



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

**Porovnanie prístrojov pre kyslíkovú
terapiu pacientov s COVID-19**

**Comparison of oxygen devices
therapy of patients with COVID-19**

Diplomová práca

Študijný program: Biomedicínská a klinická technika
Študijný odbor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví
Vedúci práce: doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D

Bc. Ladislav Koudelka

Kladno 2023



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Koudelka** Jméno: **Ladislav** Osobní číslo: **495869**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Porovnání podpůrných ventilačních systémů pro pacienty s COVID-19

Název diplomové práce anglicky:

Comparison of ventilatory support systems for COVID-19 patients

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je analýza ekonomické náročnosti provozu podpůrných ventilačních systémů typu High Flow Oxygen, určených pro pacienty s mírnější formou COVID-19. Analyzujte potřeby technického vybavení zařízení pro podpůrnou ventilaci a oxygenech u potenciálních uživatelů na odděleních typu jednotky intenzivní péče. Vypracujte srovnání technických vlastností přístrojů. Proveďte porovnání provozních nákladů na jednotlivé typy přístrojů dostupných v ČR.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Pavel Dostál a kol., Základy umělé plicní ventilace, ed. 2. rozšířené vydání, Maxdorf, 2005, 304 s., ISBN ISBN 80-7345-059-3
- [2] Moon, Joon Ho et al., Moon, Joon Ho et al. "Validation of a wearable cuff-less wristwatch-type blood pressure monitoring device." Scientific reports vol. 10,1 19015. 4 Nov. 2020, doi:10.1038/s41598-020-75892-y, Scientific reports, ročník 10, číslo 1, 2020
- [3] FELDSTEIN, Paul J., Health care economics, ed. 5, Clifton Park, 2002, ISBN 0766806995

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom Porovnanie prístrojov pre kyslíkovú terapiu pacientov s COVID-19/Comparison of oxygen devices therapy of patients with COVID-19 vypracoval samostatne a použil k tomu úplný výpis citácií použitých prameňov, ktoré uvádzam v zozname priloženom k diplomovej práci.

Nemám závažný dôvod proti použitiu tohto školného diela v zmysle §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonů (autorský zákon).

V Kladne dne 18. 05. 2023

.....

Bc. Ladislav Koudelka

POĎAKOVANIE

Rád by som sa poďakoval môjmu školiteľovi doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D. za odborné rady a usmernenia, ochotu a trpezlivosť pri konzultáciách počas vypracovania tejto diplomovej práce.

ABSTRAKT

Názov práce: Porovnanie prístrojov pre kyslíkovú terapiu pacientov s COVID-19

V období pandémie COVID-19 boli vo zvýšenej miere využívané prístroje pre kyslíkovú terapiu viac ako kedykoľvek predtým. Je to neinvazívna metóda kyslíkovej terapie pri ktorej sa spontánne dychajúcemu pacientovi podáva zvlhčená a ohriata zmes plynov nosnou kanylou. Cieľom práce je porovnanie prístrojov pre kyslíkovú terapiu pacientov s COVID-19 v rámci ich ekonomickej náročnosti počas prevádzky v rôznych nemocniciach. Porovnávané boli prístroje určené na neinvazívnu kyslíkovú podporu a terapiu, konkrétne prístroje HFNO – High Flow Nasal Oxygen, ktoré sú využívané v nemocničných zariadeniach Českej republiky. Bolo zistené, že sú používané tri druhy prístrojov, ktoré sa medzi sebou líšia, ale majú aj spoločné znaky. Voľba prístroja je závislá aj od konkrétnej nemocnice a ich cien za energiu, medicínsky kyslík, platových podmienok zdravotníckeho personálu a likvidáciu materiálu. Z hľadiska nákladov má hlavný vplyv dĺžka pripojenia pacienta a použitia spotrebného materiálu. Nieje teda možné presne určiť pre ktorú konkrétnu nemocnicu je vhodný daný z porovnaných prístrojov. V práci boli analyzované potreby technického vybavenia zariadení a následného spracovania prehľadu technických vlastností daných prístrojov. Posledným krokom je komparácia a zhodnotenie nákladov na základe ktorých si vie konkrétna nemocnica približne porovnať svoje vstupné náklady, prehodnotiť prevádzkove náklady a kúpu prístroja.

Kľúčové slová

COVID-19, prístroje pre kyslíkovú terapiu, High Flow Nasal Oxygen

ABSTRACT

The title of the Thesis: Comparison of oxygen devices therapy of patients with COVID-19

During the COVID-19 pandemic, devices for oxygen therapy were used more than ever before. It is a non-invasive method of oxygen therapy, in which a humidified and heated gas mixture is delivered to spontaneously breathing patients through a nasal cannula. The aim of the work is to compare devices for oxygen therapy in COVID-19 patients, within the scope of their economic demands during operation in different hospitals. Devices designed for non-invasive oxygen support and therapy were compared, specifically High Flow Nasal Oxygen (HFNO) devices, which are used in medical facilities in the Czech Republic. It was found that there are three types of devices being used, which differ from each other but also share some common features. The choice of the device depends on the specific hospital, their energy and medical oxygen costs, the salary conditions of the healthcare personnel and material disposal. In terms of costs, the main influence is the duration of patient connection and the use of consumables. It is not possible to exactly determine which specific hospital is suitable for a particular device being compared. In the work, the requirements of technical equipment and subsequent processing of the overview of technical characteristics of these devices, were analyzed. The final step is the comparison and evaluation of costs, based on which a particular hospital can approximately compare its initial expenses, reevaluate operational costs and make a purchase decision.

Keywords

COVID-19, oxygen devices therapy, High Flow Nasal Oxygen

Obsah

Zoznam symbolov a skratiek	8
Zoznam obrázkov, grafov a tabuliek	10
1 Úvod	12
2 Prehľad súčasného stavu.....	14
2.1 Koronavírus SARS-CoV-2	14
2.1.1 Pôvod a chemizmus koronavírusu.....	15
2.1.2 Šírenie a výskyt koronavírusu v Českej republike	18
2.1.3 Diagnostikovanie koronavírusu.....	19
2.1.4 Možnosti liečby a vakcinácie.....	20
2.2 Kyslíková terapia pacientov s ochorením COVID-19.....	21
2.2.1 Prístroje využívané pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19.....	22
2.3 HFNO– vysokoprietoková nazálna oxygenácia.....	22
2.3.1 Mechanizmus spôsobenia HFNO	24
2.3.2 Prehľad prístrojov HFNO dostupných vo svete	24
2.3.3 Prehľad prístrojov HFNO dostupných v Českej republike.....	30
2.3.4 Prínosy a limity vo využívaní HFNO	31
2.4 Ekonomická náročnosť prístrojov HFNO dostupných a využívaných vo svete a v Českej republike	32
3 Ciele práce	34
4 Metódy	35
4.1 Analýza potrieb technického vybavenia HFNO	35
4.2 Komparácia technických vlastností HFNO dostupných v Českej republike	36
4.3 Výpočet ekonomickej náročnosti prevádzkových nákladov zariadení HFNO	36
4.4 Interpretácia a implementácia získaných výsledkov	39
4.4.1 Popis a rozbor modelovej situácie a citlivostná analýza	39
4.4.2 Aplikovanie získaných výsledkov pre covidové oddelenie vybraného nemocničného zariadenia Českej republiky	41
5 Výsledky.....	43

5.1	Prehľad zariadení HFNO dostupných v Českej republike	43
5.2	Výsledky analýzy potrieb technického vybavenia zariadení HFNO na covidových oddeleniach	44
5.3	Výsledky komparácie technických vlastností HFNO.....	46
5.4	Porovnávanie prevádzkových nákladov zariadení HFNO dostupných v Českej republike.....	49
5.4.1	Interpretovanie ekonomických nákladov na prevádzku HFNO dostupných v Českej republike.....	49
5.4.2	Porovnanie ekonomických nákladov na prevádzku zariadení HFNO dostupných v Českej republike	53
5.5	Modelová situácia a citlivostná analýza	55
5.6	Výber najvhodnejšej technológie HFNO pre covidové oddelenia českých nemocníc.....	59
6	Diskusia.....	64
6.1	Porovnanie potrieb technického vybavenia zariadenia HFNO pre covidové oddelenia českých nemocníc	64
6.2	Aplikácia výsledkov na situáciu konkrétneho covidového oddelenia českých nemocníc	69
7	Záver	71
	Zoznam použitej literatúry	72
	Príloha A: Obsah priloženého CD.....	78

Zoznam symbolov a skratiek

Zoznam symbolov

Symbol	Význam
%	percento/percentá
<	porovnávanie – menej
>	porovnávanie – viac

Zoznam skratiek

Skratka	Význam
„I-MASK+“	Prevention & Early Outpatient Treatment Protocol for COVID-19 Protokol prevencie a včasnej ambulantnej liečby pre COVID-19
„MATH+“	Hospital Treatment Protocol for COVID-19 Protokol nemocničnej liečby pre COVID-19
APOD	a podobne
ACE 2	angiotensin-converting enzyme 2/angiotenzín-konvertujúci enzým 2
ATĎ	a tak ďalej
CC	the cost of consumables/náklady na spotrebný materiál a jeho likvidáciu
CCR 5	chemokine receptor type 5/chemokínový receptor typu 5
CD 4	cluster of differentiation 4/zhluk diferenciácie 4
Ckyslík	average the cost per liter of 100 percent oxygen priemerná cena za jeden liter 100 percentného kyslíka
COVID	Coronavirus Disease/koronavírusové ochorenie
CSSE	COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering/Úložisko údajov COVID-19 centra pre systémové vedy a inžinierstvo
Č	inžinierstvo
ČR	číslo/čísla
DC	Česká republika
DC	drug costs/náklady na liečivá
DPP 4	drug use costs/náklady na použité liečivá
EC	Dipeptidyl Peptidase 4/dipeptidylpeptidáza 4
EP	electricity costs/náklady na elektrickú energiu the price of electricity in Euros per watt cena elektrickej energie v Eurách za jeden watt
FiO2	cena elektrickej energie v Eurách za jeden watt
FLCCC	oxygen fraction/frakcia kyslíka Front Line COVID-19 Critical Care Alliance
L	Protokoly o prevencii a liečbe pre COVID-19
HFNO	Liter
HIV	High Flow Nasal Oxygen/vysokoprietoková nazálna oxygenácia
HOD	human immunodeficiency virus/ľudský vírus nedostatočnej imunity
MERS	hodina/hodiny Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus
MIN	Blízkovýchodný koronavírusový respiračný syndróm minúta/minúty

MZČR	Ministerstvo zdravotníctva Českej republiky
O	náklady na prevádzku hlavnej jednotky HFNO operating costs of the main HFNO unit
OC	náklady na zmiešavanie plynov/gas mixing operating costs
OC	náklady na zvlhčovanie plynov/gas humidification operating costs
P	príkonný vyjadrený vo wattoch/power input expressed in watts
PC	náklady na ľudské zdroje (zamestnancov) human resources costs (employees)
PCR	Polymerase Chain Reaction polymerázová reťazová reakcia
Q	100 percent oxygen flow (one liter per minute) prietok 100 percentného kyslíka (jeden liter za jednu minútu)
RESP	respektíve
RNA	ribonucleic acid - ribonukleová kyselina
rRT	real time reverse-transcriptase/reverzná transkriptáza v reálnom čase
rRT-PCR	real time reverse-transcriptase polymerase chain reaction reverzno-transkriptázová polymerázová reťazová reakcia v reálnom čase
S	strana/strany
SARS-CoV-1	severe acute respiratory syndrome coronavirus 1 ťažký akútne respiračný syndróm 1
SARS-CoV-2	severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 ťažký akútne respiračný syndróm 2
SEK	sekunda/sekundy
SpO2	proportion of oxygen in the blood/podiel koncentrácie kyslíka v krvi
TJ	to je/to znamená
TCO	total operating costs of HFNO/celkové náklady na prevádzku HFNO
TZV	tak zvané/to znamená
WCC	water costs/náklady na vodu

