc a FN Brno.

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Do studie byli zařazeni pacienti s prokázanou diagnózou CHOPN, kteří byli náhodně vybráni z České multicentrické výzkumné databáze CHOPN – Registru České pneumologické a fyziologické společnosti ČLS JEP. Kontrolní skupinu tvořili zdraví jedinci srovnatelného věku, kteří podstoupili stejné testování jako skupina nemocných.

Zařazovací kritéria nemocných s CHOPN:

- těžký stupeň CHOPN (post-bronchodilatační  $FEV_1 \leq 60 \%$ )
- stabilní stav (bez exacerbace)
- zařazení v České multicentrické výzkumné databázi CHOPN
- souhlas pacienta

Vylučovací kritéria ze studie:

- přítomnost závažných bronchiektázií
- dekompenzované kardiovaskulární onemocnění (nestabilní angina pectoris, infarkt myokardu v posledních 6 měsících, manifestní kardiální selhávání, dekompenzovaná arteriální hypertenze, stav po náhlé cévní mozkové příhodě v posledních 6 měsících, malignita, dekompenzovaný diabetes)



- mimoplicní onemocnění, u kterých je kontraindikováno zátěžové testování včetně poruch mobility (revmatologické, neurologické, psychiatrické, či ortopedické)
- anémie (Hb pod 100 g/L)
- dlouhodobá domácí oxygenoterapie
- FeNO nad 45 ppb (ve stabilním stavu, nejméně 6 týdnů bez exacerbace)

Výzkumnou skupinu tvořilo 17 pacientů s CHOPN (12 mužů, 5 žen) a 17 zdravých osob (11 mužů, 6 žen). Mezi měřenými skupinami nebyl signifikantní věkový rozdíl, ani rozdíl v hodnotách body mass indexu (Tabulka 4).

Tabulka 4. Charakteristika souboru

Proměnná	CHOPN (n=17)		Kontrolní (n=17)	
	Průměr	SD	Průměr	SD
Věk	65,5	7,3	62,6	2,0
BMI	27,1	5,7	28,1	3,0

*Vysvětlivky: n* – počet probandů, *SD* – směrodatná odchylka, *BMI* – body mass index.

## 4.2 Metoda měření

Analýza rozložení tlaků pod ploškou nohy byla provedena pomocí měřicího systému Footscan® (RSCcan International, Belgium). Plantografická plošina má délku 2 m a hustotu senzorů 2,6/cm<sup>2</sup>. Snímkovací frekvence byla 50 Hz a 100 Hz při délce měření 2,5 s a 2 s. Před plošinou i za ní byly položeny výškově shodné desky, aby byla chůze snímána v plynulé rychlosti.

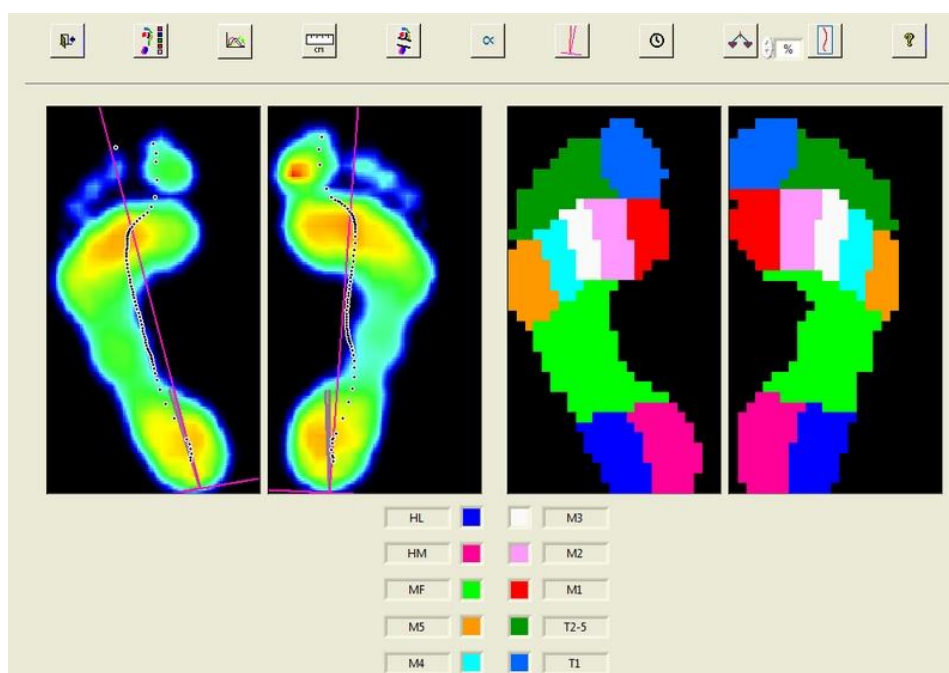
## 4.3 Průběh měření

Měření probíhalo na plicních klinikách fakulturních nemocnic v Hradci Králové, Olomouci a Brně. Participanti nejprve podstoupili měření stability stoje na silové plošině značky Kistler. Následoval první zátěžový chodecký test ISWT, který byl zkušební. ISWT byl proveden podle

pokynů shrnutých v kapitole 2.3 a zdolané úrovně testu byly zaznamenány do standardizovaných archů. Po ukončení prvního ISWT testu se kontrolně vyšetřila stabilita stoje, poté si participant odpočinul. Po ustálení tepové frekvence a saturace ke klidovým hodnotám se uskutečnil druhý ISWT test, během kterého byla provedena analýza chůze pomocí systému Footscan®. Měření probíhalo naboso a participantů byli instruováni k plynulé chůzi středem plošiny. V celém průběhu byla monitorována saturace a tepová frekvence pomocí prstového oxymetru se záznamem (Nonin 3150 WristOx2). Před zátěžovým chodeckým testem a po něm byla zhodnocena dušnost, bolest dolních končetin a subjektivně vnímaná intenzita zátěže na Borgově stupnici.

#### 4.4 Zpracování výsledků

Data získaná měřením na plošině Footscan® byla dále zpracována pomocí softwaru Footscan gait (verze 7.97). Chodidlo je v programu automaticky rozděleno na deset oblastí: palec (Toe 1), ostatní prsty (Toes 2-5), první až pátý metatarz (Meta 1-5), středonoží (Midfoot), mediální část paty (Heel medial) a laterální část paty (Heel lateral). S pomocí funkce Zone division (Obrázek 4) se manuálně upravil tvar jednotlivých oblastí. Prstce se oddělily od metatarzů, předonoží od středonoží. Vyexportovaná data se dále zpracovávala v programu Microsoft Office Excel 2010.



Obrázek 4. Zone division

Hodnocené parametry jsou %Contact, Max P, Time Max P (tMax P) a Impuls:

- %Contact – doba zatížení oblasti vzhledem k trvání stojné fáze [%]
- Max P – maximální tlak zatížení ve sledované oblasti [ $\text{N.cm}^{-2}$ ]
- tMax P – okamžik působení maximálního tlaku ve sledované oblasti [%]
- Impuls – celkové zatížení sledované oblasti [ $\text{N.s.cm}^{-2}$ ]

%Contact a tMax P jsou časové parametry, Max P a Impuls jsou tlakové parametry.

K následnému statistickému zpracování dat byl použit program STATISTICA (verze 10, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Statistické zpracování bylo provedeno pouze z dat druhého ISWT a pouze z rychlostních úrovní 1-7, protože mnozí pacienti do vyšších úrovní nedošli. K porovnání dat mezi pacienty a kontrolní skupinou byla použita analýza rozptylu (ANOVA) a Fisherův LSD post-hoc test. Byly tak vypočteny základní popisné statistické veličiny (průměr a směrodatná odchylka). Základní statistické charakteristiky jsou zaneseny do tabulek, kde jsou statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ) označeny symbolem \*.

## 5 VÝSLEDKY

V jednotlivých výsledcích jsou prezentovány pouze parametry, u nichž byly zjištěny statisticky významné změny na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ . Veškeré parametry s hodnotami základních statistických charakteristik jsou zaneseny do tabulek uvedených v Příloze 1.

### 5.1 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>1</sub>

*Jak se liší výsledky ISWT testu mezi osobami s CHOPN a zdravými osobami?*

Zjistili jsme statisticky významný rozdíl ve výsledcích ISWT testu mezi sledovanými skupinami. Pacienti s CHOPN ušli signifikantně kratší vzdálenost. Dále nás zajímalo, jak se v průběhu ISWT testu měnily hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem. Signifikantní rozdíly byly ve všech třech měřených situacích. Pacienti v průběhu zátěže významně desaturovali. Tabulka 5 zobrazuje průměrnou vzdálenost, kterou obě skupiny ušly, a průměrné hodnoty saturace.

Tabulka 5. Výsledky ISWT testu

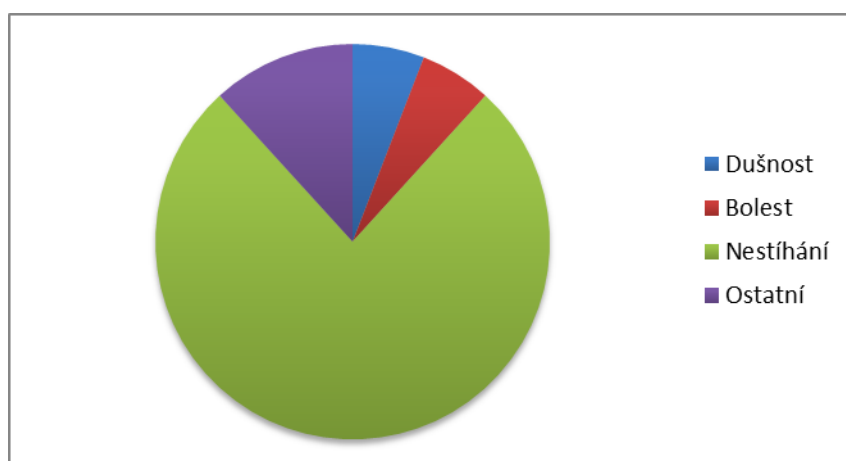
Proměnná	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
	Průměr	SD	Průměr	SD	
ISWD [m]	415,3	146,3	721,2	134,9	0,0001*
SpO <sub>2</sub> klid [%]	94,1	2,0	96,0	1,2	0,0025*
SpO <sub>2</sub> konec [%]	86,2	6,4	94,3	2,3	0,0001*
SpO <sub>2</sub> druhá [%]	94,6	1,8	96,2	1,3	0,0062*

*Výsledky:* SD – směrodatná odchylka, ISWD – vzdálenost v ISWT, SpO<sub>2</sub>klid – klidová saturace před začátkem ISWT, SpO<sub>2</sub>konec – saturace bezprostředně po ukončení ISWT, SpO<sub>2</sub>druhá – saturace měřená po dvou minutách od ukončení ISWT.

Před započítáním ISWT testu nebyl žádný z účastníků dušný a neměl bolesti dolních končetin. Po skončení zátěžového testu byly průměrné stupně v Borgově škále dušnosti u pacientů 6 (těžká, obtěžující), u zdravých 2 (velmi lehká). Pacienti uváděli v průměru bolest dolních končetin

na stupni 2 (lehká), zdraví na stupni 0 (žádná). V bodovém hodnocení úrovně zátěže uvedli pacienti průměrnou hodnotu 14 (mezistupeň mezi poněkud těžší a těžké) a zdraví hodnotu 11 (docela lehké).

V kontrolní skupině ukončilo test všech 17 účastníků (100 %) z důvodu nestíhání tempa. Ve skupině osob s CHOPN (Obrázek 5) ukončil test pouze 1 pacient pro dušnost (6 %), 1 pacient pro bolest lýtek (6 %), 13 pacientů kvůli nestíhání tempa (76 %) a u zbylých 2 pacientů byla kombinace těchto důvodů (12 %).



Obrázek 5. Důvody pro ukončení ISWT testu ve skupině pacientů s CHOPN

## 5.2 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>2</sub>

*Jak se liší zatížení nohy během stejné fáze krokového cyklu mezi osobami s CHOPN a zdravými osobami?*

### a) Výsledky k parametru %Contact

V první rychlostní úrovni ISWT je signifikantní rozdíl pouze v oblasti 2.-5. prstce. Ve srovnání s kontrolní skupinou je parametr doby zatížení prstců u pacientů s CHOPN o 14,9 % nižší. V průměru zatěžovali pacienti méně také oblast palce (10,8 %), ale rozdíly nejsou statisticky významné. Statistické významnosti se přibližuje rozdíl v zatížení třetího metatarzu, kde je hodnota u pacientů s CHOPN o 2,3 % vyšší (Příloha 1: Tabulka 6).

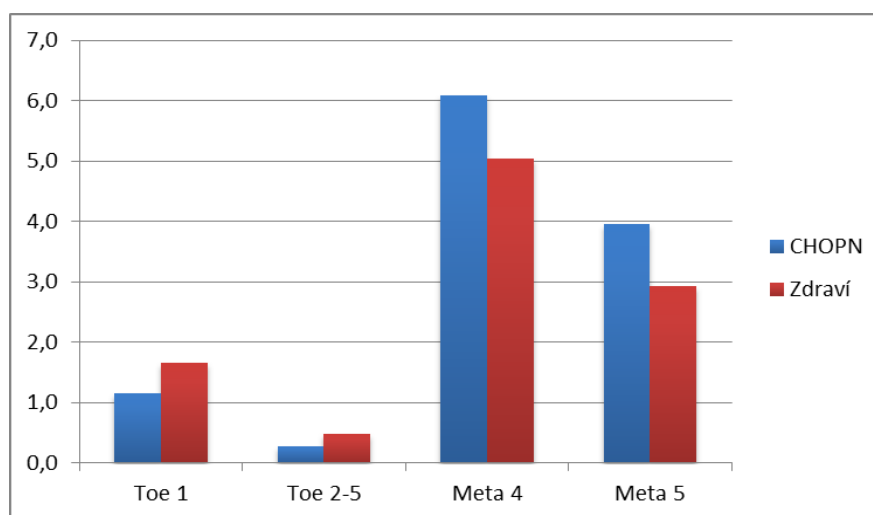
Ve druhé úrovni testu zatěžovaly obě skupiny kratší dobu oblast paty, středonoží a pátého metatarzu, rozdíly ale nejsou statisticky významné.