Zoznam obrázkov, grafov a tabuliek

Zoznam obrázkov

Obrázok	Názov
Obrázok 2.1	Štruktúraviriónu SARS-CoV-2
Obrázok 2.2	Systém HFNO vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie

Zoznam grafov

Graf	Názov
Graf 2.1	Vývoj epidémie koronavírusu v Českej republike za jeden rok (prvý august 2020 až koniec augusta 2021)
Graf 2.2	Aktuálny výskyt koronavírusu SARS-CoV-2 v Českej republike

Zoznam tabuliek

Tabuľka	Názov
Tabuľka 2.1	Bližšia špecifikácia produktu – High Flow Oxygen Machine OH-60A
Tabuľka 2.2	Bližšia špecifikácia produktu – One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine
Tabuľka 2.3	Bližšia špecifikácia produktu – Humidified Home Use Hfnc Devices / Manual High Flow Therapy Machine
Tabuľka 2.4	Bližšia špecifikácia produktu – Comfortable Design CE Certified High Flow Oxygen Therapy Equipment
Tabuľka 2.5	Bližšia špecifikácia produktu – Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine
Tabuľka 2.6	Bližšia špecifikácia produktu – Class II Heated Humidified Hfnc Oxygen Machine
Tabuľka 2.7	Bližšia špecifikácia produktu – Oxygen Therapy High Flow Nasal Cannula System For Respiratory Dept.
Tabuľka 2.8	Bližšia špecifikácia produktu – User Friendly 70l/Min High Flow Oxygen Therapy Machine 70B
Tabuľka 2.9	Bližšia špecifikácia produktu – Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / Min
Tabuľka 4.1	Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19 určených pre výpočet modelovej situácie v nemocnici Motol, Karlové Vary a Třinec
Tabuľka 4.2	Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19, ich počtu dĺžky pripojenia na prístroj HFNO za dva „covidové“ roky
Tabuľka 5.1	Prehľad potrebných komponentov pre prístroje HFNO
Tabuľka 5.2	Technické vlastnosti zariadení HFNO
Tabuľka 5.3	Sumarizácia vstupných dát slúžiacich pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole, Karlovarskej nemocnici a nemocnici Třinec
Tabuľka 5.4	Sumarizácia prevádzkových nákladov zariadení HFNO určených pre jedného pacienta využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Tabuľka 5.5	Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov určených pre jedného pacienta hospitalizovaného vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.6	Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov určených pre jedného pacienta hospitalizovaného vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.7	Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motolea v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.8	Porovnanie celkových prevádzkových nákladov v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.9	Sumarizácia prevádzkových nákladov na spotrebný materiál zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu
Tabuľka 5.10	Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu
Tabuľka 5.11	Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu
Tabuľka 5.12	Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie pacienta pripojeného na HFNO v nemocnici v Motole pre modelovú situáciu
Tabuľka 5.13	Sumarizácia vstupných dát pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.14	Sumarizácia prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec na jedného covidového pacienta
Tabuľka 5.15	Vysvetlivky farebného označenia v dokumente pre covidové oddelenia Fakultnej nemocnice v Motole, Karlovarskej krajskej nemocnici a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.16	Sumarizácia vstupných dát pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO na podmienky Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec
Tabuľka 5.17	Sumarizácia vstupných dát pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO na podmienky Karlovarskej krajskej nemocnici
Tabuľka 5.18	Celkové prevádzkové náklady zariadení HFNO určené pre jedného pacienta s ochorením COVID-19 na jeden deň vo fakultnej, krajskej a okresnej nemocnici

1 Úvod

Pandémia koronavírusu SARS-CoV-2 spôsobujúceho ochorenie COVID-19 nesie nielen zdravotné, emocionálne a finančné následky pre chorých, ich rodiny, blízke okolie, ale aj väčšiu či menšiu ekonomickú náročnosť pre zdravotníctvo a tým celkové hospodárstvo tej, ktorej krajiny. Nevynímajúc široké obyvateľstvo i zdravotníctvo Českej republiky. České nemocnice krajských a okresných miest boli nútené vybudovať, tzv. covidové oddelenia, v ktorých dochádzalo a stále dochádza k liečeniu pacientov trpiacich ochorením COVID-19.

Každé covidové oddelenie sa špecializuje na liečbu pacientov, ktorí majú závažné dýchacie ťažkosti, pričom využívajú invazívnu, ale častejšie neinvazívnu kyslíkovú podporu a kyslíkovú terapiu prostredníctvom prístrojov HFNO (High Flow Nasal Oxygen) – vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie.

Predmetná diplomová práca sa venuje problematike ekonomickej náročnosti prevádzkovania prístrojov, ktoré sú určené pre neinvazívnu kyslíkovú podporu a kyslíkovú terapiu pacientov trpiacich ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2). Zámerom diplomovej práce je konkrétne analyzovať, následne vzájomne komparovať a napokon zhodnocovať potreby technického vybavenia zariadení, ktorými sú neinvazívne kyslíkové prístroje HFNO. Volené boli iba dostupné prístroje neinvazívnej kyslíkovej podpory, využívané výhradne na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky v priebehu pandémie.

Áno, v priebehu pandémie sa začala viac akceptovať technika HFNO, ale jej prevádzkovanie prináša so sebou nové požiadavky na fungovanie prevádzok zdravotníckych a nemocničných zariadení, ktoré sú prevažne spojené s nárokmi na dodávku plynných médií, najmä medicínskeho kyslíka. Vzhľadom k tomu, že kyslík štandardne nie je vyrábaný v nemocniciach, ale nemocnice si dodávky kyslíka zaistujú od externých firiem, prevádzka zariadení HFNO predstavuje zvýšené nároky na dodávku medicínskeho kyslíka a taktiež na manažment, ktorý na základe objednávok zabezpečuje pravidelné dodávky stále vyšších noriem kyslíka. V prípade používania veľkého množstva prístrojov sa vyžaduje transport veľkého množstva plynu a tu môže teoreticky dôjsť k atakovaniu technických limitov, ktoré môžu negatívne ovplyvniť bezpečnosť prevádzky veľkého počtu prístrojov HFNO a tým aj zdravie pacientov.

Keďže v posledných rokoch narastá užívanie kyslíkovej terapie vysoko prietokovej zvlhčenej zmesi distribuovanej za pomoci prístrojov HFNO, zámerom spracovania tejto diplomovej práce týkajúcej sa problematiky ekonomickej náročnosti prevádzkovania prístrojov určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19, bolo, že prinesie nové a zaujímavé poznatky nielen pre odbornú, ale aj pre laickú verejnosť.

2 Prehľad súčasného stavu

Pacient s ochorením COVID-19 by mal dostať účinnú kyslíkovú liečbu, vrátane nosného katétra, kyslíkovej masky, nazálnej kyslíkovej liečby s vysokým prietokom, neinvazívnej ventilácie alebo invazívnej mechanickej ventilácie podľa klinického stavu.

Za použitia invazívneho zabezpečenia dýchacích ciest a ventilátora invazívna ventilácia nahradí alebo podporí ventiláciu pacienta. Neinvazívna ventilácia je mechanická podpora pacienta bez invazívneho zabezpečenia dýchacích ciest. Tieto dve techniky ventilačnej podpory boli podrobnejšie popísané v kapitole 2.2 Kyslíková terapia pacientov s COVID-19.

Vysokoprietoková nazálna oxygenoterapia je komfortná a vysoko tolerovaná ventilácia. Pacient dýcha ohriatu a zvlhčenú zmes, je presne dodávaný kyslík, pacient má dynamický tlak v dýchacích cestách, a dochádza k zmenšeniu mŕtveho priestoru. Ku kyslíkovej podpore pacientov dochádza na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky.

V práci bolo konkrétnejšie sústredenie na analýzu a komparovanie potrieb technického vybavenia zariadení HFNO, ktoré sú dostupné výhradne v Českej republike.

V tomto duchu bol spracovaný aj prehľad súčasného stavu. Aplikovaná bola výskumná metóda štúdia publikačných zdrojov a štúdia textových dokumentov, metódu literárnej analýzy, výskumnú metódu porovnávania či metódu snehovej gule. Postup bol od jednoduchého k zložitému a od abstraktného ku konkrétnemu.

Z publikačných zdrojov boli vybrané len hodnoverné a k tematike diplomovej práce relevantné odborné články, príspevky prezentované na domácich, českých a slovenských, ale taktiež aj zahraničných konferenciách, štúdie, odborné publikácie. Čerpané bolo aj zo stránok a webových portálov, napr. sú nimi informácie, štúdie, odborné a aktuálne správy, odporúčania a najnovšie nariadenia Ministerstva zdravotníctva Českej republiky a koronavírus portálu <https://koronavirus.mzcr.cz>.

2.1 Koronavírus SARS-CoV-2

Aktuálne sme sami svedkami novej a pre väčšinu obyvateľstva sveta neznámej, predtým nepredstaviteľnej, strach a obavy vyvolávajúcej situácie, ktorou je pandémia koronavírusu. Pandémia postihla celý vyspelý i rozvojový svet, zapríčinila úmrtia miliónov jeho obyvateľov, v stovkách prípadov aj celých rodín, zastavila hospodárstvo, rast ekonomiky, osobný, rodinný a u mnohých aj školský či pracovný život.

Pandémia koronavírusu stále trvá a v súčasnosti (začiatok októbra 2021) sa v Českej republike podľa Ministerstva zdravotníctví České republiky [1] – správy „Aktuálně o koronaviru“ demonštruje začínajúcou treťou vlnou. Aj v Českej republike, vychádzajúc z Přehledu datových reportů, podkladových materiálů a analýz pro hodnocení epidemie COVID-19 v ČR [2], spôsobila pandémia koronavírusu, rovnako ako aj v iných krajinách, desaťtisíce úmrtí vo všetkých vekových kategóriách jej obyvateľov, ochromenie až zastavenie hospodárskeho a ekonomického rastu. Pandémia doslova prerušila bežný a každodenný život.

Pred priblížením šírenia a výskytu koronavírusu v Českej republike bolo zameranie sa na definovanie samotného koronavírusu a ochorenia COVID-19, ktoré vyvoláva, čoho následkom je dnešná celosvetová pandémia (od začiatku roka 2020).

2.1.1 Pôvod a chemizmus koronavírusu

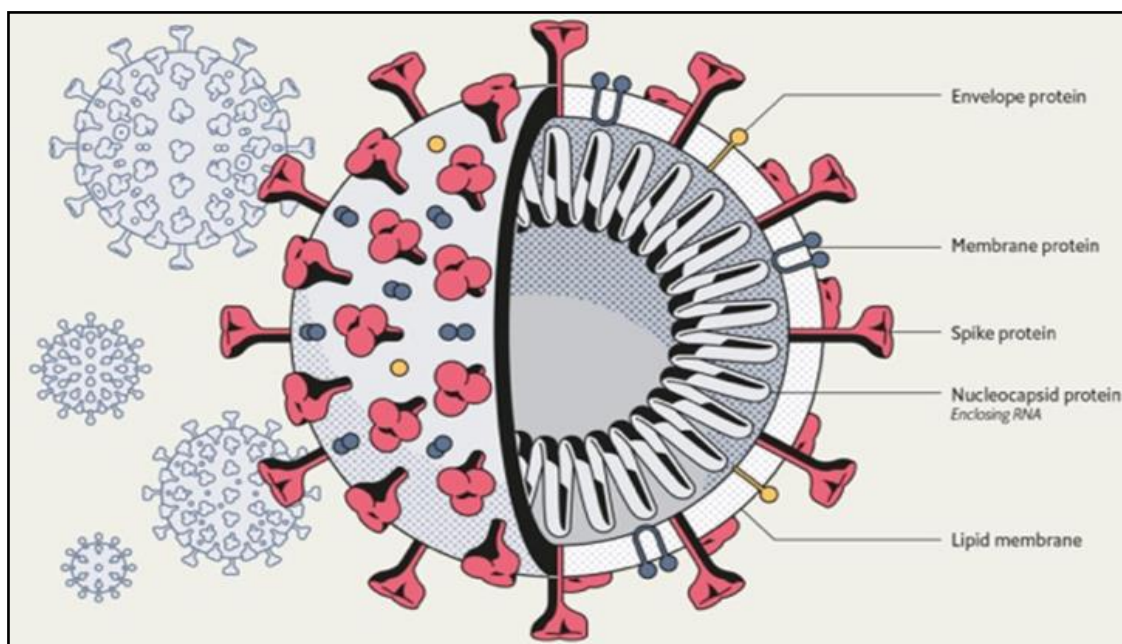
Koronavírus SARS-CoV-2 je vírusom ťažkého akútneho respiračného syndrómu, pričom vyvoláva už spomínané ochorenie COVID-19. Koronavírus SARS-CoV-2 je zástupcom skupiny β -koronavírusov. Predmetná skupina β -koronavírusov je úplne bežne rozšírená v ľudskej populácii. β -koronavírusy sú príčinou vzniku ochorení, napr. pečene, tráviaceho, nervového systému, ale aj dýchacej sústavy človeka. Koronavírus, ktorý vyvolal aktuálnu celosvetovú pandémiu, spôsobuje človeku ťažký akútny respiračný syndróm preložiteľný do anglického jazyka ako severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. Veľmi často využívaná skratka SARS-CoV-2 je odvodená práve z daného anglického pomenovania [3, 4].

Ďalšie zdroje Alhazzani et al. [5] a World Federation of Societies of Anesthesiologists [6] uvádzajú, že koronavírus obsahuje RNA genóm (z anglického názvu ribonucleic acid – ribonukleová kyselina/genóm obsahujúci ribonukleovú kyselinu), pričom vykazuje až 70 percentnú genetickú podobnosť so SARS-CoV-1 vírusom (skratka z anglického pomenovania – severe acute respiratory syndrome coronavirus 1, ťažký akútny respiračný syndróm). Daný SARS-CoV-1 vírus spôsobil pandémiu v roku 2002, ktoré však nemali celosvetové šírenie. Genetická informácia koronavírusu SARS-CoV-2 je až na markantných 96 percent totožná s genetickou informáciou koronavírusov netopierov. Práve netopiere sa považujú za hlavný, resp. za primárny zdroj koronavírusovej infekcie. Predpokladá sa, že sa koronavírus pochádzajúci z netopierov preniesol na človeka pomocou drobných cicavcov slúžiacich ako potrava.

Dôvodom extrémne rýchleho a celosvetového šírenia koronavírusu SARS-CoV-2 je skutočnosť, že tento vírus rozpoznáva proteín nazývaný ACE 2 receptor (skratka z anglického pomenovania – angiotensin-converting enzyme 2) [7]. Napríklad HIV (skratka z anglického pomenovania – human immunodeficiency virus) musí nájsť až dva proteíny, a to CD4 (anglicky ako cluster of differentiation 4) a väčšinou CCR 5

(anglicky ako chemokine receptor type 5). Iný koronavírus – MERS (skratka z anglického pomenovania – Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus) zasa rozpoznáva DPP4 (anglicky ako Dipeptidyl Peptidase 4). Proteín ACE2, ktorý rozpoznáva SARSCoV-1 a SARS-CoV-2, je prítomný na mnohých typoch buniek vrátane tých, ktoré tvoria naše dýchacie cesty.

SARS-CoV-2 patrí do čeľade Coronaviridae a rodu Betacoronavirus. Jeho genóm je tvorený nesegmentovanou pozitívne orientovanou RNA (ribonukleovou kyselinou), ktorá má dĺžku približne 30 000 nukleotidov. Genóm koronavírusu SARS-CoV-2 kóduje 16-sť neštruktúrnych vírusových bielkovín, napr. je to membránový, obalový, nukleokapsidový proteín, pričom k najdôležitejšiemu proteínu patrí S glykoproteín. A práve S glykoproteín zabezpečuje väzbu koronavírusu na bunkový receptor mnohobunkového organizmu, drobných živočíchov, cicavcov i človeka [8]. Štruktúru viriónu SARS-CoV-2 znázorňujeme na nasledovnom obrázku 2.1:



Obrázok 2.1: Štruktúra viriónu SARS-CoV-2. Zdroj: Manuel Bortoletti, <https://synlabianer.cz/clanek/testovani-viru-sars-cov-2-synlab-slovakia-s-r-o/>

Vysvetlivky: envelope protein – obalový proteín, membrane protein – membránový proteín, spike protein – vírusový proteín, nucleocapsid protein – nukleokapsidový proteín, enclosing RNA (ribonucleic acid) – uzatvárajúci RNA (ribonukleová kyselina), lipid membrána – lipidová /tuková membrána

Vyššie bolo spomenuté, že koronavírusy spôsobujú rôzne ochorenia, pričom niektoré napádajú len určitú skupinu, napr. drobných cicavcov, vtáky, vodné živočíchov, t. j. nespôsobujú ochorenia človeku, nie sú na neho prenosné. Naopak iné, ako sa bolo

uvedené v odborných publikáciách Greger [9] a Bhakdi, Reiss [10] sú prenosné na človeka, ktorému spôsobujú viac či menej obtiažne komplikácie, menej či viac závažné ochorenia, zdravotné problémy. Viaceré z koronavírusov sú však zodpovedné za pandémie a jedným z nich je aj koronavírus SARS-CoV-2, ktorý spôsobuje ochorenie s názvom COVID-19. Na človeka sa preniesol pravdepodobne z drobných živočíchov a následne sa začal medzi ľudskou populáciou šíriť nekontrolovanou rýchlosťou.

Prvé prípady COVID-19 boli zaznamenané u ľudí, ktorí sa nakazili na trhu so živými zvieratami a morskými plodmi v meste Wuhan koncom roku 2019. Došlo k medzidruhovému prenosu vírusu – zo zvierat sa preniesol koronavírus, ktorý dovtedy neinfikoval ľudí, na človeka. V minulosti boli zaregistrované prenosy vírusu vtáčej chrípky na človeka. Napríklad v roku 1997 sa infikovalo v Hongkongu 18 osôb vírusom vtáčej chrípky A H5N1, 6 z nich zomrelo [11].

Ochorenie COVID-19 je možné charakterizovať ako:

- * infekčné ochorenie človeka vyvolané koronavírusom SARS-CoV-2, jeho názov je odvodený z anglického pomenovania –Coronavirus Disease,
- * po prvýkrát bolo ochorenie COVID-19 identifikované v decembri roku 2019 v čínskom meste Wu-chan, následne sa veľmi rýchlo rozšíril na všetky kontinenty a spôsobil celosvetovú pandémiu,
- * ochorenie spôsobuje rôzne zdravotné problémy, ale medzi najzávažnejšie sa zaraďuje zápal pľúc, COVID-19 vyvoláva u mnohých postihnutých veľmi ťažkú pneumóniu, rozvrat vnútorného prostredia, často nezvratné poškodenie pľúcnych alveol a tým i mnohým chorým s pridruženými zdravotnými problémami smrť [9, 12],
- * Ochorenie COVID-19 sa šíri vírusom, ktorý sa prenáša kvapôčkami z dýchacích ciest chorého pri kýchaní a kašľaní. Tieto kvapôčky môžu doletieť až do vzdialenosti 2 metrov. Kontaminovaný vzduch môže tiež prenášať vírus v prípade invazívnych zdravotníckych výkonov v dýchacom trakte, kde sa vytvára aerosól s doletom až 10 metrov. Vírus sa môže následne šíriť priamym kontaktom s povrchmi, na ktorých sa nachádzajú kvapky sekrétu chorého s COVID-19 [11].

COVID-19 sa rozšíril a i naďalej rozširuje v rámci obyvateľstva strednej Európy, Českej, Slovenskej republiky, Maďarsku, Rakúsku. V Českej republike sa aktuálne začala (začiatok októbra roka 2021) tretia vlna koronavírusovej pandémie.

2.1.2 Šírenie a výskyty koronavírusu v Českej republike

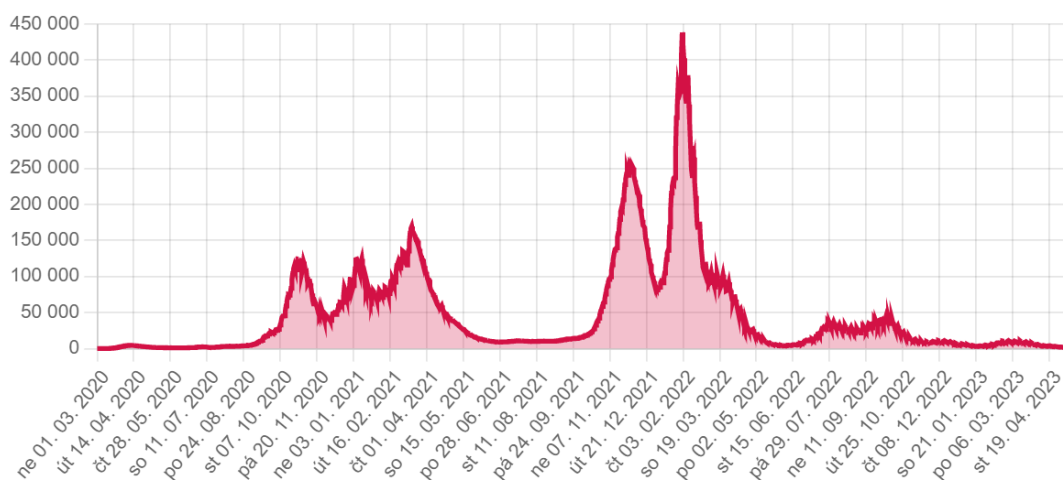
Šírenie a výskyt koronavírusu SARS-CoV-2 v Českej republike dokumentujeme na príslušných dvoch grafoch – graf 2.1 a graf 2.2. Na grafe 2.1 je znázornený vývoj epidémie koronavírusu v Českej republike za jeden rok (prvý august 2020 až koniec augusta 2021).

Vychádzajúc z predmetného obrázka konštatujeme, že najviac chorých na COVID-19 sa v Českej republike vyskytovalo v období jesenných mesiacov (hlavne začiatkom novembra) roka 2020 a potom v čase zimných (hlavne v mesiaci január) a jarných mesiacov (hlavne začiatkom mesiaca marec) ďalšieho roka 2021.



Graf 2.1: Vývoj epidémie koronavírusu v Českej republike za jeden rok (prvý august 2020 až koniec augusta 2021). Zdroj: MZČR

Aktuálny výskyt koronavírusu SARS-CoV-2 v Českej republike bol uvedený na ďalšom grafe 2.2. Z obrázku je možné sledovať, začiatkom marca roka 2020, postupný nárast chorých na koronavírus. Rovnako ako v susedných krajinách vidíme nárast počtu prípadov s koronavírusom počas októbra, novembra, ale aj decembra 2021. Predpokadom bol nárast chorých prípadov v roku 2022 čo sa potvrdilo.



Graf 2.2: Aktuálny výskyt koronavírusu SARS-CoV-2 v Českej republike. Zdroj: MZČR

2.1.3 Diagnostikovanie koronavírusu

Diagnostikovanie koronavírusu je aj v dnešnej dobe stále diskutabilné. Problémom je to, že ide o nový typ koronavírusu SARS-CoV-2 spôsobujúci ochorenie COVID-19, ktorého príznaky sa však prejavujú až neskôr po infikovaní. Dokonca niektoré osoby, ktoré sú už infikované koronavírusom SARS-CoV-2 nemajú žiadne príznaky.