Ve třetí úrovni pokračoval pokles zatížení paty a středonoží u pacientů doprovázený mírným vzestupem průměrných hodnot v oblasti palce a prstců. U kontrolní skupiny se hodnoty měnily minimálně. Statisticky významný rozdíl mezi skupinami byl zjištěn pro oblast prvního metatarzu, kde je parametr u pacientů o 5,7 % vyšší u skupiny CHOPN (Příloha 1: Tabulka 8).

Ve čtvrté až šesté úrovni neexistují statisticky významné rozdíly mezi skupinami. V sedmé rychlostní úrovni existuje pro parametr %Contact statisticky významný rozdíl v oblasti 2.-5. prstce. Doba kontaktu byla u skupiny pacientů o 15,3 % nižší (Příloha 1: Tabulka 12).

### b) Výsledky k parametru Impuls

V první rychlostní úrovni existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami pro parametr Impuls v oblasti palce, 2.-5. prstce a pátého metatarzu (Obrázek 6; Příloha 1: Tabulka 13). Pacienti s CHOPN měli celkové zatížení palce o 35,3 % nižší, ostatních prstců o 40 % nižší. Oblast pátého metatarzu byla u pacientů zatěžovaná o 27,5 % více. Hodnota parametru Impuls v oblasti čtvrtého metatarzu se přibližuje statistické významnosti, hodnota u pacientů byla o 18 % vyšší.



*Vysvětlivky: Toe 1 – palec, Toe 2-5 – 2.-5. prstec, Meta 4 – 4. metatarz, Meta 5 – 5. metatarz*

Obrázek 6. Srovnání hodnot parametru Impuls v 1. kole ve vybraných oblastech

Pro parametr Impuls byl ve druhém kole zjištěn statisticky významný rozdíl v oblasti palce nohy a 2.-5. prstce (Příloha 1: Tabulka 14). Hodnoty jsou u skupiny CHOPN nižší o 35,3 % v oblasti palce a o 50 % pod prstci. Ve srovnání s prvním kolem se snížily hodnoty u 4.-5. metatarzu, středonoží a zánoží.

V navazujících rychlostních úrovních 3, 4 a 5 byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami v oblasti 2.-5. prstce (Obrázek 11). Osoby s CHOPN měly tlakový impuls nižší o 40 % ve třetím a čtvrtém kole, o 25 % nižší v pátém kole. Hladině statistické významnosti se blíží i nižší zatížení palce v kolech 4 a 5 (Příloha 1: Tabulka 15-17).

Poslední dvě rychlostní úrovně nemají statisticky významný rozdíl mezi skupinami.

### **c) Výsledky k parametru Max P**

V první rychlostní úrovni existuje pro tlakový parametr Max P jeden statisticky významný rozdíl mezi skupinami. Na pátém metatarzu měli pacienti s CHOPN o 29,8 % vyšší hodnoty tlaku, než kontrolní skupina (Příloha 1: Tabulka 20). Oblast středonoží zatěžovala v prvním kole skupina s CHOPN průměrně tlakem  $4,57 \text{ N.cm}^{-2}$  a kontrolní skupina  $3,48 \text{ N.cm}^{-2}$ . Rozdíl se blíží statistické významnosti.

Maximální hodnoty tlaku se mezi skupinami nejvíce lišily v oblasti palce nohy (Obrázek 10). V prvním kole jsou si hodnoty Max P u obou skupin velmi podobné. U pacientů s CHOPN jsou nižší hodnoty parametru Max P v kole druhém (30,7 %), čtvrtém (27 %), pátém (27,1 %) a šestém (27,9 %). Statistické významnosti se blíží také hodnoty ze třetího a sedmého kola. Výsledné hodnoty Max P všech sledovaných oblastí obsahují tabulky 20-26 v Příloze 1.

### **d) Výsledky k parametru tMax P**

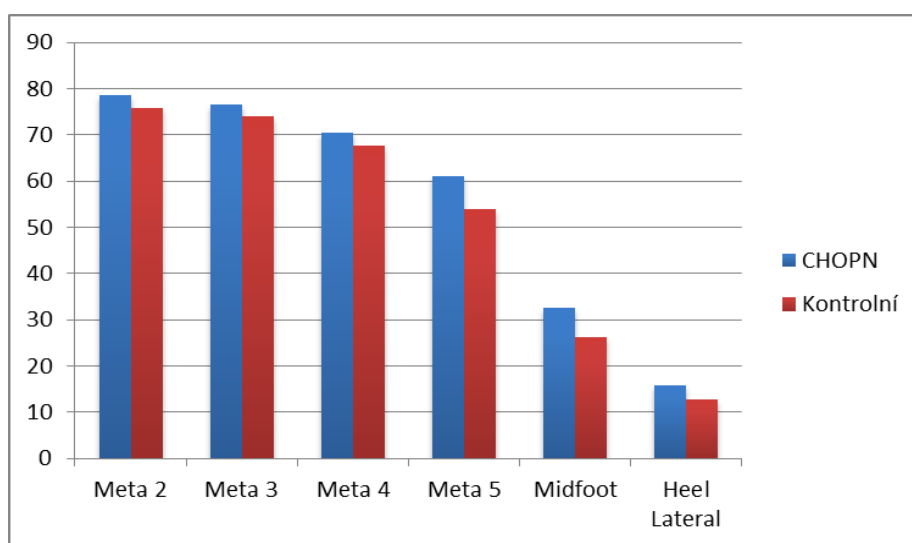
Parametr tMax P je časový parametr, který stanovuje dobu působení maximálního tlaku. Pro tento parametr existuje několik statisticky významných rozdílů v různých rychlostních úrovních.

V prvním kole ISWT testu se hodnoty u obou skupin výrazně nelišily. Pro parametr tMax P byly ve druhé úrovni zjištěny statisticky významné rozdíly měřených hodnot pro oblast druhého metatarzu a středonoží (Příloha 1: Tabulka 28). Hodnoty z oblasti 3.-4. metatarzu se blíží statistické významnosti. U pacientů s CHOPN jsou všechny zmíněné hodnoty vyšší: druhý metatarz o 2,8 % a středonoží o 12,3 %.

Ve třetí úrovni testu (Příloha 1: Tabulka 29) se statistické významnosti blíží rozdíl hodnot pod druhým metatarzem. Významný je rozdíl hodnot v oblasti středonoží, ve skupině pacientů s CHOPN o 22,4 % vyšší.

Ve čtvrté rychlostní úrovni byly zjištěny statisticky významné rozdíly parametru tMax P v oblasti druhého metatarzu a středonoží (Příloha 1: Tabulka 30). Průměrná hodnota je u skupiny CHOPN vyšší o 3,1 % pro druhý metatarz a o 21,9 % v místě středonoží. Doba maximálního zatížení se blíží statistické významnosti v oblasti prvního a pátého metatarzu.

Hodnoty tMax P dosáhly v pátém kole (Obrázek 7; Příloha 1: Tabulka 31) statistické významnosti v těchto sledovaných oblastech: druhý metatarz (3,8 %), třetí metatarz (3,4 %), pátý metatarz (11,6 %), středonoží (19,4 %) a laterální část paty (18,5 %). U pacientů s CHOPN jsou průměrné hodnoty vyšší ve všech zmíněných oblastech. Hodnoty u čtvrtého metatarzu se blíží statistické významnosti.

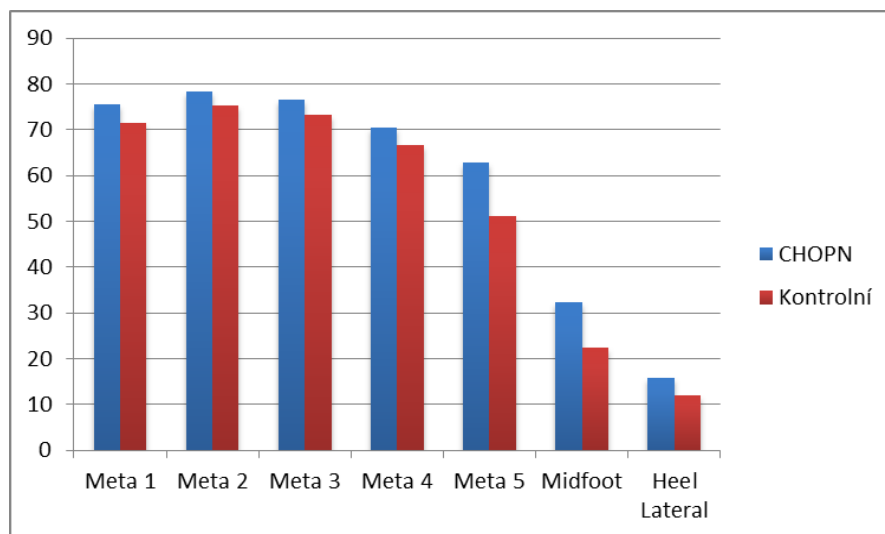


*Vysvětlivky: Meta 2-5 – 2.-5. metatarz, Midfoot – středonoží, Heel Lateral – pata laterálně*

Obrázek 7. Srovnání hodnot parametru tMax P v 5. kole ve vybraných oblastech

V šestém kole (Obrázek 8; Příloha 1: Tabulka 32) existuje statistická významnost v sedmi porovnávaných oblastech zatížení: první metatarz (5,4 %), druhý metatarz (4,0 %), třetí metatarz (4,2 %), čtvrtý metatarz (5,5 %), pátý metatarz (18,8 %), středonoží (31,2 %) a pata laterálně (24,7 %). Všechny průměrné hodnoty zmíněných oblastí jsou vyšší u pacientů s CHOPN.





*Vysvětlivky: Meta 1-5 – 1.-5. metatarz, Midfoot – středonoží, Heel Lateral – pata laterálně*

Obrázek 8. Srovnání hodnot parametru tMax P v 6. kole ve vybraných oblastech

V 7. úrovni byl zjištěn významný rozdíl v parametru tMax P u skupiny s CHOPN, kde jsou vyšší hodnoty v oblasti pátého metatarzu o 21,0 % a středonoží o 25,3 %. Statistické významnosti se blíží rozdíly hodnot v oblasti 3.-4. metatarzu a laterální části paty (Příloha 1: Tabulka 33).

### 5.3 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>3</sub>

*Jak se mění zatížení sledovaných oblastí nohy při zvyšující se rychlosti chůze u pacientů s CHOPN a u zdravých osob?*

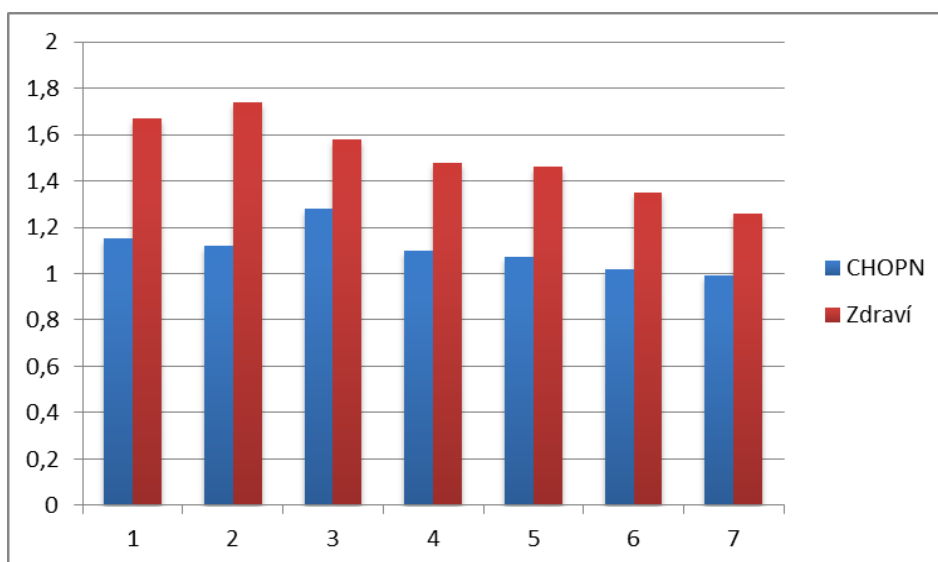
#### a) Oblast předonoží

V oblasti palce nohy se u pacientů s CHOPN prokázali kratší doba zatížení (%Contact), menší celkové zatížení (Impuls), nižší hodnoty maximálního zatížení (Max P) a vyšší hodnoty časového působení maxima tlaku (tMax P).

U kontrolní skupiny se hodnoty %Contact plynule snižovaly, rozdíl v době zatížení mezi 1. a 7. kolem činí snížení o 11 %. Hodnoty u skupiny CHOPN měly kolísavý charakter. Nejvyšší průměrná hodnota byla zjištěna ve třetí rychlostní úrovni. V páté úrovni se snížila průměrná

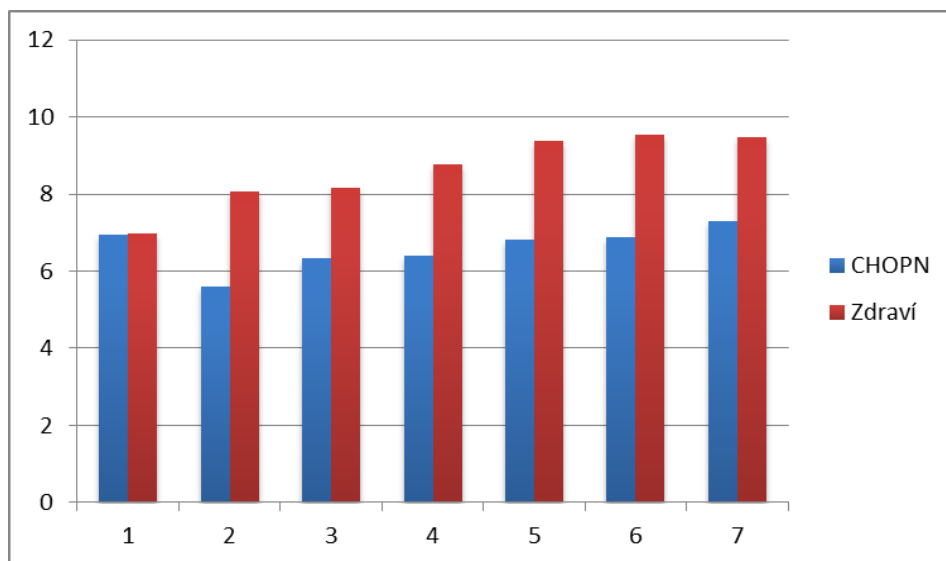
hodnota v oblasti palce o 6,4 % oproti předchozí rychlostní úrovni a poté vzrostla. Mezi šestým a sedmým kolem se znovu snížila, nyní o 11,5 %. Rozdíly mezi jednotlivými rychlostními úrovněmi u skupiny s CHOPN nejsou pro parametr %Contact v oblasti palce signifikantní.