Ochorenie spôsobené novým koronavírusom sa obvykle prejavuje horúčkou, kašľom, ťažkosťami s dýchaním, bolesťami svalov a celkovou únavou. Jeho priebeh sa môže líšiť od miernych príznakov prechladnutia až po závažný zápal pľúc, ktorý môže byť ohrozením pre život pacienta. Zatiaľ nie je jasné, u koľkých infikovaných ľudí prebieha ochorenie bez príznakov. Skúsenosti z Číny však ukazujú, že u 75 % z prvotne bezpríznakových pacientov sa nakoniec ochorenie prejavilo [11].

Snahou vedeckej obce a zdravotníkov je diagnostikovať koronavírus SARS-CoV-2 čo najskôr, keďže k prenosu viriónov dochádza i v prípade bezpríznakových, teda zdanlivo zdravých, osôb. Diagnostikovanie koronavírusu preto prebieha:

- 1) prostredníctvom laboratórnej diagnostiky, pričom medzi najspoľahlivejšiu metódu patrí priame stanovenie prítomnosti vírusu a to, tzv. metódou PCR (pomenovanie pochádza z anglického jazyka – Polymerase Chain Reaction ako polymerázová reťazová reakcia). Pri PCR testovaní dochádza k steru z nosa a nosohltana. PCR testovanie vyžaduje použitie moderných technických zariadení a špičkových činidiel, nedá sa vykonať v teréne [13, 14],

- 2) ďalším zo spôsobov je rRT-PCR (real time reverse-transcriptase polymerase chain reaction), k testovaniu dochádza z výterov z nosovej dutiny a zo spúta (test trvá 2-4 hodiny, dostupnosť výsledku v praxi do 24 hod.). Najvyššia citlivosť je však zo spúta z dolných dýchacích ciest. V súčasnosti je dostupný už aj bed-side vykonateľný rýchly antigénový test tiež z výterov z nosovej dutiny a zo spúta, ktorého výsledok je možné získať v rozmedzí 15 až 30 minút [15],
- 3) po testovaní metódami PCR – Polymerase Chain Reaction a rRT-PCR – real time reverse-transcriptase polymerase chain reaction, ktoré sú viazané výlučne na laboratórne prostredie, dochádza k diagnostikovaniu prítomnosti koronavírusu rýchlotestami. Rýchlotesty sú určené na profesionálne použitie, ale nevyžadujú špecifické technické prístroje, činidlá a laboratórne techniky, rozlišujeme medzi protilátkovými a antigénovými rýchlotestami,
- 4) posledným typom testov slúžiacich na diagnostikovanie koronavírusu sú domáce testy, ktoré je možné zakúpiť v lekárňach [13, 14].

Po pozitívnom diagnostikovaní prítomnosti koronavírusu vyššie vymedzenými testami dochádza k jeho liečeniu, resp. k liečeniu jeho symptómov.

2.1.4 Možnosti liečby a vakcinácie

Možnosti liečby ochorenia COVID-19, ktoré vyvolala prítomnosť koronavírusu sú i do dnešných dní stále diskutabilné. Rovnako diskutabilnou je u laickej verejnosti aj prevencia vzniku tohto ochorenia, ku ktorej dochádza prostredníctvom vakcinácie.

Momentálne neexistuje žiadny špecifický liek na liečbu pneumónie spôsobenej novým koronavírusom. Liečba zahŕňa rôzne lieky, ktoré sú dostupné buď bez lekárskeho predpisu alebo na lekárske predpis, ako napríklad antibiotiká alebo rôzne čínske byliny a rastlinné extrakty. Toto vedie k zvyšujúcemu sa počtu prípadov liekových exantémov u pacientov s COVID-19. Okrem toho, pacienti s koronavírusovou pneumóniou často trpia akútnou urtikáriou, vaskulitídou a ďalšími svrbivými vyrážkami súvisiacimi s liečbou ochorenia COVID-19 [7].

Aktuálne je však pre zdravotnícke a nemocničné zariadenia s covid-oddeleniami, ale aj pre pacientov s COVID-19, ktorí sa liečia v domácom prostredí a ktorým je liečba indikovaná ich obvodnými lekármi alebo lekármi špecialistami, napr. pneumológmi, neurológmi, infektológmi a inými, odporúčaným držať sa najnovších pokynov, predpisov a nariadení aliancie FLCCC (skratka z anglického názvu aliancie – Front Line COVID-19 Critical Care Alliance) [13, 14, 15].

FLCCC – Front Line COVID-19 Critical Care Alliance [13, 14, 15] vytvorila so svojim tímom lekárov, výskumníkov a virológov dva protokoly, ktorými sú:

- 1) MATH+ (Hospital Treatment Protocol for COVID-19) – jedná sa o protokol odporúčaný na liečbu hospitalizovaných pacientov s ťažším priebehom ochorenia COVID-19,

- 2) I-MASK+ (Prevention & Early Outpatient Treatment Protocol for COVID-19) – ďalší protokol slúžiaci na prevenciu a včasnú liečbu ochorenia COVID-19, ku ktorej dochádza v domácom prostredí.

Jednou z foriem prevencie ochorenia COVID-19 je vakcinácia. Vakcinovanie je veľmi efektívny spôsob ako zabrániť rýchlemu a hromadnému šíreniu koronavírusu medzi populáciou. Účelom vakcinácie je vytvorenie kolektívnej imunity [7].

2.2 Kyslíková terapia pacientov s ochorením COVID-19

Liečenie pacientov s ochorením COVID-19, ako bolo vyššie deklarované, prebieha jednak v prípade jeho ľahších foriem a symptómov v domácom prostredí pacienta alebo potom v prípade ťažkých podôb a symptómov ochorenia COVID-19 v zdravotníckych a nemocničných zariadeniach, na tzv. covid-oddeleniach.

Koronavírus SARS-CoV-2 je vírusom ťažkého akútneho respiračného syndrómu a týmto v najzávažnejších prípadoch spôsobuje ťažký, jednostranný alebo obojstranný zápal pľúc, poškodenie až úplne zničenie pľúcnych alveol.

U predmetných ťažkých prípadov ochorenia COVID-19 preto musí dochádzať k uskutočňovaniu kyslíkovej terapie. Podľa Príručky prevencie a liečby COVID-19 [13] je rozdiel medzi invazívnou a neinvazívnou kyslíkovou podporou pacientov s ťažkými respiračnými symptómami COVID-19.

Prístroje využívané pre invazívnu a neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov, ktorí ochoreli na koronavírus, zachraňujú mnohým z nich životy. Bez využívania prístrojov podporujúcich dýchanie pacientov s koronavírusom a tým výmenu plynov medzi vnútorným prostredím, pľúcnymi alveolami, pacienta a jeho okolím, vonkajším prostredím, by nebolo možné zachrániť tisícky ľudských životov.

Invazívna a neinvazívna kyslíková podpora pacientov trpiacich COVID-19 sa však líši v mnohých aspektoch. K odlišnostiam, vychádzajúc z porovnania informácií viacerých zdrojov Firment et al. [16]; Firment [17]; Subramaniam et al. [18]; Singerová [19]; Vičar et al. [20]; GitHub [21]zaradujeme:

- * invazívnu kyslíkovú podporu pacientov s COVID-19, ktorá predstavuje techniku ventilačnej podpory, pričom obchádza horné dýchacie cesty,
- * ku invazívnej kyslíkovej podpore pacientov s COVID-19 dochádza za využitia endotracheálnej kanyly, laryngeálnych masiek ako aj, resp. alebo aj, použitím invazívnych tracheostomických kanýl,
- * neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s COVID-19, ktorá predstavuje naproti invazívnej kyslíkovej podpore techniku založenú na ventilačnej podpore bez použitia invazívneho zabezpečenia dýchacích ciest,
- * neinvazívna kyslíková podpora pacientov s COVID-19 je realizovaná cez horné dýchacie cesty chorého ako i za použitia tvárovej masky.

V ďalších častiach diplomovej práce bolo zameranie len na neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19, ku ktorej dochádza rôznymi prístrojmi.

2.2.1 Prístroje využívané pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19

V problematike neinvazívnej kyslíkovej podpory pacientov s ochorením COVID-19 boli rozdiely medzi viacerými alternatívami, ktorými sú:

- 1) neinvazívna kyslíková podpora pacientov s COVID-19, tzv. neinvazívna ventilácia pozitívnym tlakom, v prípade ktorej je chorý pacient pripojený maskou na ventilátor. Ventilátor vytvára pozitívny tlak. Vzduch putuje cez masku najskôr do nosa, následne do úst a ďalej do dýchacích ciest,
- 2) neinvazívna kyslíková podpora pacientov s COVID-19 kontinuálnym prítokom, pričom sa používa ventilácia predmetným kontinuálnym prítokom, prítokom je zmes plynu (O_2 a vzduch) prúdiaca do dýchacích ciest,
- 3) neinvazívna kyslíková podpora vysokofrekvenčnou ventiláciou maskou, pričom vysokofrekvenčné ventilovanie maskou zvyšuje v dýchacích cestách pacienta stredný tlak [22, 23].

Ako posledné bolo zdôraznené, že pri všetkých typoch neinvazívnej ventilácie existuje zvýšené riziko infekcie ošetrovateľského personálu rozptýleným aerosólovým vírusom, hoci sa pacientova hypoxémia zmierni. Pacient, ktorý je pripojený na umelú ventiláciu, by mal byť sledovaný lekárom s odbornosťou v oblasti anestéziológie a intenzívnej medicíny. V opačnom prípade by pri nekompetentnej obsluhu ventilátora mohlo dôjsť k traumatickému poškodeniu pľúc [16].

Zástupcom neinvazívnej kyslíkovej podpory pacientov s ochorením COVID-19 je vysokoprietoková nazálna oxygenácia.

2.3 HFNO– vysokoprietoková nazálna oxygenácia

HFNO patrí, na základe porovnania prác k relatívne moderným technikám a prístrojom [18, 24 - 26], ktoré sa začali masovo využívať s príchodom zdravotných problémov a ochorení, ktorého dominantným symptómom je poškodzovanie pľúcneho parenchýmu, pľúcnych alveol a tým znemožňovanie normálneho dýchania, výmeny plynov (kyslíka a oxidu uhličitého) pacienta medzi jeho vnútorným prostredím a okolím. Prístroje HFNO sú najčastejšie využívanými pri manažovaní pacientov, ktorí trpia akútnym hypoxemickým respiračným zlyhaním. Vysokoprietoková nazálna oxygenácia umožňuje dodávanie kyslíka pri rozličných koncentráciách a tak prispôsobovanie meniacemu sa zdravotnému stavu pacienta v súvislosti s akútnymi dýchacími problémami, viac či menej prítomným respiračným zlyhávaním, množstvu kyslíka v tele pacienta a množstvu vydychovaného oxidu uhličitého [18].

System HFNO ako je prezentované na obrázku 2.2, je zložený z viacerých komponentov. Komponentami systému HFNO sú:

- * elektricky napájaný vysokotlakový prívod kyslíka, resp. zmiešaného vzduchu prostredníctvom, tzv. komponentu mixéra,
- * prietokomer, ktorý je schopný prietoku až 100 litrov za jednu minútu,
- * zvlhčovač, ktorý je schopný úplne zvlhčiť zmes kyslíka a vzduchu,
- * hadičky na dodávanie plynu z jeho prívodu smerujúce do nosných kanýl,
- * napokon sú to špeciálne nosné kanyly so širokým otvorom, ktoré prenášajú zmes kyslíka a vzduchu z plynovej trubice do nosa pacienta [27].



Obrázok 2.2: Systém HFNO vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie. Zdroj: The Anesthesia Patient Safety Foundation

Popisovaná HFNO je odporúčanou hlavne z toho dôvodu, že poskytuje oveľa vyšší komfort pacientovi s koronavírusom tým, že je schopná zvlhčovať privádzaný kyslík, resp. privádzanú zmixovanú zmes kyslíka a vzduchu a to presne podľa potrieb tohto pacienta. Taktiež je prínosom High Flow Nasal Oxygen skutočnosť, že pri vysokých prietokoch vie poskytovať v dýchacích cestách pacienta kontinuálny pozitívny tlak [28, 19].

Každé moderné zariadenie neinvazívnej kyslíkovej podpory pacienta trpiaceho ochorením COVID-19 a tým akútnymi respiračnými problémami, aj vysokoprietoková nazálna oxygenácia, má vlastný mechanizmus pôsobenia.

2.3.1 Mechanizmus spôsobenia HFNO

Invazívna a neinvazívna kyslíková podpora sa, vychádzajúc z materiálov Štandardný preventívny, diagnostický a terapeutický postup pri starostlivosti o kriticky chorých s COVID-19 [17] a Štandardný postup pre rýchle usmernenia klinického manažmentu detských a dospelých pacientov s novým koronavírusom 2019 (COVID-19) [14] poskytuje pacientom jednak s hypoxickým respiračným zlyhaním a potom so syndrómom akútnej respiračnej tiesne, resp. s oboma naraz. Oba závažné zdravotné problémy spôsobuje aj ochorenie COVID-19.

Firment [16] ďalej zdôrazňuje, že pri hypoxémii $SpO_2 < 92\% - 94\%$ bez inhalácie kyslíka je vhodné pacientovi pridávať kyslík inhalačne tvárovou Hudsonovou maskou s prietokom > 5 litrov za minútu alebo Venturiho maskou $> 40\%$ tak, aby SpO_2 nepresahovalo 96% . Pacient len kvôli inhalácii kyslíka nepatrí na OAIM. Kyslík by mal byť podávaný zvlhčený a ohriaty. Koncentrácia kyslíka vo vdychovanej zmesi nad 80% počas niekoľkých hodín môže pacientovi ublížiť.

Podávanie zvlhčeného a ohriateho kyslíka práve zabezpečuje vysokoprietoková nazálna oxygenácia.

Akoumianaki et al. [24]; World Federation of Societies of Anesthesiologists [26] a Klimešová [29] zdôrazňujú, že vysokoprietoková nazálna oxygenácia sa má u kriticky chorých s COVID-19 použiť vtedy, ak bola nosová kanyla a/alebo kyslíková liečba prostredníctvom tvárovej či nosovej masky neefektívnymi. Taktiež sa vysokoprietoková nazálna oxygenácia odporúča využívať v tom prípade, ak mal už pacient diagnostikované hypoxické zlyhanie dýchacích ciest.

V praxi sa využívajú rôzne prístroje vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie.

2.3.2 Prehľad prístrojov HFNO dostupných vo svete

Intenzívne využívanie vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie u pacientov s diagnostikovaným COVID-19 malo za následok vývoj nových a modernizáciu už u pacientov s ochoreniami dýchacej sústavy predtým bežne používaných prístrojov HFNO. Aktuálne nachádzame na trhu so zdravotníckymi potrebami rozličné prístroje vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie, ktoré môžu byť využívané v nemocničnom ako aj niektoré v domácom prostredí pacienta s rôznymi respiračnými ochoreniami a tým aj s COVID-19.

Vychádzajúc z informácií Institutu postgraduálneho vzdelávania ve zdravotníctví [30] a materiálov Štandardný preventívny, diagnostický a terapeutický postup pri starostlivosti o kriticky chorých s COVID-19 [17] a Štandardný postup pre rýchle usmernenia klinického manažmentu detských a dospelých pacientov s novým koronavírusom 2019 (COVID-19) [14] konštatujeme, že využívanie vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie u pacientov s diagnostikovaným COVID-19 malo svoj postupný

vývoj, ale aj presne stanovený postup a odporúčania.

Prístroje vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie sa zavádzali na covidové oddelenia postupne, čo súviselo so zhoršovaním sa pandemickej situácie. Keďže prvé týždne mesiaca október roka 2021 nebolo možné predpovedať koniec pandémie koronavírusu (jar 2022?, zima 2022?), stále dochádza k vyvíjaniu inovatívnejších a kvalitu života pacientov s COVID-19 zlepšujúcich prístrojov HFNO.

Vzhľadom k prezentovanému nie je možné nájsť stály a nemenný zoznam prístrojov HFNO, ktoré by boli určené výhradne pre pacientov s COVID-19 a ním spôsobených dýchacích problémov. Preto sumarizujeme len v súčasnom období (od začiatku po jeseň roka 2021) najčastejšie využívané prístroje HFNO (pozri tabuľky 2.1 – 2.9 Bližšia špecifikácia produktu).

Z prístrojov s manuálnou úpravou kyslíka a režimom vysokého prietoku 10 – 60 litrov za minútu sa celosvetovo využívajú High Flow Oxygen Machine OH-60A (Micomme Medical Technology Development Co., Ltd, Čína), One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine, Humidified Home Use Hfnc Devices / Manual High Flow Therapy Machine, Class II Heated Humidified Hfnc Oxygen Machine, Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / min., Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine. Možnosť nastavenia teploty je u všetkých zariadení 31 °C, 34 °C, 37 °C okrem prístroja Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine kde je voľba iba 31 °C a 37 °C. Druhou skupinou sú prístroje s automatickou úpravou kyslíka a režimom vysokého prietoku tzn. 10 -70 litrov za minútu. Prvé dva prístroje majú upraviteľné nastavenie teploty 31 °C, 34 °C, 37 °C s rozdielom zariadenia, Comfortable Design CE Certified High Flow Oxygen Therapy Equipment, ktoré disponuje s nastaviteľnou funkciou teploty 31 °C a 37 °C. Spoločným znakom všetkých spomenutých zariadení bolo nastavenie prispôsobenia kyslíka od 21 % do 100 %, rozsah nízkeho prietoku od 2 do 25 litrov kyslíka za minútu, mali 4,3 palcovú obrazovku, bola u nich možnosť zásobovania a vlastnili certifikát CE.

1. High Flow Oxygen Machine OH-60A

Tabuľka 2.1: Bližšia špecifikácia produktu – High Flow Oxygen Machine OH-60A

Bližšia špecifikácia produktu –High Flow Oxygen Machine OH-60A	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania kyslíka	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [18, 31, 32]

2. One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine

Tabuľka 2.2: Bližšia špecifikácia produktu – One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine

Bližšia špecifikácia produktu –One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [33, 34, 24]

3. Humidified Home Use Hfnc Devices / Manual High Flow Therapy Machine

Tabuľka 2.3: Bližšia špecifikácia produktu –Humidified Home Use Hfnc Devices / Manual High Flow Therapy Machine

Bližšia špecifikácia produktu –Humidified Home Use Hfnc Devices / Manual High Flow Therapy Machine	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [35, 36, 37]

4. Comfortable Design CE Certified High Flow Oxygen Therapy Equipment

Tabuľka 2.4: Bližšia špecifikácia produktu –Comfortable Design CE Certified High Flow Oxygen Therapy Equipment

Bližšia špecifikácia produktu –Comfortable Design CE Certified High Flow Oxygen Therapy Equipment	
Úprava kyslíka	automatická
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-70 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-70C
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [33, 38]

5. Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine

Tabuľka 2.5: Bližšia špecifikácia produktu –Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine

Bližšia špecifikácia produktu –Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-70C
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [34, 24]

6. Class II Heated Humidified Hfnc Oxygen Machine

Tabuľka 2.6: Bližšia špecifikácia produktu –Class II Heated Humidified Hfnc Oxygen Machine

Bližšia špecifikácia produktu –Class II Heated Humidified Hfnc Oxygen Machine	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [35, 4]

7. Oxygen Therapy High Flow Nasal Cannula System For Respiratory Dept.

Tabuľka 2.7: Bližšia špecifikácia produktu –Oxygen Therapy High Flow Nasal Cannula System For Respiratory Dept.

Bližšia špecifikácia produktu –Oxygen Therapy High Flow Nasal Cannula System For Respiratory Dept.	
Úprava kyslíka	automatická
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-70 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [35, 24]

8. User Friendly 70l/Min High Flow Oxygen Therapy Machine 70B

Tabuľka 2.8: Bližšia špecifikácia produktu –User Friendly 70l/Min High Flow Oxygen Therapy Machine 70B

Bližšia špecifikácia produktu –User Friendly 70l/Min High Flow Oxygen Therapy Machine 70B	
Úprava kyslíka	automatická
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-70 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-70B
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [32, 33]

9. Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / Min

Tabuľka 2.9: Bližšia špecifikácia produktu –Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / Min

Bližšia špecifikácia produktu –Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / Min	
Úprava kyslíka	manuálna
Režim nízkeho prietoku	2-25 litrov kyslíka za minútu
Režim vysokého prietoku	10-60 litrov za minútu
Nastavenia teploty	31 °C, 34 °C, 37 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno
Obrazovka	4,3 palcov
Rozmer	340 x 228 x 162 mm
Názov značky	Micomme
Číslo modelu	OH-60A
Miesto výroby	China

Zdroj tabuľky: [32, 33]

Bolo prezentovaných viacero zariadení, ktoré umožňujú vysokoprietokovú nazálnu oxygenáciu, a ktoré sú najčastejšie používané u pacientov s akútnym respiračným zlyhávaním spôsobeným novým typom koronavírusu.

2.3.3 Prehľad prístrojov HFNO dostupných v Českej republike

V tejto časti podkapitoly bol uvedený stručný prehľad vybraných prístrojov vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie, ktoré sú najčastejšie využívané u ležiacich pacientov s COVID-19 v českých nemocniciach.

Boli vybrané len najčastejšie využívané prístroje HFNO (od začiatku po jeseň roka 2021), nie prístroje, ktoré budú dodávané do českých nemocníc v prípade ďalšej vlny pandémie koronavírusu začiatkom zimy 2021 a neskôr. Nemocničné a zdravotnícke zariadenia Českej republiky používajú na covidových oddeleniach najčastejšie nasledovné prístroje:

- 1) High Flow kyslíková terapia (HFNO) TNI SoftFlow 50 (vysokoprietoková nosná kyslíková terapia, ktorá je vhodná pro liečbu hyperkapnických, hypoxických pacientova pacientov s COVID-19), objednávacie kódy pre české zdravotnícke a nemocničné zariadenia sú nasledovné:
 - * 9007LHL - TNI SoftFlow 50 hlavná jednotka klinický model, celkový prúd 10-50l/min, prímes kyslíka až 20litrov za jednu minútu,
 - * 9084LHL - TNI SoftFlow 50 hlavná jednotka klinický model, celkový prúd 10-60l/min, prímes kyslíka až 60 litrov za jednu minútu,
 - * 4755LHL - Pojazdny vozík pre TNI,

- * 4741LHL - Klinický aplikátor pre TNI SoftFlow 50, väčší, maximálny prietok je až 60 litrov za jednu minútu,
- * 4740IHL - Klinický aplikátor pre TNI SoftFlow 50, Std.-Plus, maximálny prietok 35 litrov za jednu minútu,
- * 4739LHL - Klinický aplikátor pre TNI SoftFlow 50, štandard, maximálny prietok 25 litrov za jednu minútu,
- * 4738LHL - Klinický aplikátor pre TNI SoftFlow 50, malý, maximálny prietok 20 litrov za jednu minútu,
- * 4746LHL - Hygienická sada pre klinický zvlhčovač ku TNI SoftFlow 50,
- * 4757LHL - Bakteriálny vzduchový filter Clear-Guard [39, 40].

2) AIRVO 2 Nasal High Flow, zostava AIRVO 2 Nasal High Flow je nasledovná:

- * stojan pre AIRVO 2 (registračné číslo je P 06100),
- * košík na stojan pre AIRVO2 (registračné číslo je P 06101),
- * držiak na stojan pre AIRVO2 (registračné číslo je P 06102),
- * prietokomer Maxtec 70 l, O2 (registračné číslo je P 07097),
- * ovládacia jednotka Aerogen Pro-X (registračné číslo je P 07111),
- * mikronebulizátor Aerogen Solo (registračné číslo je P 07070),
- * dýchací okruh vrátane komory prenapojenie mikronebulizátora Aerogen Solo (registračné číslo je P 07079),
- * nosná kanyla OptiFlow PLUS, M (registračné číslo je P 06105) [32, 33].