Hodnoty tlakového impulsu v oblasti palce měly v průběhu zrychlování chůze kolísavý charakter (Obrázek 9). U skupiny pacientů se ve třetím kole hodnota zvýšila a od čtvrtého kola se plynule snižovala, bez signifikantních rozdílů. V kontrolní skupině se ve druhém kole hodnota zvýšila a od třetího kola se snižovala razantněji, signifikantní rozdíl mezi 1. a 7. rychlostní úrovní činí 24,6 %.



Obrázek 9. Srovnání hodnot parametru Impuls v oblasti palce mezi 1.-7. úrovní ISWT

Parametr Max P pod palcem se na začátku ISWT blížil u obou skupin hodnotě 7 N/cm<sup>2</sup> (Obrázek 10). Zatímco u kontrolní skupiny hodnoty signifikantně rostly (rozdíl mezi 1. a 7. úrovní činí 26,2 %), u pacientů se ve druhé úrovni snížily a poté pomalu vzrůstaly (rozdíl mezi 1. a 7. úrovní je 5,1 %). Mezi skupinami existuje v jednotlivých rychlostních úrovních statisticky významný rozdíl popsany v podkapitole 5.2.



Obrázek 10. Srovnání hodnot parametru Max P v oblasti palce mezi 1.-7. úrovní ISWT

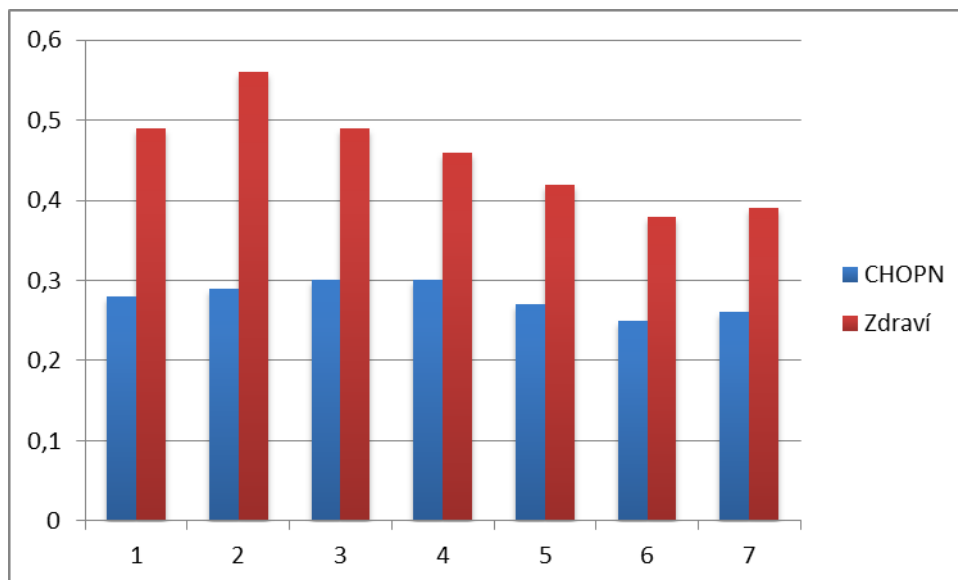
Pro parametr tMax P neexistují signifikantní rozdíly mezi skupinami v oblasti palce nohy. Hodnoty doby působení tlaku byly ve skupině pacientů vyšší na začátku ISWT (1,8 %). U obou skupin se v průběhu zrychlování plynule snižovaly a v sedmém kole byly jejich průměrné hodnoty shodné. Rozdíl mezi 1. a 7. úrovní u skupiny CHOPN činil 4,5 %, v kontrolním souboru 2,8 %.

V oblasti 2.-5. prstce bylo u skupiny s CHOPN zjištěno významně kratší zatěžování v průběhu stejné fáze (%Contact), významně menší celkové zatížení (Impuls), nižší hodnoty maximálního zatížení (Max P) a spíše vyšší hodnoty časového působení maxima tlaku (tMax P).

Parametr %Contact v oblasti 2.-5. prstce u kontrolní skupiny plynule rostl do pátého kola, a poté se mírně snížil. V komparaci skupin byly průměrné hodnoty ve skupině pacientů po celou dobu nižší. U pacientů s CHOPN se parametr zvyšoval až do šestého kola a v sedmém kole se propadl o 11,5 % níže. Statistické významnosti se blíží navyšování hodnot doby kontaktu mezi 4.-6. úrovní testu u pacientů (Příloha 1: Tabulka 6-12).

Pro parametr Impuls byly v oblasti prstců zjištěny statisticky významné rozdíly mezi skupinami v prvních pěti úrovních testu (Obrázek 11), které jsou podrobněji popsány v podkapitole 5.2. Platí, že byly hodnoty tlakového impulsu vyšší ve skupině zdravých. V mezích skupin nebyl u pacientů nalezen zásadní rozdíl. Parametr plynule stoupal do třetího kola a poté klesal. Rozdíl

mezi 1. a 7. úrovní činil 7,8 %. U kontrolní skupiny se hodnota zvýšila ve druhém kole o 11,9 %, poté klesla o 12,14 % a od čtvrtého kola klesala plynuleji.



Obrázek 11. Srovnání hodnot parametru Impuls v oblasti 2.-5. prstce mezi 1.-7. úrovní ISWT

Parametr Max P se v oblasti prstců liší u pacientů mezi prvním a druhým kolem, kdy došlo ke snížení hodnoty o 49,1 %, pod úroveň hodnot kontrolní skupiny. Od třetího kola parametr rostl. Hodnoty u kontrolní skupiny měly vzestupné tendence od počátku zrychlování.

Hodnoty doby působení tlaku pod prstci byly ve skupině pacientů vyšší, u obou skupin v průběhu zrychlování kolísaly, více ve skupině CHOPN. Ve skupině pacientů je signifikantní rozdíl mezi prvním a čtvrtým kolem v době zatížení prstců, hodnota se snížila o 5,7 %.

V oblasti metatarzů jsou průměrné hodnoty %Contact vyšší u pacientů s CHOPN (Příloha1: Tabulka 6-12). Ve skupině byly nejvyšší hodnoty doby kontaktu nalezeny ve čtvrté rychlostní úrovni ISWT. První čtyři paprsky vykazují nekonstantní kolísání hodnot, proto v textu vyhodnotíme pouze významné rozdíly. Pod prvním metatarzem narůstala hodnota v kontrolní skupině plynule, u pacientů byl významný nárůst při přechodu z druhého do třetího kola o 6,2 % a poté hodnoty kolísaly. Pod druhým metatarzem hodnota kolísavě mírně rostla a snižovala se. Doba zatížení třetího metatarzu se u pacientů se zrychlováním snižovala, u kontrolní skupiny zůstávala jednotná.

Čtvrtý metatarz zkracoval dobu kontaktu u pacientů v průběhu zrychlování plynule, u kontrolní skupiny až v posledním kole. Žádné ze změn nebyly signifikantní. Pod pátým metatarzem klesal parametr %Contact u obou skupin, mezi 1. a 7. rychlostní úrovní u pacientů existuje statisticky významná změna (snížení o 5,4 %).

V oblasti metatarzů byly hodnoty tlakového impulsu u skupiny s CHOPN vyšší (Příloha 1: Tabulka 13-19). U této skupiny bylo nejvyšší celkové zatížení pod třetím a čtvrtým metatarzem ( $> 6 \text{ N.s/cm}^2$ ). U obou skupin se hodnoty v závislosti na rychlosti snižovaly. Rozdíl v celkovém zatížení byl mezi první a sedmou úrovní ISWT testu u všech metatarzů a obou skupin signifikantní.

Zatížení prvních tří paprsků bylo v průměru u obou skupin ve všech rychlostních úrovních následující: první metatarz  $8,26/8,02 \text{ N.cm}^{-2}$ , druhý metatarz  $15,61/15,99 \text{ N.cm}^{-2}$ , třetí metatarz  $17,92/18,53 \text{ N.cm}^{-2}$ . Rozdíly nejsou signifikantní (Příloha 1: Tabulka 20-26). V závislosti na zrychlování, ve skupině CHOPN hodnoty u prvních tří metatarzů nesignifikantně klesaly, kontrolní skupina se chovala velmi podobně. Pod čtvrtým metatarzem zatěžovali více pacienti s CHOPN, průměrně o 9,5 %. V obou skupinách byl také zaznamenán signifikantní rozdíl mezi 1. a 7. úrovní ISWT testu, kdy se hodnota tlakového parametru snížila o 26,4 % u CHOPN a o 30,2 % u zdravých. V případě pátého metatarzu byly absolutní hodnoty tlaků nižší, než u předešlých paprsků a v závislosti na rychlosti se snižovaly. Rozdíl mezi 1. a 7. rychlostní úrovní je u skupiny s CHOPN 23,2 % a u kontrolní skupiny 38,2 %, toto snižování hodnot je statisticky významné pouze v rámci skupin.

Absolutní průměrné hodnoty parametru tMax P pod jednotlivými metatarzy byly vyšší ve skupině pacientů, nejvyšší hodnoty patří v obou skupinách druhému metatarzu (Příloha 1: Tabulka 27-33). U všech zánártních kostí hodnoty klesaly se zrychlováním chůze. Statisticky významné rozdíly pro parametr tMax P nalezené v průběhu různých rychlostních úrovních u skupiny CHOPN se týkají 2.-5. metatarzu. Významný rozdíl mezi 1. a 7. kolem existuje pod druhým metatarzem (4,6 %), třetím metatarzem (6,7 %), čtvrtým metatarzem (12,8 %), pátým metatarzem (15,8 %). V kontrolní skupině jsme zjistili několik odlišností od zkoumané skupiny pacientů s CHOPN. Pod prvním metatarzem se hodnoty plynule snižovaly od 1. do 6. kola (4,6 %) a s dalším zrychlením se hodnota zvýšila o 2,2 %. Další tři paprsky se zrychlováním významně snižovaly hodnoty doby působení maximálního tlaku mezi 1. a 7. kolem (druhý: 4,1 %, třetí: 7,4 %, čtvrtý: 15 %). Pod pátým metatarzem se parametr tMax P snížil velmi významně, o 30,5 %, což je více, než u skupiny pacientů.

## b) Oblast středonoží

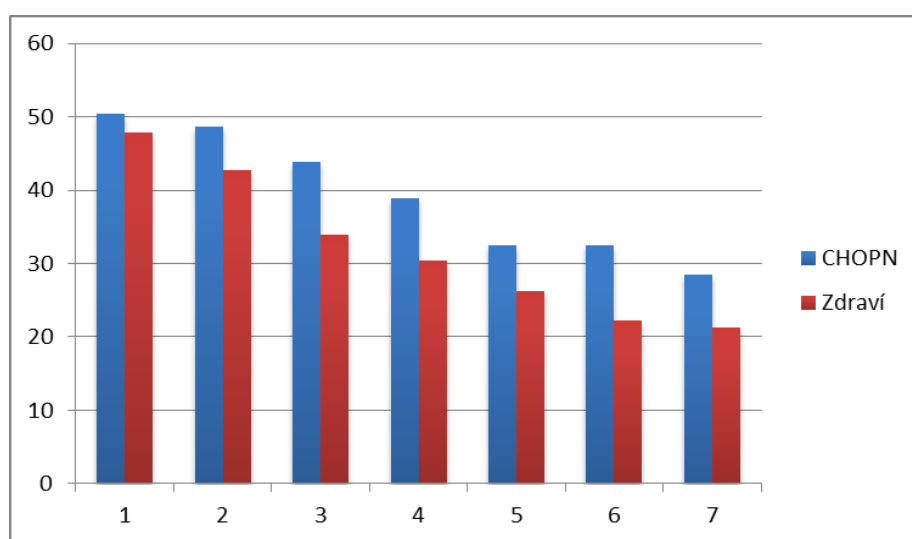
Oblast středonoží byla ve skupině s CHOPN zatěžována delší dobu stejné fáze (%Contact), větším měrou (Impuls, Max P) a s vyšší hodnotou časového působení maxima tlaku (tMax P).

Pacienti s CHOPN zatěžovali středonoží průměrně jen o 1,3 % delší dobu, než kontrolní skupina. U obou skupin signifikantně klesala doba kontaktu až k sedmé rychlostní úrovni. Rozdíl mezi prvním a sedmým kolem u skupiny CHOPN je 12,1 % a u kontrolní skupiny 12,9 %. Mezi skupinami nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Rozdíl v celkovém zatížení středonoží mezi skupinami nebyl významný. U obou skupin se pak významně snižovaly hodnoty v závislosti na rychlosti, CHOPN o 61,8 % a kontrolní o 55,9 % mezi první a sedmou úrovní.

V oblasti středonoží byl parametr Max P vyšší u skupiny s CHOPN, a to až do pátého kola, po kterém se hodnoty snížily ve srovnání s kontrolní skupinou. V sedmém levelu bylo zatížení o  $0,5 \text{ N.cm}^{-2}$  nižší u pacientů (tj. 14,8 %). U obou skupin se hodnoty v průběhu zrychlování snižovaly, u pacientů signifikantně (Příloha 1: Tabulka 20-26). Rozdíl mezi prvním a sedmým kolem v rámci skupin je u pacientů 39,6 % a u kontrolní skupiny 6,7 %.

Hodnoty v oblasti středonoží byly pro parametr tMax P signifikantně vyšší u skupiny CHOPN. V rámci skupiny se hodnoty významně snižovaly od třetí rychlostní úrovně, rozdíl mezi 1. a 7. levelem je 43,5 %. U kontrolní skupiny došlo k poklesu mezi 1. a 7. úrovní o 55,6 %.



Obrázek 12. Srovnání hodnot parametru tMax P v oblasti středonoží mezi 1.-7. úrovní ISWT

### c) Oblast zánoží

Doba zatížení v oblasti paty klesala v průběhu zrychlování. Rozdíl mezi 1. a 7. úrovní činí u skupiny CHOPN 22,7 %, u zdravých 23,8 %. Na laterální části paty klesla doba zatížení rychleji u kontrolní skupiny, rozdíl mezi 1. a 7. úrovní činí 25,3 %, u pacientů poklesla hodnota o 24 %.

Tlakový impulz nabyl v oblasti zánoží vyšších hodnot ve skupině pacientů, ale nikoli významně. Zásadní rozdíly jsou mezi rychlostními úrovněmi samostatných skupin. Pacienti začali první úroveň ISWT testu s větším celkovým zatížením obou částí pat, ale v závislosti na rychlosti (už od druhého kola) se hodnoty snižovaly a sjednotily se s kontrolní skupinou.

Tlakové zatížení paty nebylo mezi oběma skupinami významně rozdílné. U obou skupin byly tendence ke zvyšování hodnot parametru Max P v obou hodnocených oblastech paty. Byl zjištěn signifikantní rozdíl v zatížení mediální oblasti mezi první a sedmou úrovní, kdy vzrostla maximální hodnota tlaku o 12,4 % u nemocných a o 12 % u zdravých.

Absolutní průměrné hodnoty parametru tMax P jsou ze všech sledovaných oblastí chodidla nejnižší. Mezi skupinami existuje signifikantní rozdíl v laterální části paty, který znázorňují Obrázek 7 a Obrázek 8. Na začátku ISWT testu byly hodnoty u pacientů nižší v porovnání s kontrolní skupinou, od druhého kola se plynule snižovaly, ale pomaleji, než u kontrolní skupiny. Rozdíl mezi 1. a 7. úrovní v oblasti mediální části paty činí snížení o 39,3 % u pacientů a 47,4 % u kontrolní skupiny. Rozdíl mezi 1. a 7. úrovní v oblasti laterální části paty odpovídá snížení o 52,2 % u pacientů a 63,2 % u kontrolní skupiny.

V souhrnu jsme zjistili, že osoby s CHOPN zatěžovaly méně a kratší dobu oblast palce a prstů nohy, naopak větší zatížení přenesli na čtvrtý a pátý metatarz. Parametr tMax P byl u pacientů ve většině sledovaných oblastí významně vyšší.

Nemocní mají také významně nižší toleranci k fyzické zátěži. V průběhu ISWT testu pacienti více desaturovali. Po zátěži byli pacienti subjektivně více dušní a bolely je dolní končetiny, test pro ně také znamenal subjektivně větší zátěž.

## 6 DISKUZE

Diplomová práce byla zaměřena na hodnocení vlivu zvyšující se rychlosti chůze na rozložení tlaků na chodidle u pacientů s CHOPN a u kontrolního souboru zdravých osob. Naše měření bylo pouze jednorázové a použili jsme při něm zátěžový ISWT test. Konkrétně se určovaly rozdíly v zatížení jednotlivých segmentů nohy a v jednotlivých rychlostních úrovních ISWT u pacientů s CHOPN. Výsledky se porovnávaly s kontrolní skupinou zdravých osob. Dále se srovnávaly výsledky samotného ISWT testu a souvisejících proměnných (saturace hemoglobinu kyslíkem, Borgova škála, důvody ukončení testu).

Přestože je v dostupné literatuře popsáno porušení posturální kontroly u pacientů s CHOPN (Roig et al., 2011; Yentes et al., 2014), chybí více studií, které by podrobněji analyzovaly chůzový cyklus. Některé studie využily k analýze zvolených charakteristik chůze test 6-MWT, což dokazuje, že lze terénní zátěžové testy použít nejen k otestování tolerance zátěže, ale i k zhodnocení vzoru chůze. Annegarn et al. (2012) analyzovali chůzi s pomocí tříosého akcelerometru u pacientů s CHOPN a Vreede, Henriksson, Borg a Henriksson (2013) kinematickou analýzou systémem Vicon u pacientů s post-polio syndromem. V naší studii jsme použili standardizovaný ISWT test s řízenou rychlostí chůze, během kterého se měřila dynamická analýza chůze systémem Footscan®. Měření rozložení tlakového zatížení chodidla je klinicky užitečné pro vyhodnocení patologií nohy a chůze.

Cílem této práce bylo zjistit, zda mají pacienti s CHOPN změněný chůzový vzor a odlišně zatěžují chodidla ve srovnání s kontrolní zdravou populací srovnatelného věku, jejíž charakteristiky chůze považujeme v této práci za fyziologické. Bylo prokázáno, že na rozložení tlaků nohy má vliv věk, a jak víme, s věkem roste prevalence strukturálních poškození nohy. Studie Hesserta et al. (2005) hodnotila rozložení tlaků při normální chůzi u mladých zdravých jedinců ( $30 \pm 5,2$  let,  $n=9$ ) a starších osob ( $68,7 \pm 4,8$  let,  $n=6$ ). Starší osoby měly nižší hodnoty maximálního tlaku pod laterální částí paty a celou mediální hranou chodidla, v mediální části paty byly nižší hodnoty absolutního maxima tlaku a reakční síly. Stejně tak má věk vliv na výslednou vzdálenost v ISWT testu. Nishinakagawa et al. (2014) sledovali výsledky ISWT testu v různých věkových skupinách zdravých jedinců ( $n=529$ , z toho 207 mužů, věkové rozmezí 20-80 let). Ve skupině šedesátiletých došlo v průměru o snížení ušlé vzdálenosti o 33 % (bez rozdílu mezi pohlavími) oproti skupině dvacetiletých. S věkem se stírají rozdíly ve výsledcích mezi muži a ženami. V naší práci porovnáваме 34 osob v průměrném věku  $64 \pm 2$  let, nehledali jsme rozdíly mezi muži a ženami.



Po vyhodnocení výsledků jsme u vyšetřovaných osob s CHOPN zjistili sníženou toleranci k fyzické zátěži, dále pak nižší a kratší dobu zatěžování palce a prstů v porovnání s kontrolní skupinou. Pacienti naopak více zatěžovali laterální hranu chodidla. Ve skupině pacientů jsme také zaznamenali nižší hodnoty doby dosažení maxima zatížení. Jednotlivé porovnávané parametry a jejich hodnoty jsou interpretovány v kapitole 5 Výsledky. V následujících oddílech kapitoly 6 budou diskutovány vytyčené výzkumné otázky.

## 6.1 Diskuze k výzkumné otázce V<sub>1</sub>

Terénní test ISWT slouží k posouzení tolerance fyzické zátěže. Výsledky zkoušky dobře korelují s výsledky laboratorního zátěžového testování a test je silným prediktorem mortality (Ringbaek et al., 2010). Singh et al. (2008) potvrdili také jeho citlivost ke změnám po rehabilitačním programu. Pacienti se cítili subjektivně lépe při zlepšení výkonu o 47,5 m.

Mezi experimentální a kontrolní skupinou existuje významný rozdíl ve výsledných hodnotách. Signifikantně kratší vzdálenost ušli pacienti s CHOPN (o 42 %). Potvrdila se tak snížená tolerance k fyzické zátěži u pacientů s respirační dysfunkcí. Naše výsledky korespondují se studií Johnson-Warrington et al. (2014), kteří také zjistili významné snížení zátěžové kapacity u pacientů s CHOPN. V jejich souboru 83 pacientů a 19 zdravých osob dosáhli pacienti v ISWT testu o 34 % nižšího výsledku. Také z důvodu horšího výkonu v ISWT testu jsme pro analýzu rozložení tlaků nohy použili pouze data z prvních sedmi rychlostních úrovní testu. Do vyšších úrovní se dostalo jen několik málo pacientů.

V průběhu zátěžového testování jsme sledovali změny hodnot saturace. Pacienti s CHOPN začínali zkoušku s již značně nižší saturací ve srovnání s kontrolním souborem a v jejím průběhu signifikantně desaturovali (Tabulka 5). Dvě minuty po ukončení testování se hodnoty saturace vrátili v obou skupinách ke klidovým hodnotám. Tato skutečnost poukazuje na desaturaci pacientů s těžkou CHOPN pouze v zátěžových podmínkách.

Zlepšení výkonu by mohlo být dosaženo doplňováním kyslíku v průběhu zátěžového tréninku. Neumannová et al. (2014a) uvádí podávání kyslíku během tréninku ambulantně u desaturujících pacientů pod hodnoty 85 %. Pacienti splňující podmínky pro dlouhodobou domácí oxygenoterapii bývají hypoxemičtí již v klidu, při zátěži monitorujeme jejich zdravotní stav. Pouze tři pacienti v naší studii desaturovali mírně pod hodnotu  $SpO_2 < 85 \%$ , všech 17 osob s CHOPN

mělo tedy průměrnou hodnotu saturace vyšší. Zde narážíme na problém, že naše skupina pacientů nesplňuje podmínky pro suplementaci kyslíkem, a tak bychom v reálné praxi zřejmě nezjistili, nakolik by z doplňování kyslíku mohli benefitovat. Ringbaek, Martinez a Lange (2013) uskutečnili randomizovanou studii, ve které hodnotili vliv ambulantního podávání kyslíku pacientům s CHOPN podstupujícím plicní rehabilitaci, kteří desaturovali pouze při zátěži. Podmínkou byla zátěžová desaturace již pod hodnotou 90 % o více jak 4 %. Efekt kyslíkové léčby u pacientů měřili v průběhu ESWT testu v období 33 týdnů. Pacienti využívali kyslík v průměru 7,9 hodin týdně. Již po 7 týdnech došlo ke zlepšení výkonu v ESWT a skóre v SGRQ. Po uplynutí 33 týdnů ovšem nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ve srovnání s kontrolní skupinou bez suplementace kyslíkem. Můžeme tak dojít k závěrům, že pacienti významně benefitují již ze samotné plicní rehabilitace a pohybového tréninku. Výzkum dokončilo pouze 29 pacientů (17 bez doplňkové léčby kyslíkem), a tak bychom určitě uvítali studii na rozsáhlejším vzorku pacientů s CHOPN.

Žádný z účastníků nezačínal ISWT test dušný a nikoho v klidu nebolely dolní končetiny. Nicméně, v průběhu zvyšující se zátěže začali být pacienti limitováni těmito příznaky a ISWT test hodnotili jako poněkud těžší. V kontrolní skupině byli probandi jen lehce dušní, bez bolestí dolních končetin a k ukončení testu došlo z důvodu nestíhání tempa. Pro velkou dušnost ukončil ISWT test pouze jeden pacient. Průměrná subjektivně udávaná hodnota dušnosti na Borgově škále u pacientů odpovídala těžké dušnosti. Další jeden pacient ukončil test pro bolest lýtek. Ve skupině s CHOPN jsme v průměru zjistili lehkou bolest dolních končetin po ISWT testu. Ostatní pacienti nestíhali zrychlující se tempo, anebo měli kombinaci důvodů. Předpokládáme, že pacienti nedokázali zrychlit nebo udržet příslušné tempo chůze kvůli snížené toleranci zátěže. Při chůzi byli více dušní a více je bolely dolní končetiny než kontrolní skupinu. To vše se nepříznivě podepisuje na schopnosti chodit a následném výkonu.

Spolu s plicním a mimoplicním poškozením CHOPN dochází u pacientů k limitaci zátěžové kapacity. Jedinci jsou ohroženi dekondukcí a úbytkem pohybové aktivity. V praktickém životě se tyto změny mohou projevit v oblasti provádění běžných denních činností, mezi které patří i přesuny z místa na místo prostřednictvím chůze. Nemocní mají obavy z nepříjemných symptomů a začínají se izolovat. Úroveň pohybové aktivity je významný faktor v hodnocení subjektivního zdraví a kvality života u nemocných s CHOPN. Výsledky zátěžových testů také korelují se stupněm aktivit běžného dne (Arne et al., 2011; Vorrink, Kort, Troosters, & Lammers, 2012).

U pacientů s CHOPN doporučujeme komplexní terapii zahrnující rehabilitaci. Cílem rehabilitačního programu by měla být péče o svaly, měkké i kostěné struktury pohybového aparátu

a individuální pohybový trénink. Komplexní rehabilitační program, jak ho prezentují například Neumannová et al. (2014a), směřuje ke zmírnění symptomů CHOPN, zlepšení zátěžové kapacity, a tím i kvality života nemocných. Collins et al. (2008) potvrdili účinnost plicní rehabilitace a kondičního pohybového tréninku na zlepšení zátěžové kapacity u pacientů s CHOPN.

## 6.2 Diskuze k výzkumným otázkám V<sub>2</sub> a V<sub>3</sub>

Z prezentovaných výsledků vyplývá, že jsou pro klinickou praxi cennější informace o hodnotách měřených parametrů ve vztahu k jednotlivým sledovaným oblastem nohy. Pohled vztažený na jednotlivé rychlostní úrovně ISWT testu nebyl dostatečně přínosný, a proto budou výzkumné otázky V<sub>2</sub> a V<sub>3</sub> diskutovány společně.

ISWT je zátěžový test při kterém se s každou minutou zrychluje tempo chůze. Jak zdůrazňují Neumannová et al. (2014b), terénní testy se mohou propojit s kinematickou nebo dynamickou analýzou a současně můžeme zhodnotit toleranci zátěže a detailně prozkoumat parametry chůze. V dostupné literatuře jsem nenašla klinické studie, které by ISWT za tímto účelem použily. V současnosti existuje několik studií, které zkoumaly chůzi u pacientů s CHOPN odlišnými metodami (Annegarn et al., 2012; Yentes et al., 2014; Yentes et al., 2015). Žádná z těchto studií ovšem nezkoumala rozdíly v chůzi o různé rychlosti.

Porovnáním výsledků analýzy chůze při zátěžovém ISWT testu jsme zjistili několik signifikantních rozdílů v zatížení nohy mezi pacienty s CHOPN a zdravou kontrolní skupinou. Už v první úrovni ISWT testu při rychlosti 0,5 m/s se projevil změny v oblasti palce a prstců. Pacienti zatěžovali méně celou oblast, maxima tlaku dosáhli v porovnání s kontrolní skupinou později a celkově zatěžovali kratší dobu ( $p=0,012$ ). Absolutní hodnoty tlaku pod prstci byly oproti zdravým vyšší pouze v prvním kole, poté se průměrná hodnota propadla téměř o polovinu. Mohlo to souviset s velmi pomalým počátečním tempem, na které při chůzi nejsou zvyklí. Ve skupině s CHOPN jsme dále zjistili větší zatížení čtvrtého a pátého metatarzu ( $p=0,006$ ) a vyšší tlaky pod středonožím v průběhu stojné fáze krokového cyklu. V oblasti paty jsme nezjistili signifikantní rozdíly mezi skupinami. Z uvedených výsledků je možné usuzovat, že pacienti s CHOPN mají pasivnější odraz, při kterém nepoužívají efektivně palec. Předpokládáme, že to může souviset s oslabením distálních svalů bérce (Gagnon et al., 2013; Maddocks et al., 2014) a porušením rovnováhy u pacientů s CHOPN (Yentes et al., 2015).