Prístroj HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow sa v českých nemocničných a zdravotníckych zariadeniach používa s dýchacím okruhom vrátane komory pre AIRVO.

3) Fisher & Paykel myAIRVO 2 Humidifier, zariadenie myAIRVO 2 je vybavené zvlhčovačom s integrovaným zdrojom prietoku, ktorý dodáva spontánne dýchajúcim pacientom vysoké prietoky zmesi vzduchu a kyslíka a to prostredníctvom rôznych rozhraní až do 60 litrom za jednu minútu [32, 41].

2.3.4 Prínosy a limity vo využívaní HFNO

Prínosy vo využívaní vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie znejú:

- * pri vysokoprietokovej nazálnej oxygenácii sa podáva pacientovi s ochorením COVID-19 kyslík s vyšším prietokom na rozdiel od tradičnej nazálnej oxygenácie, t. j. pri vysokoprietokovej nazálnej oxygenácii je to až 60 litrov za jednu minútu a naproti tomu pri tradičnej nazálnej oxygenácii je to len 15 litrov za jednu minútu [42],
- * HFNO umožňuje používať, tzv. mixér, vďaka ktorému dochádza k ideálnemu zmiešavaniu kyslíka a vzduchu, pričom je vzduch zvlhčovaný,

- * v rámci fyzikálnych prínosov je to možnosť odstraňovania mŕtveho priestoru, ďalej tvorba zásoby vzduchu so stabilným a zároveň vysokým obsahom FiO₂ v nasofaryngeálnej dutine,
- * vysokoprietoková nazálna oxygenácia pracuje na princípe ohrievania a zvlhčovania vzduchu, čoho pozitívnym dôsledkom je potrebné znížovanie suchosti slizníc v ústnej dutine, týmto sa zvyšuje komfort pacienta [43].

Limity vo využívaní vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie sú nasledovné:

- * pre správne a účinné využívanie vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie u pacientov s ochorením COVID-19 je nevyhnutným, aby prístroje HFNO používal skúsený a odborne pripravený ošetrojúci personál,
- * limitom vo využívaní HFNO je aj ich cena a tým nedostupnosť pre menšie nemocničné a zdravotnícke zariadenia [18, 39].

2.4 Ekonomická náročnosť prístrojov HFNO dostupných a využívaných vo svete a v Českej republike

Používanie rôznych prístrojov a zariadení v zdravotníctve naráža na výšku ich ekonomickej/finančnej náročnosti. Na základe porovnania informácií dostupných v zdrojoch Univerzitná nemocnica Zheiang [13]; Firment [15] a Hunan Micomme Medical Technology Development [33] bolo konštatované, že využívanie aj prístrojov HFNO dostupných a využívaných vo svete a v Českej republike ovplyvňuje ich nákupná cena, ekonomická náročnosť ich prevádzky na covidových oddeleniach, ekonomická náročnosť ľudských zdrojov, náklady na údržbu, servis, náklady na likvidáciu a pod.

V predmetnej diplomovej práci bolo hlavne zamerané sa výhradne na ekonomickú náročnosť prevádzkových nákladov na využívanie prístrojov HFNO. Konkrétnym zámerom práce je preto analyzovať ekonomickú náročnosť prevádzkovania prístrojov HFNO určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19.

Z hľadiska metód aplikovaných pri ekonomickej analýze aj prístrojov HFNO dostupných a využívaných vo svete a v Českej republike sa využívajú, napr.:

- * najvyužívanejšou je metóda analýzy nákladov spojených s vlastníctvom,
- * analýza nákladov a úžitkov,
- * analýza nákladov a prínosov,
- * analýza nákladovej účinnosti [15, 33].

Nasleduje stanovenie hlavného a jednotlivých čiastkových cieľov. Pokračujúc rozborom metodiky práce, popisom aplikovaných metód a určením pracovného postupu.

Na základe obsahu spracovanej druhej kapitoly prehľadu súčasného stavu, t. j. teoretickej časti diplomovej práce, bol definovaný problém, ktorý je následne riešený vo výsledkoch a zhodnocovaný v rámci diskusie.

Keďže je zámerom diplomovej práce analyzovať ekonomickú náročnosť prevádzkovania prístrojov HFNO, určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19, pričom ku neinvazívnej kyslíkovej podpore pacientov s ochorením COVID-19 dochádza na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky, problém bol definovaný následovne:

Aká je ekonomická náročnosť prevádzkovania prístrojov HFNO, určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2)?

Ďalej boli hľadané aj odpovede na otázky:

- 1) Aké prístroje High Flow Nasal Oxygen určené pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19 sú dostupné na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky?
- 2) Aké sú potreby technického vybavenia zariadení HFNO, ktoré sú dostupné výhradne v Českej republike?
- 3) Ktoré prístroje High Flow Nasal Oxygen určené pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19 dostupné na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky sú ekonomicky najmenej náročné a teda by mali byť najvyužívanejšími?
- 4) Ktoré prístroje HFNO určené pre neinvazívnu kyslíkovú podporu dostupné na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky sú naopak ekonomicky najnáročnejšie?

Vychádzajúc z definovaného problému a ozrejmenej štyroch otázok nasledovala v tretej kapitole formulácia hlavného a k nemu štyroch čiastkových cieľov.

3 Ciele práce

Pandémia koronavírusu začala v Českej republike začiatkom mesiaca október minulého roka 2021, do začiatku roka 2022 si vyžiadala desaťtisíce ľudských životov. Ďalšie tisíce trpia závažnými zdravotnými následkami. Koronavírus SARS-CoV-2 je vírus ťažkého akútneho respiračného syndrómu a spôsobuje ochorenie COVID-19. Patrí do čeľade Coronaviridae a rodu Betacoronavirus. Genóm koronavírusu je tvorený nesegmentovanou pozitívne orientovanou RNA akóduje 16-sť neštruktúrnych vírusových bielkovín. COVID-19 je infekčné ochorenie, ktoré spôsobuje rozličné zdravotné problémy a to najviac závažný a život ohrozujúci zápal pľúc.

Pacientov s respiračnými ťažkosťami, zápalom pľúc, je nutné liečiť, resp. umelo podporiť či dokonca úplne nahradiť ich dýchanie prístrojmi. Ku invazívnej ako aj neinvazívnej kyslíkovej podpore pacientov a pacientiek trpiacich ochorením COVID-19 dochádza na covidových oddeleniach zdravotníckych a nemocničných zariadení Českej republiky. Z prístrojov sa celosvetovo využívajú, napr. High Flow Oxygen Machine OH-60A, One Way Airway 60l Per Minute High Flow Oxygen Therapy Machine, Micomme Therapeutic Tool High Flow Oxygen Therapy Machine, Oxygen Therapy High Flow Nasal Cannula System For Respiratory Dept., Humidified High Flow Oxygen Therapy Machine 60l / Min a iné.

Diplomová práca sa zameriava na problematiku prístrojov pre kyslíkovú terapiu pacientov s COVID-19. Zisťuje ekonomickú náročnosť ich prevádzky.

Hlavným cieľom diplomovej práce je: zhodnotiť ekonomickú náročnosť prevádzkovania prístrojov určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2).

Hlavný cieľ pozostáva z konkrétnejších troch čiastkových cieľov.

Prvý čiastkový cieľ: analyzovať potreby technického vybavenia zariadení HFNO, ktoré sú dostupné výhradne v Českej republike.

Druhý čiastkový cieľ: spracovať prehľad technických vlastností zariadení High Flow Nasal Oxygen používaných v českých nemocniciach.

Tretí čiastkový cieľ: porovnať náklady na jednotlivé typy zariadení HFNO používaných v Českej republike.

Štvrtý čiastkový cieľ: vytvoriť odporúčania pre rôzne nemocnice (okresná, krajská, fakultná) na prevádzku prístrojov.

4 Metódy

Štvrtá kapitola diplomovej práce popisuje výskumné metódy, ktoré boli aplikované pri spracovávaní jej teoretickej a analytickej časti pre účely tejto práce. Metódy boli zvolené na základe analýzy súčasného stavu problematiky a získaných dát.

Pri písaní diplomovej práce sa postupovalo jednotlivými etapami.

Prvou etapou bolo spracovanie prehľadu súčasného stavu riešenej problematiky, ktorý obsahuje tri časti – koronavírus SARS-CoV-2, kyslíková terapia pacientov s ochorením COVID-19 a HFNO – vysokoprietoková nazálna oxygenácia. V rámci druhej etapy to bolo spracovanie prehľadu a popisu jednotlivých zariadení HFNO dostupných vo svete a dostupných v Českej republike. Po druhej etape, ktorou bola analýza potrieb technického vybavenia zariadenia HFNO sme sa sústreďovali na porovnanie technických vlastností HFNO dostupných a tým používaných v Českej republike. Posledným štvrtým krokom bolo vykonanie výpočtu ekonomickej náročnosti prevádzkových nákladov zariadení HFNO, zápis, interpretovanie a zhodnotenie.

Základom analytickej časti diplomovej práce bola analýza ekonomickej náročnosti prevádzkovania/prevádzky prístrojov HFNO určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19. Aplikované boli taktiež aj metóda štúdia textových dokumentov a spoločne s ňou metóda literárnej analýzy, indukcia, dedukcia, identifikácia prevádzkových nákladov či matematicko-štatistická metóda.

4.1 Analýza potrieb technického vybavenia HFNO

Hlavným zámerom je analyzovať potreby technického vybavenia HFNO. Zámer bol naplňovaný zistením a následným sumarizovaním všetkých komponentov, ktoré tvoria zostavu pre neinvazívnu kyslíkovú podporu v podobe zariadení HFNO. Sumarizovanie jednotlivých komponentov zostavy HFNO bolo uskutočňované študovaním a vďaka tomu výberom relevantných údajov z dokumentov zdravotníctva Českej republiky ako aj z interných dokumentov českých nemocníc a zdravotníckych zariadení. Prieskum bol realizovaný formou obsahovej analýzy rôznych dokumentov, materiálov a otvorených databáz, ktoré majú dostupné potrebné údaje pre túto prácu.

Základom analýzy potrieb technického vybavenia HFNO bol teda dôkladný prieskum trhu. Na analýzu sme použili materiály, ktoré boli získané z dokumentácie oslovených nemocničných zariadení. Vychádzajúc aj z vlastných skúsenosti, keďže pracujem na Urgentnom príjme v nemocnici Motol ako Zdravotnícky zachranár už od roku 2016. Rovnako boli realizované osobné návštevy vybraných covidových pracovísk z dôvodu najväčších kapacít lôžok, na ktorých sa posudzované prístroje používali. Jednalo sa o Fakultnú nemocnicu v Motole, (Fakultní nemocnici v Motole,

adresa: V Úvalu 84/1; 150 06 Praha 5), Karlovarská krajská nemocnice (Karlovarská krajská nemocnice a.s., adresa: Bezručova 1190/19; 360 01 Karlovy Vary) a nemocnicu Třinec (Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, adresa: Kaštanová 268, Dolní Lištná; 739 61 Třinec).

Zameraním bolo získavať materiály nielen už od spomínaného Ministerstva zdravotníctva Českej republiky, ale aj na aktuálne a súčasne oficiálne zdroje informácií a údajov, napr. nimi boli materiály pre distribútorov, propagačné materiály a návody na použitie HFNO. Boli uskutočnené aj riadené, ale neštruktúrované, osobné rozhovory, rozhovory cez telefón, komunikáciu cez prostredie sociálnych sietí, príp. boli informácie aj mailovými správami, alebo z vestníkov verejných zákaziek.