V kontrolní skupině rostly v průběhu zrychlování hodnoty tlaků pod palcem, prstci a pod patou. Toto zjištění potvrzují i Burnfield, Few, Mohamed a Perry (2004). Účastníci v jejich studii (n=20, 55-85 let) chodili po 10 m dlouhé dráze nejprve naboso a poté v obuvi v předem určených rychlostech (57, 80, 97 m/min). V obou případech byly provedeny tři analýzy chůze, kdy bylo snímáno rozložení tlaků pod nohou, síly a kontaktní plocha systémem PEDAR. Rychlejší chůze byla spojena s vyššími tlaky a vyšším celkovým zatížením naboso. Zrychlení z 57 na 80 m/min vyvolalo signifikantní zvýšení tlaků pod patou, mediálními a centrálními metatarzy a prstci. Další zrychlení vedlo k většímu zatížení paty a palce. S výsledky této studie se rozcházíme pouze v oblasti metatarzů, pod kterými se hodnoty tlaků u zdravých snižovaly v závislosti na zrychlování. Vliv rychlosti chůze na rozložení maximálních tlaků pod chodidly hodnotili také Segal et al. (2004). Naše výsledky z analýzy chůze zdravé kontrolní skupiny se shodují s výstupy této studie. Dvacet zdravých účastníků chodilo po chodícím pásu v šesti různých rychlostech (0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75 a 2.00 m/s). Všechny osoby měly standardizovanou obuv a ke snímání byly použity vložky systému PEDAR. Analýzou chodidla zjistili, že se zrychlením chůze se lineárně zvyšovalo zatížení palce a paty. Hodnoty tlaku pod mediálním a centrálním předonožím se nejprve zvyšovaly, při vyšších rychlostech zůstaly neměnné, anebo se snížily. Laterální předonoží mělo průměrně nižší zatížení, které se zrychlením chůze ještě snížilo.

Ve skupině pacientů s CHOPN jsme pozorovali opačný fenomén. Zatížení palce nohy vzrostlo se zrychlením jen mírně, pod prstci se dokonce snížilo. Zatížení všech pěti prstců zůstalo nižší ve srovnání s kontrolní skupinou i v rychlejších úrovních ISWT testu. Kdyby se hodnoty se zvyšující se rychlostí přiblížily kontrolní skupině, mohlo by to znamenat snahy o fyziologičtější chůzi u pacientů. Pod metatarzy se, stejně jako u zdravých, hodnoty tlaků snížily. V mediální části paty jsme zjistili signifikantní zvýšení tlaku mezi první a sedmou úrovní ISWT testu ( $p=0,044$ ), laterálně se zvýšily jen mírně. Kontaktní oblast paty byla mírně větší ve skupině pacientů s CHOPN. Stejně jako Burnfield et al. (2004) jsme ani my nezaznamenali zvětšení oblasti kontaktu paty při vyšších rychlostech chůze. V naší práci jsme naopak v obou skupinách zaznamenali signifikantní snížení v průběhu zrychlení k sedmé rychlostní úrovni ISWT testu. Burnfield et al. (2004) předpokládají, že příčinou porušeného přenosu zatížení na patu může být atrofie tukového polštáře v důsledku strukturálních změn daných věkem.

Výsledky naší studie ukazují, že s přibývajícím rychlostí se některé měřené parametry začaly blížit hodnotám kontrolní skupiny. Tyto tendence jsme zaznamenali v době kontaktu pod metatarzy a celkovém zatížení v oblasti středonoží a paty. Nemocní s CHOPN se tak v průběhu zrychlování

přizpůsobili a tyto oblasti zatěžovali více fyziologicky. Předpokládáme, že by pacienti s CHOPN mohli mít větší problém s chůzí ve velmi pomalém tempu, kdy musejí více využívat balančních strategií. Nicméně, tuto domněnku nemůžeme potvrdit pro nedostatek odpovídajících dat. Bruijn, van Dieën, Meijer a Beek (2009) zjistili, že pomalá chůze nemusí být nutně stabilnější, než rychlá chůze. Účastníky studie nechali chodit zvyšující se rychlostí po chodícím pásu a výsledky naznačují, že se stabilita nohy udržuje a ve vyšších rychlostních stupních je závislá od dynamických schopností struktur chodidla.

Hodnoty doby dosažení maxima tlakového zatížení byly v obou sledovaných skupinách vyšší v přední části a nižší v zadní části chodidla. Pacienti s CHOPN měli hodnoty signifikantně vyšší ve všech oblastech nohy mimo palec a prstce. Největší rozdíly mezi skupinami jsme zaznamenali hlavně při rychlejší chůzi (Obrázek 7 a 8). Tyto výsledky můžeme interpretovat jako zpomalené přenášení zatížení na stojnou dolní končetinu u pacientů s CHOPN. Pacienti nakračovali pomaleji, opatrněji, později dosáhli maxima tlakového zatížení, ale po přenosu hmotnosti více vpřed museli rychle přešlápnout na druhou dolní končetinu, protože nedokázali efektivně použít palec nohy k odrazové fázi chůze. Zdraví jedinci se dynamičtěji přenesli ze zánoží k předonoží. Spolu s fyziologičtěji vedeným odvinem chodidla přes palec to mohlo vést k lepšímu přizpůsobení se rychlejší chůzi.

Očekávali jsme, že by se v hodnotách rozložení tlaků na chodidle mohla projevit zmiňovaná medio-laterální instabilita. Smith, Chang, Seale, Walsh a Hodges (2010) potvrdili u pacientů s CHOPN, že je rovnováha v medio-laterálním směru ovlivněna pohybem boků a změnami tonické aktivity trupového svalstva. Zvýšená aktivita dýchacího svalstva u dušných pacientů s CHOPN tak má vliv na rovnovážné schopnosti. Autoři tímto vysvětlují, proč je u pacientů ohrožena posturální stabilita a zvyšuje se riziko pádů. Ve skupině našich pacientů jsme pozorovali inspirační postavení hrudníku typické pro CHOPN a pacienti měli také nižší synkinézu horních končetin při pohybu.

V průběhu testování docházelo k výchyilkám při chůzi v medio-laterálním směru, které byly aspekčně pozorovatelné. Všichni účastníci měření byli instruováni, aby se snažili chodit ve středu plantografické plošiny. Pacienti s CHOPN měli s tímto pokynem větší problém, který jsme zaznamenali také při počítačovém zpracovávání naměřených dat. Ve skupině pacientů jsme objevili více nezdařených měření, než tomu bylo v kontrolní skupině. Toto zjištění je v souladu s výsledky Yentes et al. (2015), kteří měřili biomechanické parametry chůze při chůzi po desetimetrovém chodníku v podmínkách s odpočinkem a bez odpočinku (na způsob zátěžového testování). Zjistili, že pacienti s CHOPN měli širší krok v podmínkách bez odpočinku. Autoři předpokládají, že šlo

o pokus zvýšit opěrnou základnu ve fázi dvojí opory při chůzi. Signifikantní odchylky kroku v medio-laterálním směru u pacientů s CHOPN zjistili také Annegarn et al. (2012), kteří poprvé využili šestiminutového testu chůze k posouzení rozdílů v chůzi se zdravou populací. Účastníci studie měli v průběhu 6-MWT nasazen tříosý akcelerometr umístěný v bederní části zad. Získali informace o intenzitě, frekvenci a variabilitě kroků.

Chůze je nejpřirozenější lidskou činností. Přesto věnují pacienti s CHOPN chůzi mnohdy i méně než hodinu denně (Yentes et al., 2014). Pravděpodobně se tak i úbytek pohybové aktivity a únava podílí na poškození chůzové mechaniky. Nemocní se s progresí nemoci vyhýbají zvýšené námaze, při které bývají limitováni dušností, kašlem, anebo bolestmi dolních končetin. Úbytek pohybové aktivity u pacientů s CHOPN se dává do souvislosti s dysfunkcí kosterní svaloviny (Yentes et al., 2015). Často je zmiňováno oslabení stehenního svalstva, především změny v musculus vastus lateralis (Seymour et al., 2010). Ještě signifikantněji bývají dysfunkční distální svaly bérce a nohy, především musculus tibialis anterior (Gagnon et al., 2013; Maddocks et al., 2014). V experimentálním souboru jsme nezaznamenali významné potíže na dolních končetinách ve smyslu bolestí, ale svalové dysbalance a únava mohli ovlivnit výkon pacientů s CHOPN v ISWT testu. Domníváme se, že ovlivnili také tlakové zatížení nohy. Pacienti s CHOPN se při ztíženém dýchání, či bolestech, mohou hůře soustředit na chůzi, mění průběh zatěžování chodidla, neodráží se přes palec, a tím pádem se nedostatečně přizpůsobují zrychlení tempa. Zhoršenou variabilitu a menší flexibilitu kroků u pacientů s CHOPN popsali Yentes et al. (2014).

Metodika naší práce se liší od jiných studií použitím plantografické plošiny Footscan®. Některé studie nehodnotily chůzi naboso a použily speciální vložky do bot s tlakovými senzory (Hessert et al., 2005; Segal et al., 2004). K analýze chůze byl využíván chůzový trenážér (Yentes et al., 2014; Bruijn et al., 2009; Hessert et al., 2005). Chůze v těchto podmínkách může vykazovat jiné změny, než chůze uzpůsobená přirozeným podmínkám.

Z výsledků této práce je možné usuzovat, že je u pacientů s CHOPN změněn chůzový vzor včetně tlakového zatěžování chodidel. Právě díky otestování chůze pacientů při vyšších rychlostech můžeme odhalit patologie, které by v klidových podmínkách nebyly zřejmé. Na podkladě výsledků z této práce doporučuji ISWT test zařadit do klinické praxe jako vhodný nástroj k posouzení tolerance fyzické zátěže u pacientů s CHOPN a k zhodnocení stereotypu chůze. Využití detailní analýzy chůze spadá spíše v oblasti klinického výzkumu, než v běžné praxi. Komplexní vyšetření

na začátku rehabilitačního programu, které bude obsahovat i zátěžové testování, může přinést užitečné informace, které doplní mozaiku dalších klinických nálezů. Výsledky vstupního vyšetření pomohou stanovit cílenou rehabilitační léčbu. Při kontrolním nebo výstupním vyšetření nám zátěžové testování pomůže s monitorováním efektu léčby.

Na základě našich zjištění doporučuji aplikovat v praxi komplexní rehabilitační léčbu, která bude cílená na techniky respirační fyzioterapie, kondiční a silový trénink. U pacientů s CHOPN jsme prokázali porušení vzoru chůze. Proto doporučuji zařadit také cílené fyzioterapeutické techniky na ovlivnění chůze zahrnující měkké a mobilizační techniky, senzomotorický trénink, posilování a protahování svalů dolních končetin a další.

Pro další studie zaměřené na analýzu chůze u pacientů s CHOPN bych doporučila rozšířit zkoumaný vzorek probandů a rozšířit přijímací kritéria i pro ostatní stadia CHOPN. Výsledky této práce vypovídají pouze o změnách v chůzi u pacientů s těžkou CHOPN. Také bych doporučila, aby byla těmto pacientům indikována komplexní rehabilitační léčba. Efekt takové terapie by mohl být rovněž sledován a výsledné změny by mohly být monitorovány s pomocí zátěžového testování. V naší studii se dobře osvědčil terénní ISWT test.

### **6.3 Diskuze k limitům práce**

Omezení této diplomové práce spatřuji především v nerovnoměrném zastoupení mužů a žen, kdy mezi účastníky převažovali muži. Při interpretaci výsledných dat jsme mezi pohlavími nerozlišovali. Za další limit považuji striktní zaměření práce na pacienty s těžkou CHOPN. Doporučila bych, aby byl proveden rozsáhlejší výzkum napříč celým spektrem stadií CHOPN. Určitou limitou může být i malý vzorek pacientů pouze z měst Hradec Králové, Brno a Olomouc.

Významným limitem práce může být také samotná metodika. Usilovali jsme o zachování přirozených podmínek pro chůzi, aby jedinci nemuseli zpomalovat a zastavovat. Účastníci měli za úkol chodit po středu plantografické plošiny, byli tedy nuceni chodit o užším kroku, než který by si v běžných podmínkách sami zvolili. Účastníci chodili při analýze chůze naboso. V současnosti chodíme většinu dne v obuvi, která může chůzový vzor měnit.

## 7 Závěr

Diplomová práce posuzovala vliv stupňující se zátěže na dynamické parametry chůze u pacientů s CHOPN v porovnání s kontrolní skupinou zdravých osob. U pacientů s CHOPN se prokázala snížená tolerance fyzické zátěže a větší zátěžová desaturace. Z výsledků lze vyvodit negativní vliv symptomů CHOPN na tlakové zatížení chodidla při chůzi, a tím i na změny stereotypu chůze. V porovnání s kontrolní skupinou zatěžovali nemocní méně oblast palce a prstů nohy, naopak větší zatížení nesli čtvrtý a pátý metatarz. V ostatních sledovaných oblastech chodidla se hodnoty zatížení měnily v průběhu zrychlování chůze v obou zkoumaných skupinách podobně. Signifikantní změny nese pouze parametr tMax P u skupiny s CHOPN, který vypovídá o době, za kterou dosáhne noha maximálního tlakového zatížení. Z výsledků měření lze předpokládat odlišnou dynamiku zatěžování a odvíjení chodidla. Pacienti s CHOPN nakračují pomaleji, opatrněji a více přenáší hmotnost na laterální stranu předonoží. To svědčí pro větší nejistotu při chůzi. Výsledky upozornily také na nedostatečně používání palce pro odraz, proto na druhou dolní končetinu přechází rychleji.

Výsledky naší práce potvrzují, že mají pacienti s CHOPN změněnou chůzovou mechaniku ve srovnání se zdravou populací, která se projevuje větší nejistotou při chůzi. Doporučujeme provádět v praxi zátěžové testování, které pomůže posoudit nejen toleranci zátěže, ale také zhodnotit případný patologický vzor chůze. U těch pacientů, u kterých se změněný vzor chůze potvrdí, lze v terapii doporučit komplexní rehabilitaci. Rehabilitační plán by měl zahrnovat senzomotorický trénink a další fyzioterapeutické metody k ovlivnění chůze.



## 8 Souhrn

Cílem práce bylo zhodnotit vliv stupňující se tělesné zátěže na dynamické parametry chůze u pacientů s CHOPN. Tato práce se v teoretické části zaměřuje na základní popsání nemoci, včetně diagnostiky a terapie, s důrazem na mimoplicní projevy CHOPN a zátěžové schopnosti nemocných. Dále jsou popsány možnosti zátěžového testování a analýzy chůze. Výzkumná část prezentuje výsledky měření a porovnává experimentální a kontrolní skupinu.

Výzkumu se zúčastnilo 17 pacientů s CHOPN (průměrný věk  $65,5 \pm 7,3$ ) a 17 zdravých osob (průměrný věk  $62,6 \pm 2$ ). Všichni participanti podstoupili jednorázové zátěžové testování. Pro výzkumné účely byl zvolen ISWT test, při kterém chodí testovaná osoba zvyšující se rychlostí po dobu až dvanácti minut. Pacienti s CHOPN ušli v zátěžovém testu signifikantně kratší vzdálenost, byli více dušní a v průběhu jim významně klesla hodnota saturace. Analýza chůze byla provedena pomocí plantografické plošiny Footscan®. Hodnoceny byly dva časové (%Contact, tMax P) a dva tlakové (Impuls, Max P) parametry.

Výsledky ukázaly statisticky významné rozdíly v zatížení předonoží. Pacienti s CHOPN při chůzi méně a kratší dobu zatěžovali palec a prstce, naopak více zatěžovali laterální hranu chodidla. Tyto změny přetrvávaly i po zrychlení. Ve zbývajících sledovaných oblastech nohy nebyly zaznamenány významné rozdíly v hodnotách tlakového zatížení. Se zrychlováním se nejvýznamněji měnily hodnoty parametru tMax P, který nabýval u pacientů s CHOPN vyšších hodnot pod celým chodidlem. V praxi mohou tyto změny svědčit pro méně stabilní chůzi u pacientů s CHOPN. Jedinci nakračují pomaleji, opatrněji a více přenášejí hmotnost na laterální metatarzy. Palec není efektivně používán pro odraz. Společně se zjištěním, že nemocní později zatěžují jednotlivé oblasti chodidla, můžeme předpokládat, že se budou hůře přizpůsobovat zvyšující se rychlosti chůze. Příčinami narušeného vzoru chůze mohou být strukturální změny v pohybovém systému zapříčiněné onemocněním a dušností rostoucí se zátěží.

Z výsledků práce vyplývá, že mají pacienti s CHOPN změněnou chůzovou mechaniku ve srovnání se zdravou populací, která se projevuje také v závislosti na zvyšující se rychlosti. Z toho důvodu doporučujeme zařadit do rehabilitačního plánu nemocných mimo techniky respirační fyzioterapie také senzomotorický trénink a ostatní fyzioterapeutické postupy, pomocí kterých lze ovlivnit stereotyp chůze.

## 9 Summary

The present thesis aimed to assess the influence of escalating physical load on a dynamic gait parameters in patients with COPD. In the theoretical part, the thesis focuses on basic description of the disease, including diagnostics and therapy, with an emphasis on extrapulmonary manifestations of COPD and exercise tolerance of the patients. Furthermore, the options of exercise testing and gait analysis are described. The research part presents the results of measurements and compares the experimental and control group.

Seventeen patients with COPD (average age  $65.5 \pm 7.3$  years) and seventeen healthy individuals (average age  $62.6 \pm 2$  years) participated in the research. All the participants underwent a single exercise testing. For the research purpose, the ISWT test was selected. During this test the person walks as the velocity increases for the period of up to twelve minutes. The patients with COPD reached significantly shorter distance during the load test, were more dyspneic and the saturation value significantly decreased in the course of the test. Gait analysis was carried out using the Footscan® plantographic platform. Two time (%Contact, tMax P) and two pressure (Impulse, Max P) parameters were assessed.

The results showed statistically significant differences in the load of the frontal section of the foot. While walking, the patients with COPD loaded the hallux and other toes less and for shorter time. On the contrary, they loaded the lateral edge of foot more. These changes persisted even after increase of velocity. In the remaining investigated areas of foot no significant differences in values of pressure load were detected. With increasing velocity the Tmax P parameter values changed the most. We observed higher values of this parameter under the whole foot in the patients with COPD. In practice, these changes might show the less stable gait in the patients with COPD. These individuals tread more slowly, more carefully and apply higher load to lateral metatarsi. The hallux is not used efficiently for bouncing. Altogether with the finding that the patients loaded individual areas of foot at later stages we can also assume that they will encounter more complications when the gait velocity increases. Causes of disorganized gait pattern may be structural changes in a motoric system related to the disease and to the dyspnea that rises during exercise.

The results of the work indicate that the patients with COPD have an altered gait mechanics compared with a healthy population, which also manifests depending on a velocity. For this reason, in addition to respiratory physiotherapy we recommend to include sensomotoric training and other physiotherapy procedures, which might affect the gait stereotype, into the therapy plan.

## 10 Referenční seznam

- Altenburg, W. A., Duiverman, M. L., ten Hacken, N. H., Kerstjens, H. A., de Greef, M. H., Wijkstra, P. J., & Wempe, J. B. (2015). Changes in the endurance shuttle walk test in COPD patients with chronic respiratory failure after pulmonary rehabilitation: the minimal important difference obtained with anchor- and distribution-based method. *Respiratory Research*, *16*(1), 27. doi:10.1186/s12931-015-0182-x
- Annegarn, J., Spruit, M. A., Savelberg, H. H. C. M., Willems, P. J. B., van Boel, C., Schols, A. M. W. J., ... Meijer, K. (2012). Differences in Walking Pattern during 6-Min Walk Test between Patients with COPD and Healthy Subjects. *PLoS ONE*, *7*(5), e37329. doi:10.1371/journal.pone.0037329
- Arne, M., Lundin, F., Boman, G., Janson, C., Janson, S., & Emtner, M. (2011). Factors associated with good self-rated health and quality of life in subjects with self-reported COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, *6*, 511–519. doi:10.2147/COPD.S24230
- Bartůňková, S. a kol. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Benzo, R. (2009). Activity Monitoring in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, *29*(6), 341–347. doi:10.1097/HCR.0b013e3181be7a3c
- Breyer, M.-K., Breyer-Kohansal, R., Funk, G.-C., Dornhofer, N., Spruit, M. A., Wouters, E. F., ... Hartl, S. (2010). Nordic Walking improves daily physical activities in COPD: a randomised controlled trial. *Respiratory Research*, *11*(1), 112. doi:10.1186/1465-9921-11-112
- Bruijn, S. M., van Dieën, J. H., Meijer, O. G., & Beek, P. J. (2009). Is slow walking more stable? *Journal of Biomechanics*, *42*(10), 1506-1512. doi:10.1016/j.jbiomech.2009.03.047
- Burnfield, J. M., Few, C. D., Mohamed, O. S., Perry, J. (2004). The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clinical Biomechanics*, *19*(1), 78-84. doi:10.1016/j.clinbiomech.2003.09.007
- Canet, J., & Sanchis, J. (2014). Respiratory ageing. In C. Dodds, C. Kumar, B. Veering (Eds), *Oxford Textbook of Anaesthesia for the Elderly Patient* (pp. 53-58). Oxford University Press.

- Collins, E. G. et al. (2008). Can ventilation–feedback training augment exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 177, 844–852.
- Corhay, J.-L., Dang, D. N., Van Cauwenberge, H., & Louis, R. (2014). Pulmonary rehabilitation and COPD: providing patients a good environment for optimizing therapy. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 9, 27–39. doi:10.2147/COPD.S52012
- Douglass, H., & Bond-Kendall, J. (n.d.) *In the world of airways clearance: physiology, devices, evidence and the future*. Retrieved from <http://respira.com.mx/articulo.php?&a=449>
- Dungl, P. a kol. (2014). *Ortopedie, 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Eils, E., Nolte, S., Tewes, M., Thorwesten, L., Völker, K., & Rosenbaum, D. (2002). Modified pressure distribution patterns in walking following reduction of plantar sensation. *J Biomech.*, 35(10), 1307-1133. Retrieved from [http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290\(02\)00168-9/](http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290(02)00168-9/)
- Gagnon, G., Maltais, F., Bouyer, L., Ribeiro, F., Coats, V., Brouillard, C., ... Saey, D. (2013). Distal Leg Muscle Function in Patients with COPD [Abstract]. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 10(2), 235-242.
- Garcia-Aymerich, J., Lange, P., Benet, M., Schnohr, P., & Anto, J. M. (2006). Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: a population based cohort study. *Thorax*, 61, 772–778. doi:10.1136/thx.2006.060145
- Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease. (2015). *Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of COPD*. Retrieved from <http://www.goldcopd.org/guidelines-global-strategy-for-diagnosis-management.html>
- Guenette, J. A., Webb, A., & O'Donnell, D. E. (2012). Does dynamic hyperinflation contribute to dyspnoea during exercise in patients with COPD? *Eur Respir J.*, 40(2), 322-329. doi: 10.1183/09031936.00157711
- Hessert, M. J., Vyas, M., Leach, J., Hu, K., Lipsitz, L. A., & Novak, V. (2005). Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatrics*, 5, 8. doi:10.1186/1471-2318-5-8

- Hill, K., Dolmage, T. E., Woon, L., Coutts, D., Goldstein, R., & Brooks, D. (2012). A simple method to derive speed for the endurance shuttle walk test. *Respir Med.*, *106*(12), 1665–1670. doi: 10.1016/j.rmed.2012.08.011
- Hodson, M., & Sherrington, R. (2014). Treating patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Nursing Standard*. *29*(9), 50-58. doi: 10.7748/ns.29.9.50.e9061
- Hoenderdos, K., & Condliffe, A. (2013). The neutrophil in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Cell Mol Biol*, *48*(5), 531-539. doi: 10.1165/rcmb.2012-0492TR
- Holland, A. E., Spruit, M. A., Troosters, T., Puhan, M. A., Pepin, V., Saey, D., ... Singh, S. J. (2014). An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.*, *44*(6), 1428-1446. Retrieved from <http://erj.ersjournals.com/content/44/6/1428.long>
- Chetta, A., Pisi, G., Aiello, M., Tzani, P., & Olivieri, D. (2009). The Walking Capacity Assessment in the Respiratory Patient. *Respiration*, *77*, 361–367. Retrieved from <http://www.karger.com/Article/FullText/212781>
- Chlumský, J. (2013a). CHOPN s prokázanou deficiencí  $\alpha$ 1-antitrypsinu. In V. Kolek a kol. (Eds.), *Doporučené postupy v pneumologii* (pp.42-49). Praha: Maxdorf.
- Chlumský, J. (2013b). Chronická obstrukční plicní nemoc. In M. Vašáková a kolektiv, *Moderní farmakoterapie v pneumologii* (pp. 80-91). Praha: Maxdorf.
- Janura, M., Vařeka, I., Lehnert, M., Svoboda, Z. a kol. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Johnson-Warrington, V., Harrison, S., Mitchell, K., Steiner, M., Morgan, M., & Singh, S. (2014). Exercise capacity and physical activity in patients with COPD and healthy subjects classified as Medical Research Council dyspnea scale grade 2 [Abstract]. *J Cardiopulm Rehabil Prev.*, *34*(2), 150-154.
- Kašák, V. (2014). Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN). In V. Kolek, V. Kašák, M. Vašáková a kol. (Eds), *Pneumologie, 2. rozšířené vydání* (pp. 126-156). Praha: Maxdorf.
- Koblížek a kol. (2013). *Doporučený postup ČPFS pro diagnostiku a léčbu chronické obstrukční plicní nemoci*. Praha: Maxdorf.

- Kolářová, B. (2012). *Přístrojové vyšetřovací metody k hodnocení pohybu v klinické praxi*. Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Leung, R. W., McKeough, Z. J., Peters, M. J., & Alison, J. A. (2013). Short-form Sun-style t'ai chi as an exercise training modality in people with COPD [Abstract]. *Eur Respir J*, *41*(5), 1051-1057.
- Máček, M. (2010). Řízení dýchání ve zdraví i v nemoci. In L. Smolíková a M. Máček. *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace* (pp. 22-40). Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Máček, M. (2011). Pohybová aktivita u chronických plicních onemocnění. In M. Máček, J. Radvanský et al. (Eds.), *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* (pp. 141-150). Praha: Galén.
- Máček, M., & Smolíková, L. (1995). *Pohybová léčba u plicních chorob*. Victoria Publishing Praha.
- Maddocks, M., Jones, M., Snell, T., Connolly, B., de Wolf-Linder, S., Moxham, J., & Rafferty, G. F. (2014). Ankle dorsiflexor muscle size, composition and force with ageing and chronic obstructive pulmonary disease. *Experimental Physiology*, *99*(8), 1078-1088. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/expphysiol.2014.080093/abstract>
- McNamara, R. J., McKeough, Z. J., McKenzie, D. K., & Alison, J. A. (2013). Water-based exercise in COPD with physical comorbidities: a randomised controlled trial. *Eur Respir J*, *41*(6), 1284–1291. doi: 10.1183/09031936.00034312
- Menz, H. B. (2008). *Foot Problems in Older People: Assessment and Management*. Churchill Livingstone, Elsevier.
- Miravittles, M., Calle, M., & Soler-Cataluña, J. J. (2012). Clinical phenotypes of COPD: identification, definition and implications for guidelines. *Arch Bronconeumol*, *48*(3), 86-98. doi: 10.1016/j.arbres.2011.10.007
- Muro-de-la-Herran, A., Garcia-Zapirain, B., & Mendez-Zorrilla, A. (2014). Gait Analysis Methods: An Overview of Wearable and Non-Wearable Systems, Highlighting Clinical Applications. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *14*(2), 3362–3394. doi:10.3390/s140203362
- Musil, J. (2009). Chronická obstrukční plicní nemoc – choroba stále aktuální. *Interní Medicína*, *11*(7), 319–323.