4.2 Komparácia technických vlastností HFNO dostupných v Českej republike

Nevyhnutné pre výber najvhodnejšieho zariadenia HFNO je porovnanie technických parametrov. Porovnávanie technických vlastností bolo realizované len pre zariadenia, ktoré sú dostupné a využívané výhradne v Českej republike na covidových oddeleniach nemocníc a zdravotníckych zariadení. Prvoradým teda bolo vytvoriť zoznam v českom zdravotníctve využívaných zariadení HFNO.

Následne, po vytvorení zoznamu, bolo možné pristúpiť k ozrejmieniu technických vlastností jednotlivých zariadení HFNO. Údaje o technických vlastnostiach zariadení HFNO boli získavané z manuálov na využívanie a dokumentov od výrobcov/predajcov či distribútorov pre ten, ktorý prístroj HFNO, resp. pre jeho zostavu.

4.3 Výpočet ekonomickej náročnosti prevádzkových nákladov zariadení HFNO

Hlavný cieľ diplomovej práce je zhodnotiť ekonomickú náročnosť prevádzkovania prístrojov určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19.

Týmito prístrojmi sú HFNO. Opakujúc, že zámer bol výhradne na HFNO, ktoré sú využívané v českých nemocniciach a zdravotníckych zariadeniach na covidových oddeleniach od začiatku pandémie do konca roka 2021.

Vzájomné porovnávanie, napr. nákladov na získanie prístrojov, nákladov na ich inštaláciu, vyškolenie odborníkov, ktorí ich budú vedieť fundovane ovládať, ďalej nákladov na prevádzku, nákladov na servis, údržbu či nákladov na likvidovanie prístrojov HFNO, sa realizuje konkrétnou metódou.

V tejto diplomovej práci bol konkrétnejšie realizovaný výpočet ekonomickej náročnosti prevádzky HFNO, t. j. výhradne prevádzkových nákladov zariadení HFNO.

Na základe prezentovaného boli aplikované metódy výpočtu celkových nákladov, tzv. TCO (Total Cost of Ownership – metóda výpočtu celkových nákladov), ktoré boli overené inými výskumami [44, 45]. Tieto metódy boli zvolené na základe vysokej efektivity a vhodné, resp. podobného využitia v našej práci, resp. vstupných a výstupných údajov.

Pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO bol použitý vzorec:

$$\text{Vzorec: } TCO_{\text{prevádzka}} = O_{\text{hlavná jednotka}} + CC,$$

kde: TCO – celkové náklady na prevádzku HFNO,

O – náklady na prevádzku hlavnej jednotky HFNO,

CC – náklady na spotrebný materiál a jeho likvidáciu [46].

Náklady na prevádzku hlavnej jednotky HFNO sú súčtom nákladov na zmiešavač a nákladov na zvlhčovanie plynov, pričom bol využitý vzorec:

$$O_{\text{hlavná jednotka}} = OC_{\text{zmiešavač}} + OC_{\text{zvlhčovač}},$$

kde: O – náklady na prevádzku hlavnej jednotky HFNO,

OC – náklady na zmiešavanie plynov,

OC – náklady na zvlhčovanie plynov [47, 48].

Ďalej bolo treba vypočítať náklady na zmiešavanie plynov podľa vzorca:

$$\text{Vzorec: } OC_{\text{zmiešavač}} = DC + PC,$$

kde: OC – náklady na zmiešavanie plynov,

DC – náklady na liečivá,

PC – náklady na ľudské zdroje (zamestnancov) [48].

Náklady na zvlhčovanie plynov bol počítaný nasledovne:

$$\text{Vzorec: } OC_{\text{zvlhčovač}} = EC + WCC + PC,$$

kde: OC – náklady na zvlhčovanie plynov,

EC – náklady na elektrickú energiu,

WCC – náklady na vodu,

PC – náklady na ľudské zdroje [46, 47, 48].

Náklady na ľudské zdroje boli vypočítané z hrubej mzdy zamestnancov nemocníc a zdravotníckych zariadení, ktorí sú zodpovední za obsluhu zariadení HFNO.

Posledne boli počítané náklady na spotrebovanú elektrickú energiu vzorcom:

$$\text{Vzorec: } EC = P \times EP,$$

kde: EC – náklady na elektrickú energiu,

P – príkon vyjadrený vo wattoch,

EP – cena elektrickej energie v Kč za jeden watt [46, 47, 48].

Náklady na spotrebu vody (WCC– water costs/náklady na vodu) ako aj náklady na použité liečivá (DC) boli uvádzané na základe dĺžky terapie. Z hľadiska použitých liečiv je to sto percentný kyslík, pričom bola jeho cena za jeden liter stanovená podľa priemernej ceny (jeden liter 100 percentný kyslík/cena v Kč), ktorú zverejňujú nemocnice a zdravotnícke zariadenia Českej republiky. Voľba priemernej ceny za sto percentný kyslík (jeden liter 100 percentný kyslík/cena v Kč) bola uskutočnená na základe toho, že každý pacient potrebuje iný objem tohto liečiva a to zároveň počas rozličnej dĺžky terapie.

Ekonomické, resp. finančné, náklady na použité liečivá, v ktorých bola zahrnutá spomínaná priemerná cena za jeden liter 100 percentného kyslíka, frakcia kyslíka a jeho prietok, využívaného zariadeniami HFNO, bol vypočítaný podľa konkrétneho vzorca:

$$\text{Vzorec: } DC = C_{\text{kyslík}} \times FiO_2 \times Q,$$

kde: DC – náklady napoužitých liečivá,

$C_{\text{kyslík}}$ – priemerná cena za jeden liter 100 percentného kyslíka,

FiO_2 – frakcia kyslíka,

Q – prietok 100 percentného kyslíka (jeden liter za jednu minútu) [47, 48].

Posledné bolo nevyhnutne stanoviť náklady na spotrebný materiál ako aj náklady na likvidáciu (CC) tohto spotrebného materiálu, náklady na údržbu a servis. Medzi náklady na servis patria bezpečnostné technické kontroly, aktualizácia softvéru, mimoriadne opravy, výmena súčiastky. Predmetné ekonomické / finančné náklady boli týmto stanovené podľa verejných a oficiálnych výsledkov verejných zákaziek nemocničných a zdravotníckych zariadení Českej republiky. Servisné náklady môžu byť pevne dané v servisnej zmluve, ktorá je súčasťou kúpnej zmluvy.

4.4 Interpretácia a implementácia získaných výsledkov

Interpretácia a implementácia získaných výsledkov bola začatá popisom a rozborom troch modelových situácií a citlivosťou analýzou.

4.4.1 Popis a rozbor modelovej situácie a citlivosť analýza

Výpočet ekonomickej náročnosti prevádzkových nákladov zariadení HFNO musí byť prevedený za konkrétne časové obdobie a súčasne musí vychádzať z počtu pacientov s ochorením COVID-19, ktorí boli alebo stále sú napojení na HFNO.

Vzhľadom ku skutočnosti, že nie je možné stanoviť paušálne prevádzkové náklady zariadení HFNO boli vytvorené tri modelové situácie.

Vytvorené modelové situácie vychádzali z reálne možných vstupných dát, ktoré boli poskytnuté z Fakultnej nemocnici Motol (Fakultní nemocnici v Motole, (adresa:)V Úvalu 84/1; 150 06 Praha 5), Karlovarská krajská nemocnica (Karlovarská krajská nemocnice a.s., adresa: Bezručova 1190/19; 360 01 Karlovy Vary) a Nemocnici Třinec (Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, adresa: Kaštanová 268, Dolní Lištná; Třinec 739 61).

Fakultná nemocnica v Motole začala epidemiologickú situáciu spojenú s výskytom pacientov s COVID-19 zaznamenávať 26. februára 2020, Karlovarská krajská nemocnica 11. marca 2020 a nemocnica Třinec 13. marca 2020. V októbri bolo v Motole s ochorením COVID-19 hospitalizovaných pacientov v počte 196, pričom s ťažkým priebehom ich bolo hospitalizovaných 12, so stredne ťažkým priebehom 38, s ľahkým priebehom 62 a bezpríznakových pacientov bolo 84.

Vysoký počet pacientov s ochorením COVID-19 bolo hospitalizovaných v mesiaci november 2020, z celkového počtu 188 pacientov s COVID-19 malo ťažký priebeh 16, stredne ťažký 44. V nemocnici Třinec v mesiaci október bolo hospitalizovaných 27 covidových pacientov z toho 6 bolo s ťažkým a osem so stredne ťažkým priebehom. S ochorením COVID-19 bolo v mesiaci november hospitalizovaných 27 pacientov, pričom s ťažkým priebehom ich bolo 6, so stredne ťažkým priebehom 8, s ľahkým priebehom taktiež 8 a bezpríznakových pacientov bolo 5. V Karlovarskej krajskej nemocnici bol taktiež zaznamenaný nárast hospitalizovaných pacientov v mesiacoch október a november 2020 a prvé úmrtie pacienta bolo 15.3.2020 na ochorenie COVID-19.

Epidemiologická situácia bola koncom mesiaca marec 2021 na úrovni 172 pacientov trpiacich ochorením COVID-19 v nemocnici Motol. Z tohto počtu to bolo s ťažkým priebehom 57 pacientov, so stredne ťažkým 6, s ľahkým priebehom 43 a bezpríznakových pacientov sedem. V nemocnici Třinec bol zaznamenaný taktiež vysoký počet pacientov s ochorením COVID-19 v tomto mesiaci v roku 2021, z celkového počtu 44 pacientov bolo s ťažkým priebehom 10, stredne ťažký 16.

Zlá situácia bola aj v mesiaci apríl vo všetkých troch nemocniciach. V Motole bolo na prístroj HFNO napojených sto pacientov, v Karlových Varoch 59 a v nemocnici Trinec 19. Najmenej hospitalizovaných bolo v nemocniciach v mesiacoch júl a august 2021. Situácia sa opäť zhoršila v mesiaci október kde v Motole zaznamenali 198 pacientov s ochorením COVID-19 a to s ťažkým a stredne ťažkým priebehom 107 a ľahkým a bezpríznakovým priebehom 91. V nemocnici Trinec bolo v októbri hospitalizovaných 35 pacientov z toho s ťažkým a stredne ťažkým priebehom 23. V Karlových Varoch bol počet vyčíslený na 78 a z toho 45 so stredne ťažkým a ťažkým priebehom. Horšia situácia nastala v decembri kde sa počet hospitalizovaných vyšplhal na marcové čísla roku 2021 vo všetkých nemocniciach.

Pacienti s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO podľa priemernej dĺžky poskytovanej terapie boli rozdelení do dvoch skupín. Do prvej skupiny patrili pacienti trpiaci COVID-19 s priemerným časom stráveným na HFNO – 7 dní a do druhej skupiny pacienti s časom stráveným na HFNO – 10 dní. Vychádzajúc z počtu pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO, ktorými boli hlavne pacienti s ťažkým a stredne ťažkým priebehom COVID-19.

Podľa predajcov spoločnosti LHL s.r.o., Ústí nad Labem a Polymed medical CZ, a.s. Hradec Králové a odborníkov z Fakultnej nemocnice v Motole a nemocnice Trinec, ich covidových oddelení, bolo zvolené časové obdobie 4 roky ako predpokladanej doby životnosti prístrojov HFNO (pozri tabuľku 4.1 – Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19 určených pre výpočet modelovej situácie).

Vychádzajúc zo sumarizácie dát pacientov s ochorením COVID-19 určených pre výpočet modelovej situácie bolo uvedené, sedem dní strávilo na HFNO 101 covidových pacientov a desať dní 59 pacientov v nemocnici Motol. Karlové Vary zaznamenali 52 covidových pacientov 7 dní na prístroji a 27 pacientov bolo pripojených 10 dní. V Trinci na HFNO strávilo sedem dní 12 pacientov a desať dní 8 covidových pacientov. Celkovo je to pre výpočet modelovej situácie 160 covidových pacientov liečených prostredníctvom HFNO v Motole vyznačené modrou, žltou v Karlových Varoch v počte 69 a v Trinci 20 pacientov zelenou farbou. Dáta boli farebne odlišené v tabuľke 4.1 – Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19 určených pre výpočet modelovej situácie.