- Musil, J. (2012). Systémové projevy a komorbidity u chronické obstrukční plicní nemoci – nové možnosti léčby. *Medicína pro praxi*, 9(6,7), 278–280.
- MŠMT. (2008). *Pokyny EU pro pohybovou aktivitu*. Retrieved from <http://www.msmt.cz/file/20028>
- Neumannová, K. (2012). Léčebná rehabilitace. In K. Neumannová, V. Kolek a kol. (Eds.), *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc* (pp. 102-134). Praha: Mladá Fronta.
- Neumannová, K., Koblížek, V., & Zatloukal, J. (2014a). *Doporučený postup plicní rehabilitace*. Retrieved from <http://www.pneumologie.cz/stranka/296/sekce-nemoci-s-bronchialni-obstrukci>
- Neumannová, K., & Kolek, V. (2012). Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN). In K. Neumannová, V. Kolek a kol. (Eds.), *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc* (pp. 79-98). Praha: Mladá Fronta.
- Neumannová, K., Svoboda, Z., Kováčiková, Z., Zatloukal, J., Procházková, M., & Janura, M. (2014b). Možnosti využití terénního chodeckého testu Incremental Shuttle Walk test v rehabilitační praxi a klinickém výzkumu u nemocných s respirační dysfunkcí. *Rehabil. fyz. Lék.*, 21(4), 194-198.
- Nishinakagawa, T., Itaki, M., Asai, M., Tanaka, K., Tanaka, T., Kozu, R., & Senjyu, H. (2014). Incremental shuttle walking test in young to elderly healthy subjects [Abstract]. *The European Respiratory Journal* 44(58), 4311.
- Pepin, V., Laviolette, L., Brouillard, C., Sewell, L., Singh, S. L., Revill, S. M., ... Maltais, F. (2011). Significance of changes in endurance shuttle walking performance. *Thorax*, 66(2), 115-120. doi: 10.1136/thx.2010.146159
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: normal and pathological function (2nd ed.)*. Thorofare, N. J.: Slack Incorporated.
- Revill, S. M., Morgan, M. D. L., Singh, S. J., Williams, J., & Hardman, A. E. (1999). The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, 54, 213-222. Retrieved from <http://thorax.bmj.com/content/54/3/213>
- Ringbaek, T., Martinez, G., Brøndum, E., Thøgersen, J., Morgan, M., & Lange, P. (2010). Shuttle walking test as predictor of survival in chronic obstructive pulmonary disease patients enrolled in a rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil Prev.*, 30(6), 409-414. doi: 10.1097/HCR.0b013e3181e1736b

- Ringbaek, T., Martinez, G., Lange, P. (2013). The long-term effect of ambulatory oxygen in normoxaemic COPD patients: a randomised study [Abstract]. *Chron Respir Dis.*, 10(2), 77-84.
- Roig, M., Eng, J. J., MacIntyre, D. L., Road, J. D., & Reid, W. D. (2011). Postural Control Is Impaired in People with COPD: An Observational Study. *Physiotherapy Canada*, 63(4), 423–431. doi:10.3138/ptc.2010-32
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*, 35(2). doi: 10.1093/ageing/afl084
- Segal, A., Rohr, E., Orendurff, M., Shofer, J., O'Brien, M., & Sangeorzan, B. (2004). The effect of walking speed on peak plantar pressure [Abstract]. *Foot Ankle Int.*, 25(12), 926-33.
- Seymour, J., Spruit, M., Hopkinson, N., Sathyapala, S., Man, W.-C., Jackson, A., ... Wouters, E. (2010). The Prevalence of Quadriceps Weakness in COPD and the Relationship with Disease Severity. *The European Respiratory Journal*, 36(1), 81–88. doi:10.1183/09031936.00104909
- Schönhofer, B., Ardes, P., Geibel, M., Kohler, D., & Jones, P. W. (1997). Evaluation of a movement detector to measure daily activity in patients with chronic lung disease. *Eur Respir J.*, 10, 2814–2819. doi: 10.1183/09031936.97.10122814
- Sigmund, E., & Sigmundová, D. (2011). *Pohybová aktivita pro podporu zdraví dětí a mládeže*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Singh, S. J., Jones, P. W., Evans, R., & Morgan M. D. L. (2008). Minimum clinically important improvement for the incremental shuttle walking test. *Thorax*, 63, 775-777. doi: 10.1136/thx.2007.081208
- Singh, S. J., Morgan, M. D., Scott, S., Walters, D., & Hardman, A. E. (1992). Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*, 47, 1019-1024. Retrieved from <http://thorax.bmj.com/content/47/12/1019.abstract?sid=e056881d-3da2-471d-96e0-8eb23b22e671>
- Slavíková, J., & Švíglerová, J. (2012). *Fyziologie dýchání*. Praha: Nakladatelství Karolinum.
- Smith, M. D., Chang, A. T., Seale, H. E., Walsh, J. R., & Hodges, P. W. (2010). Balance is impaired in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Gait Posture*, 31(4), 456-60. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.01.022



- Sovová, E., Zapletalová, B., & Cipryanová, H. (2008). *Chůze; 100+1 otázek a odpovědí o chůzi, nejen nordické*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Vorriink, S. N., Kort, H. S., Troosters, T., & Lammers, J.-W. J. (2011). Level of daily physical activity in individuals with COPD compared with healthy controls. *Respiratory Research, 12*(1), 33. doi:10.1186/1465-9921-12-33
- Vreede, K. S., Henriksson, J., Borg, K., & Henriksson, M. (2013). Gait characteristics and influence of fatigue during the 6-minute walk test in patients with post-polio syndrome. *J Rehabil Med., 45*(9), 924-928. doi: 10.2340/16501977-1209
- Watz, H., Waschki, B., Meyer, T., & Magnussen, H. (2009). Physical activity in patients with COPD. *The European Respiratory Journal, 33*(2), 262-272. doi: 10.1183/09031936.00024608
- Yentes, J. M., Rennard, S. I., Blanke, D., & Stergiou, N. (2014). Patients With COPD Walk With A More Periodic Step Width Pattern As Compared To Healthy Controls [Abstract]. *Am J Respir Crit Care Med, 189*, 26-43.
- Yentes, J. M., Sayles, H., Meza, J., Mannino, D. M., Rennard, S. I., & Stergiou, N. (2011). Walking abnormalities are associated with COPD: An investigation of the NHANES III dataset. *Respir Med., 105*(1), 80-87. doi: 10.1016/j.rmed.2010.06.007
- Yentes, J. M., Schmid, K. K., Blanke, D., Romberger, D. J., Rennard, S. I., & Stergiou, N. (2015). Gait mechanics in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res., 16*(1), 31, doi: 10.1186/s12931-015-0187-5
- Zatloukal, J., & Neumannová, K. (2012). Pohybová aktivita u nemocných s asthma bronchiale a s chronickou obstrukční plicní nemocí. In K. Neumannová, V Kolek a kol. (Eds.), *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc* (pp. 134-140). Praha: Mladá Fronta.

## 11 Přílohy

Příloha 1. Tabulky se základními charakteristikami měřených parametrů

Tabulka 6. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 1. rychlostní úrovni ISWT

Level 1 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	56,9	18,5	63,8	10,5	0,128
	Toe 2-5	54,7	15,6	64,3	12,7	0,033*
	Meta 1	75,7	6,9	75,1	7,1	0,790
	Meta 2	84,6	3,3	82,5	5,0	0,137
	Meta 3	88,5	2,9	86,5	3,3	0,079
	Meta 4	87,6	3,2	86,0	3,0	0,136
	Meta 5	83,1	3,5	82,1	2,7	0,409
	Midfoot	76,7	5,5	75,7	4,6	0,518
	Heel Medial	72,3	7,1	72,4	4,5	0,996
	Heel Lateral	72,3	7,0	72,1	4,7	0,934

**Vysvětlivky pro tab. 6-33:** SD – směrodatná odchylka, Toe 1 – oblast pod palcem, Toe 2–5 – oblast pod 2. až 5. prstcem, Meta 1 až Meta 5 – oblast pod hlavičkami 1. až 5. metatarzu, Midfoot – oblast středonoží, Heel Medial – mediální oblast paty, Heel Lateral – laterální oblast paty, \* $p \leq 0,05$

Tabulka 7. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 2. rychlostní úrovni ISWT

Level 2 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	56,8	14,7	63,4	13,7	0,146
	Toe 2-5	58,8	13,6	64,2	11,1	0,227
	Meta 1	75,9	8,9	77,3	4,8	0,528
	Meta 2	84,6	5,2	83,8	3,2	0,552
	Meta 3	87,9	3,0	86,7	2,9	0,272
	Meta 4	86,8	2,8	85,6	2,3	0,273
	Meta 5	81,0	3,1	80,6	3,2	0,702
	Midfoot	74,7	4,8	73,1	4,2	0,323
	Heel Medial	68,4	5,4	67,6	5,8	0,696
	Heel Lateral	68,3	5,6	67,2	5,7	0,567

Tabulka 8. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 3. rychlostní úrovni ISWT

Level 3	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	61,9	14,7	62,5	11,8	0,908
	Toe 2-5	60,6	16,3	65,3	10,3	0,302
	Meta 1	81,0	4,6	76,4	6,8	0,036*
	Meta 2	84,7	3,7	83,9	3,5	0,574
	Meta 3	87,2	3,3	86,8	3,3	0,736
	Meta 4	86,1	3,0	85,8	3,3	0,755
	Meta 5	81,3	3,7	80,6	2,7	0,588
	Midfoot	72,0	5,4	72,3	3,1	0,835
	Heel Medial	65,8	5,2	64,9	5,9	0,646
	Heel Lateral	65,6	5,4	64,5	5,8	0,592

Tabulka 9. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 4. rychlostní úrovni ISWT

Level 4	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	60,8	15,2	60,5	11,6	0,935
	Toe 2-5	62,9	16,1	67,6	10,6	0,294
	Meta 1	80,7	5,9	78,7	4,4	0,348
	Meta 2	85,2	4,5	84,3	3,9	0,495
	Meta 3	88,0	3,2	86,6	3,5	0,224
	Meta 4	86,8	2,9	85,5	3,1	0,257
	Meta 5	81,6	3,6	80,5	3,3	0,368
	Midfoot	72,2	5,3	71,3	3,2	0,595
	Heel Medial	63,0	5,6	63,4	4,7	0,814
	Heel Lateral	62,7	5,9	62,6	4,9	0,947

Tabulka 10. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 5. rychlostní úrovni ISWT

Level 5	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	56,9	13,8	60,3	10,7	0,458
	Toe 2-5	62,9	14,4	68,7	11,0	0,197
	Meta 1	79,7	6,3	77,4	6,7	0,303
	Meta 2	84,6	4,2	83,9	4,1	0,633
	Meta 3	87,5	3,0	86,6	3,6	0,479
	Meta 4	86,4	2,6	85,6	3,3	0,476
	Meta 5	81,3	3,6	79,8	3,5	0,229
	Midfoot	71,2	5,2	69,9	3,6	0,418
	Heel Medial	60,7	6,7	60,1	5,6	0,724
	Heel Lateral	60,6	6,3	59,0	5,7	0,410

Tabulka 11. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 6. rychlostní úrovni ISWT

Level 6	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	60,0	13,9	58,8	9,8	0,799
	Toe 2-5	63,1	13,2	67,1	11,3	0,407
	Meta 1	80,2	7,2	78,5	5,2	0,463
	Meta 2	85,0	4,7	84,0	3,9	0,515
	Meta 3	88,0	3,4	86,5	3,4	0,217
	Meta 4	86,3	2,8	85,3	3,6	0,375
	Meta 5	80,9	3,6	79,3	3,9	0,222
	Midfoot	69,1	5,9	68,6	3,7	0,773
	Heel Medial	59,3	5,5	58,2	6,0	0,601
	Heel Lateral	58,5	5,4	56,8	6,1	0,409

Tabulka 12. Základní charakteristiky pro parametr %Contact v 7. rychlostní úrovni ISWT

Level 7	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
%Contact [%]	Toe 1	53,1	11,1	56,8	10,2	0,447
	Toe 2-5	55,8	13,9	65,9	11,2	0,043*
	Meta 1	78,8	6,3	78,2	6,6	0,830
	Meta 2	83,6	4,6	84,0	4,9	0,839
	Meta 3	86,9	4,0	86,4	4,3	0,706
	Meta 4	85,4	3,7	84,8	4,4	0,606
	Meta 5	78,6	5,0	78,6	4,4	0,973
	Midfoot	67,4	4,6	65,9	5,4	0,380
	Heel Medial	55,9	4,4	55,1	6,4	0,717
	Heel Lateral	54,9	4,2	53,9	6,3	0,616

Tabulka 13. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 1. rychlostní úrovni ISWT

Level 1	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,1	0,6	1,7	0,9	0,012*
	Toe 2-5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,002*
	Meta 1	2,3	1,0	2,3	0,8	0,864
	Meta 2	4,9	2,5	4,8	1,3	0,715
	Meta 3	6,3	3,7	6,0	1,8	0,579
	Meta 4	6,1	3,1	5,0	1,4	0,064
	Meta 5	4,0	2,3	2,9	1,3	0,024*
	Midfoot	1,6	1,2	1,4	0,6	0,241
	Heel Medial	6,3	2,3	5,7	1,1	0,153
	Heel Lateral	5,3	2,1	5,0	1,1	0,290

Tabulka 14. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 2. rychlostní úrovni ISWT

Level 2 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,1	0,6	1,7	0,7	0,003*
	Toe 2-5	0,3	0,2	0,6	0,3	0,000*
	Meta 1	2,4	1,1	2,3	0,7	0,776
	Meta 2	4,6	1,2	4,9	0,9	0,414
	Meta 3	5,7	1,4	5,9	1,4	0,814
	Meta 4	5,4	2,2	4,9	1,1	0,325
	Meta 5	3,2	1,9	2,7	1,0	0,301
	Midfoot	1,3	0,7	1,2	0,5	0,450
	Heel Medial	4,8	1,6	4,9	1,2	0,888
	Heel Lateral	4,1	1,4	4,2	0,9	0,924

Tabulka 15. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 3. rychlostní úrovni ISWT

Level 3 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,3	0,7	1,6	0,7	0,146
	Toe 2-5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,006*
	Meta 1	2,5	1,4	2,1	0,9	0,169
	Meta 2	4,4	1,3	4,8	0,9	0,364
	Meta 3	5,1	1,2	5,9	1,3	0,138
	Meta 4	4,5	2,0	4,7	1,3	0,722
	Meta 5	2,9	1,9	2,5	1,0	0,387
	Midfoot	1,0	0,6	1,1	0,4	0,717
	Heel Medial	4,3	1,2	4,4	1,1	0,813
	Heel Lateral	3,6	1,1	3,7	0,9	0,769

Tabulka 16. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 4. rychlostní úrovni ISWT

Level 4 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,1	0,4	1,5	0,6	0,062
	Toe 2-5	0,3	0,1	0,5	0,2	0,019*
	Meta 1	2,1	0,9	2,0	0,7	0,662
	Meta 2	4,2	1,1	4,4	0,6	0,665
	Meta 3	5,2	1,2	5,3	1,2	0,806
	Meta 4	4,6	1,9	4,1	1,1	0,390
	Meta 5	2,8	1,7	2,2	0,8	0,220
	Midfoot	1,0	0,6	1,0	0,3	0,841
	Heel Medial	3,7	0,8	4,0	0,8	0,322
	Heel Lateral	3,1	0,8	3,3	0,6	0,515

Tabulka 17. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 5. rychlostní úrovni ISWT

Level 5 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,1	0,5	1,5	0,6	0,058
	Toe 2-5	0,3	0,1	0,4	0,2	0,031*
	Meta 1	2,0	0,8	1,9	0,6	0,696
	Meta 2	3,9	1,2	4,1	0,7	0,579
	Meta 3	4,7	1,2	5,0	1,2	0,619
	Meta 4	4,2	1,7	3,8	0,9	0,440
	Meta 5	2,5	1,3	2,0	0,7	0,263
	Midfoot	0,9	0,4	0,8	0,3	0,710
	Heel Medial	3,4	0,8	3,3	0,6	0,936
	Heel Lateral	2,8	0,6	2,8	0,5	0,899

Tabulka 18. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 6. rychlostní úrovni ISWT

Level 6	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,0	0,4	1,4	0,5	0,132
	Toe 2-5	0,3	0,1	0,4	0,2	0,081
	Meta 1	1,8	0,8	1,7	0,6	0,799
	Meta 2	3,3	1,0	3,6	0,5	0,535
	Meta 3	4,0	0,9	4,4	1,0	0,556
	Meta 4	3,5	1,2	3,2	0,8	0,669
	Meta 5	2,0	0,7	1,6	0,7	0,382
	Midfoot	0,6	0,2	0,7	0,2	0,795
	Heel Medial	3,2	0,6	3,1	0,6	0,807
	Heel Lateral	2,6	0,6	2,5	0,5	0,778

Tabulka 19. Základní charakteristiky pro parametr Impuls v 7. rychlostní úrovni ISWT

Level 7	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Impuls [N.s/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	1,0	0,3	1,3	0,5	0,232
	Toe 2-5	0,3	0,1	0,4	0,2	0,080
	Meta 1	1,5	0,4	1,5	0,5	0,935
	Meta 2	2,9	0,7	3,3	0,7	0,400
	Meta 3	3,5	0,8	3,8	1,0	0,597
	Meta 4	3,0	1,1	2,8	0,7	0,728
	Meta 5	1,8	0,8	1,4	0,6	0,421
	Midfoot	0,6	0,2	0,6	0,2	0,990
	Heel Medial	3,0	0,5	3,0	0,5	0,966
	Heel Lateral	2,4	0,5	2,4	0,4	0,962



Tabulka 20. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 1. rychlostní úrovni ISWT

Level 1	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	6,9	6,8	7,0	2,7	0,963
	Toe 2-5	2,7	6,2	2,0	1,1	0,289
	Meta 1	8,4	5,5	7,4	2,6	0,332
	Meta 2	15,1	6,3	15,3	3,0	0,842
	Meta 3	18,3	6,9	18,6	4,0	0,832
	Meta 4	16,7	7,5	14,5	4,0	0,144
	Meta 5	11,7	6,7	8,2	2,5	0,006*
	Midfoot	4,6	4,3	3,5	1,5	0,056
	Heel Medial	14,6	3,1	14,6	2,5	0,929
Heel Lateral	12,6	2,8	13,0	2,5	0,585	

Tabulka 21. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 2. rychlostní úrovni ISWT

Level 2	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	5,6	2,0	8,1	2,4	0,021*
	Toe 2-5	1,4	0,7	2,4	1,1	0,117
	Meta 1	8,1	3,4	8,3	2,1	0,833
	Meta 2	15,7	3,8	16,3	2,2	0,611
	Meta 3	19,1	4,6	18,9	4,2	0,877
	Meta 4	15,9	4,7	14,5	3,8	0,333
	Meta 5	9,8	4,7	8,0	2,5	0,143
	Midfoot	3,8	1,7	3,4	1,0	0,452
	Heel Medial	14,0	3,4	14,4	3,1	0,673
Heel Lateral	11,9	3,0	12,5	2,4	0,485	

Tabulka 22. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 3. rychlostní úrovni ISWT

Level 3	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	6,3	2,2	8,2	2,9	0,089
	Toe 2-5	1,6	0,7	2,4	1,0	0,206
	Meta 1	8,8	3,5	8,1	3,0	0,483
	Meta 2	15,8	3,7	16,8	2,2	0,406
	Meta 3	17,7	3,3	20,0	4,4	0,104
	Meta 4	14,0	5,1	14,6	4,2	0,691
	Meta 5	9,2	5,2	7,7	2,7	0,221
	Midfoot	3,0	1,5	3,2	1,2	0,762
	Heel Medial	14,4	2,9	14,8	2,7	0,713
	Heel Lateral	12,0	2,5	12,9	2,5	0,279

Tabulka 23. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 4. rychlostní úrovni ISWT

Level 4	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	6,4	2,1	8,8	2,7	0,027*
	Toe 2-5	1,6	0,8	2,5	0,9	0,201
	Meta 1	8,2	2,6	7,8	2,3	0,732
	Meta 2	16,1	3,3	16,2	1,9	0,934
	Meta 3	18,6	3,5	19,2	4,1	0,668
	Meta 4	14,9	5,1	13,4	3,7	0,325
	Meta 5	9,0	4,8	7,1	2,3	0,136
	Midfoot	3,3	1,6	3,2	1,0	0,980
	Heel Medial	14,7	2,6	15,6	2,3	0,332
	Heel Lateral	12,3	2,8	13,4	2,3	0,189

Tabulka 24. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 5. rychlostní úrovni ISWT

Level 5 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	6,8	2,4	9,4	3,2	0,018*
	Toe 2-5	1,6	0,6	2,5	1,0	0,164
	Meta 1	8,5	2,8	8,2	2,2	0,783
	Meta 2	16,3	3,9	16,5	2,2	0,868
	Meta 3	18,1	3,5	19,0	4,1	0,534
	Meta 4	14,2	4,5	12,9	3,2	0,390
	Meta 5	8,5	3,6	6,6	2,0	0,132
	Midfoot	3,2	1,2	3,2	0,9	0,961
	Heel Medial	15,2	3,0	15,5	1,8	0,798
	Heel Lateral	12,6	2,3	13,7	2,1	0,199

Tabulka 25. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 6. rychlostní úrovni ISWT

Level 6 Parametr	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	6,9	2,1	9,5	3,1	0,021*
	Toe 2-5	1,8	0,8	2,5	0,9	0,286
	Meta 1	8,1	2,6	8,5	2,4	0,741
	Meta 2	15,2	3,4	15,6	1,7	0,757
	Meta 3	17,3	3,1	17,7	3,3	0,763
	Meta 4	13,3	3,8	11,6	2,9	0,303
	Meta 5	7,9	2,9	5,7	2,1	0,109
	Midfoot	2,6	0,7	3,2	1,0	0,400
	Heel Medial	16,0	2,8	16,1	2,1	0,970
	Heel Lateral	13,0	2,5	13,6	2,0	0,521

Tabulka 26. Základní charakteristiky pro parametr Max P v 7. rychlostní úrovni ISWT

Level 7	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
Max P [N/cm <sup>2</sup> ]	Toe 1	7,3	2,0	9,5	3,1	0,066
	Toe 2-5	2,0	0,7	2,7	1,0	0,304
	Meta 1	7,8	1,9	7,8	2,1	0,988
	Meta 2	14,9	3,0	15,2	2,2	0,821
	Meta 3	16,3	2,8	16,2	3,7	0,963
	Meta 4	12,3	3,8	10,1	2,6	0,190
	Meta 5	7,5	3,2	5,1	2,1	0,074
	Midfoot	2,8	0,9	3,2	1,0	0,442
	Heel Medial	16,6	3,0	16,6	2,1	0,988
	Heel Lateral	13,2	2,6	14,2	2,0	0,313

Tabulka 27. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 1. rychlostní úrovni ISWT

Level 1	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	86,3	4,3	84,8	3,7	0,146
	Toe 2-5	83,8	5,3	81,3	4,3	0,201
	Meta 1	76,6	5,4	75,0	6,6	0,283
	Meta 2	80,3	4,1	78,7	4,4	0,091
	Meta 3	79,8	3,8	78,2	4,3	0,093
	Meta 4	76,9	4,2	75,4	4,1	0,287
	Meta 5	70,4	10,4	67,3	9,7	0,302
	Midfoot	50,5	11,7	47,9	8,1	0,325
	Heel Medial	26,9	6,3	28,6	4,8	0,187
	Heel Lateral	25,4	6,7	25,8	3,7	0,779

Tabulka 28. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 2. rychlostní úrovni ISWT

Level 2	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	85,5	3,1	84,1	3,0	0,172
	Toe 2-5	83,4	3,8	80,7	3,3	0,172
	Meta 1	75,3	6,7	74,9	3,8	0,756
	Meta 2	79,1	2,2	76,9	1,9	0,024*
	Meta 3	78,0	2,4	76,1	2,0	0,058
	Meta 4	73,5	3,7	71,0	4,7	0,096
	Meta 5	68,3	7,2	63,8	6,8	0,136
	Midfoot	48,7	10,2	42,7	8,5	0,024*
	Heel Medial	23,6	4,0	24,1	3,6	0,678
	Heel Lateral	23,3	4,6	22,4	2,7	0,539

Tabulka 29. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 3. rychlostní úrovni ISWT

Level 3	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	84,6	3,0	83,6	3,4	0,356
	Toe 2-5	81,5	9,6	81,5	2,3	0,998
	Meta 1	74,4	5,2	72,3	4,9	0,174
	Meta 2	78,3	3,2	76,6	2,0	0,092
	Meta 3	77,1	3,0	76,0	1,4	0,280
	Meta 4	72,4	3,4	70,7	3,4	0,249
	Meta 5	66,4	6,4	63,9	7,2	0,393
	Midfoot	43,8	10,1	34,0	7,9	0,000*
	Heel Medial	22,1	3,4	21,4	3,1	0,608
	Heel Lateral	20,4	4,6	19,0	4,5	0,329

Tabulka 30. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 4. rychlostní úrovni ISWT

Level 4	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	85,0	2,7	83,7	2,8	0,248
	Toe 2-5	79,1	11,0	81,6	1,9	0,207
	Meta 1	75,7	3,5	72,9	3,2	0,076
	Meta 2	78,4	3,1	76,0	2,2	0,012*
	Meta 3	76,8	3,0	75,5	1,7	0,201
	Meta 4	71,4	4,1	70,0	2,6	0,343
	Meta 5	63,9	6,3	58,4	9,8	0,064
	Midfoot	38,9	7,5	30,4	6,7	0,002*
	Heel Medial	17,9	4,3	19,7	2,7	0,166
	Heel Lateral	18,0	3,4	15,9	4,9	0,146

Tabulka 31. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 5. rychlostní úrovni ISWT

Level 5	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	84,4	2,8	83,1	2,7	0,228
	Toe 2-5	81,4	7,2	81,3	2,1	0,965
	Meta 1	74,8	3,5	72,4	3,0	0,118
	Meta 2	78,7	3,1	75,7	2,2	0,002*
	Meta 3	76,6	2,9	74,0	2,0	0,009*
	Meta 4	70,4	3,7	67,7	3,7	0,073
	Meta 5	61,0	7,2	53,9	9,5	0,019*
	Midfoot	32,5	6,0	26,2	4,0	0,019*
	Heel Medial	16,8	3,2	18,0	2,8	0,370
	Heel Lateral	15,7	3,2	12,8	4,4	0,049*

Tabulka 32. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 6. rychlostní úrovni ISWT

Level 6	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	83,5	2,3	82,4	3,1	0,367
	Toe 2-5	80,1	10,1	80,8	2,2	0,757
	Meta 1	75,6	3,6	71,5	4,1	0,013*
	Meta 2	78,3	2,7	75,2	2,3	0,004*
	Meta 3	76,5	2,8	73,3	2,4	0,002*
	Meta 4	70,5	3,5	66,6	5,5	0,013*
	Meta 5	62,9	7,8	51,1	9,0	0,000*
	Midfoot	32,4	8,0	22,3	3,1	0,000*
	Heel Medial	17,1	3,5	16,5	2,8	0,682
	Heel Lateral	15,8	3,1	11,9	3,2	0,011*

Tabulka 33. Základní charakteristiky pro parametr tMax P v 7. rychlostní úrovni ISWT

Level 7	Oblast	CHOPN		Kontrolní		Hladina p
Parametr		Průměr	SD	Průměr	SD	
tMax [%]	Toe 1	82,4	2,7	82,4	2,9	1,000
	Toe 2-5	82,4	2,9	80,7	2,4	0,418
	Meta 1	73,7	3,2	73,1	2,9	0,695
	Meta 2	76,6	3,1	75,5	2,3	0,286
	Meta 3	74,5	3,6	72,4	3,6	0,061
	Meta 4	67,1	5,6	64,1	6,5	0,061
	Meta 5	59,2	9,0	46,8	12,8	0,000*
	Midfoot	28,5	7,0	21,3	3,6	0,014*
	Heel Medial	16,3	3,7	15,0	3,6	0,374
	Heel Lateral	12,1	3,7	9,5	3,4	0,096