Tabuľka 4.1: Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19 určených pre výpočet modelovej situácie v nemocnici Motol, Karlové Vary a Třinec

Skupina pacientov:	1	2	Celkom
Počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO	101	59	160
	52	27	79
	12	8	20
Čas pacienta stráveného na HFNO(v dňoch)	7	10	-
Obdobie životnosti (roky)	4		-

V rámci citlivostnej analýzy boli posudzované vplyvy zmien možných vstupných parametrov. Bola aplikovaná prahová analýza a jednocestná citlivostná analýza [49].

4.4.2 Aplikovanie získaných výsledkov pre covidové oddelenie vybraného nemocničného zariadenia Českej republiky

Aplikácia výsledkov pre covidové oddelenia vybraných nemocničných zariadení Českej republiky, ktorým sú Fakultní nemocnica v Motole (V Úvalu 84/1; 150 06 Praha 5), Karlovarská krajská nemocnica (Karlovarská krajská nemocnice a.s., adresa: Bezručova 1190/19; 360 01 Karlovy Vary) a Nemocnice Třinec (Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, adresa: Kaštanová 268, Dolní Lištná; Třinec 739 61), bola realizovaná na základe konkrétnych dát.

Dáta boli sumarizované v tabuľke 4.2 – Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19, ich počtu a dĺžky pripojenia na prístroj HFNO za dva „covidové“ roky.

Pacienti boli rozdelení podľa dĺžky pripojenia na HFNO (v dňoch) do dvoch skupín. Tento krát už bola konkrétnejšie doplnená aj dĺžka pripojenia na HFNO (v dňoch) za „covidový“ rok 2020 ako aj za „covidový“ rok 2021. Bol doplnený i celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2020 a potom celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2021.

Konštatujúc, že celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2020 bol v počte 68. Z tohto počtu bolo 49 covidových pacientov pripojených na HFNO sedem dní a 19 pacientov desať dní v nemocnici Motol. V nemocnici Třinec to bolo spolu 8 covidových pacientov z toho 5 sedem dní a 10 dní traja pacienti.

Celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2021 bol vyšší. Na umelej pľúcnej ventilácii vykonávanej

prostredníctvom prístroja HFNO bolo 92 pacientov v nemocnici Motol s ochorením COVID-19 a v nemocnici Třinec 12. Konkrétne to bolo 43 pacientov sedem dní a 49 desať dní v Motole. V Třinci štyria pacienti sedem dní a osem pacientov 10 dní.

Tabuľka 4.2: Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19, ich počtu dĺžky pripojenia na prístroj HFNO za dva „covidové“ roky

Skupina pacientov:	Nemocnica Motol		Nemocnica Třinec	
	Celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2020	49	19	5
Dĺžka pripojenia na HFNO (v dňoch) za „covidový“ rok 2020	7	10	7	10
Celkový počet pacientov s ochorením COVID-19 pripojených na HFNO za „covidový“ rok 2021	43	49	4	8
Dĺžka pripojenia na HFNO (v dňoch) za „covidový“ rok 2021	7	10	7	10
Obdobie životnosti (roky)	4			

Na základe dát pacientov s ochorením COVID-19, ich počtu a dĺžky pripojenia na prístroj HFNO za dva „covidové“ roky bola navrhnutá optimalizácia ich prevádzkových nákladov.

5 Výsledky

V rámci tejto práce bola vykonaná rozsiahla analýza technológií HFNO, ktorá zahŕňala prieskum dostupných prístrojov na trhu, porovnanie ich technických vlastností a určenie ich technických parametrov pre použitie v nemocničných zariadeniach. Na základe výsledkov boli určené požiadavky na technické vybavenie nemocníc.

Okrem toho bola vykonaná aj finančná analýza, ktorá zahrňovala porovnanie nákladov jednotlivých typov prístrojov pre tri modelové situácie, ktoré simulovali reálne podmienky na oddeleniach v nemocnici Třinec, Karlove Vary a nemocnici Motol. Táto analýza umožnila vybrať najvhodnejší typ prístroja, ktorý bude zabezpečovať efektívnu a spoľahlivú terapiu HFNO za najnižšie možné náklady.

Okrem finančnej analýzy bola tiež vykonaná porovnávací analýza prevádzkových nákladov, ktorá poskytla relevantné informácie o tom, aké sú náklady na prevádzku prístrojov v tej ktorej nemocnici. Porovnávanie sme vykonali v troch nemocniciach. Vo Fakultnej nemocnici Motol, Karlovarskej krajskej nemocnici a okresnej nemocnici Třinec. Tieto informácie môžu byť užitočné pre výber toho najekonomickejšieho prístroja, pre zlepšenie hospodárenia v nemocniciach a zabezpečenie kvalitnej starostlivosti pre pacientov.

5.1 Prehľad zariadení HFNO dostupných v Českej republike

V českých nemocniciach sú využívané u pacientov s COVID-19 tri typy prístrojov vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie.

Týmito prístrojmi sú:

- 1) High Flow kyslíková terapia (HFNO) TNI SoftFlow 50 – vysokoprietoková nosná kyslíková terapia vhodná pro liečbu hyperkapnických, hypoxických pacientov a pacientov s COVID-19 [32, 41],
- 2) Fisher & Paykel myAIRVO 2 Humidifier, ktoré je vybavené zvlhčovačom s integrovaným zdrojom prietoku dodávajúceho spontánne dýchajúcim pacientom vysoké prietoky zmesí vzduchu a kyslíka,
- 3) AIRVO 2 Nasal High Flow, pričom predmetné zariadenie vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie poskytuje integrované riešenie kyslíkovej terapie hlavne pacientom s ťažkým priebehom koronavírusovej infekcie [32, 41].

5.2 Výsledky analýzy potrieb technického vybavenia zariadení HFNO na covidových oddeleniach

Fakultná nemocnica v Motole a Karlovarská krajská nemocnica využíva zariadenie HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow od firmy Fisher & Paykel Health care GmbH & co. KG (adresa: Wiesenstraße 49, 73614 Schorndorf, Nemecko) [50]. Vybrané nemocničné zariadenia Českej republiky poskytli interný materiál, na základe ktorého využívajú u pacientov s ťažkým priebehom koronavírusovej infekcie jeden typ zariadenia HFNO v počte 100 kusov nemocnica Motol a 19 kusov Karlovarská nemocnica.

Tabuľka 5.1: Prehľad potrebných komponentov pre prístroje HFNO

Prístroj	Komponenty
AIRVO 2 Nasal High (Fisher & Paykel Health)	Stojan s košíkmi
	Prístroj AIRVO 2
	Prietokomer Maxtec
	Ovládacia jednotka Aerogen Pro - X
	Mikronebulizátor Aerogen Solo
	Dýchací okruh
	Nosná kanyla OptiFlow PLUS
TNI softFlow 50 (TNI medical AG)	Pojazdný vozík
	Hlavná jednotka
	Hygienická sada
	Klinický aplikátor

Zariadením je AIRVO 2 Nasal High Flow (pozri tabuľku 5.1), ktorého zostava sa skladá z výškovo nastaviteľného stojana s košíkom a hákmi na fľašu (vaku) so sterilnou vodou, držiaka na stojan pre prístroj AIRVO 2, prietokomera Maxtec s prietokom 25l/minúta (štandard), alebo 70l/minúta je možnosť dokúpiť, ovládacej jednotky Aerogen Pro – X a mikronebulizátora Aerogen Solo, ktoré nemusia byť súčasťou každého prístroja. Pri výbere dýchacieho okruhu je možnosť výberu zo štandardného okruhu a okruhu s portom pre napojenie mikronebulizátora Aerogen Solo s nádobkou maximálnej kapacity 6ml pre inhalačné podanie lieku a nosnej kanyly Opti Flow PLUS z veľkostí S, M a L [32, 33].

Ďalším nemocničným zariadením v Českej republike bola nemocnica Třinec (Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, adresa: Kaštanová 268, Dolní Lištná; Třinec 739 61), ktorá na kyslíkovú terapiu využíva zariadenie TNI softFlow 50 od firmy Masimo Corporation (adresa: 52 Discovery. Irvine, CA 92618. USA) v počte 12 kusov.

Zostava sa skladá pozri tabuľku 5.1, z prístroja TNI softFlow 50, pojazdného výškovo nastaviteľného stojana s hákmi na vak so sterilnou vodou a prietokový ventil na kyslík, ktorý reguluje tok kyslíka do prístroja. Spotrebný materiál: klinický aplikátor, bol v štyroch veľkostiach, hygienická sada pre klinický zvlhčovač, ktorá bola používaná len pre jedného pacienta maximálne 360 hodín. Jeho súčasťou bola automaticky plniaca sa zvlhčovacia komora, bakteriálny vzduchový filter Clear-Guard a vzduchový mostík. Prístroj bolo možné využiť aj na tracheálne pripojenie a je tam aj sada na domáce použitie [39, 40, 54].

Po rozhovore so zástupcami spoločnosti LHL s.r.o. a Polymed medical CZ a aj z vlastných skúseností bol zistený ne jeden rozdiel, ale aj veľa spoločných znakov medzi zariadeniami. Pri prístroji TNI softFlow 50 boli používané jednorazové filtre, ktoré je nutné vymeniť a prístroj je použiteľný pre ďalšieho pacienta ihneď. Pri AIRVO 2 Nasal High bolo treba prístroj po každom pacientovi resterilizovať za pomoci červenej dezinfekčnej sady horúcou parou 55 minút až potom bol pripravený na ďalšie použitie. Vodítkom je semafor, ktorý červeným, oranžovým alebo zeleným svetlom signalizuje pripravenosť prístroja. Plusovým rozdielom pri zariadení AIRVO 2 bolo používanie ovládacej jednotky, ktorá bola umiestnená na stojane a zospodu napojená k mikronebulizátoru, ktorý slúžil na inhalačné podanie lieku počas terapie. Maximálna kapacita nádoby je 6 ml a doba inhalácie 30 minút. V nemocnici Motol bol napríklad použitý liek v pomere 1 ml Berodual a 3 ml fyziologický roztok, ktorý obsahoval látky fenoterol a ipratropiumbromid, ktoré rozširujú dýchacie cesty a preto boli použité pri stavoch s prechodným zúžením dýchacích ciest [56]. Ďalším rozdielom je externý prietokomer pri zariadení AIRVO2 a jednorazový okruh pre pacienta pri ktorom bola možnosť výberu štandardného, ktorého bola súčasťou vodná automatická komora, alebo okruh s pripojením k mikronebulizátorovi. K terapii pacienta bolo ešte potrebné na dýchací okruh vybrať a nasadiť správnu veľkosť kanyly (S,M,L). Pri TNI softFlow 50 bol potrebný klinický aplikátor, ktorý je možné vybrať zo štyroch veľkostí a jednorazová hygienická sada pre zásuvný zvlhčovač, ktorá sa skladá z automaticky sa plniacej vodnej komory, bakteriálneho filtra a vzduchového mostíka.

Spoločným znakom bolo ich jednoduché používanie a obidva prístroje boli ovládané manuálne iba zdravotníckym personálom, ktorí bol primerane vyškolení, pretože každý prístroj má svoje vlastné nastavenia a funkcie, potrebné pre rôzne prípady pacientov. Zariadenia boli s viacerými senzormi, ktoré umožňovali personálu monitorovať prietok, tlak a teplotu vzduchu a zdravotnícky pracovník ich mohol meniť iba na základe lekárskej indikácie. Zabudovaný generátor vysokého prietoku, zvlhčovacia automaticky sa plniaca komora s vakom na sterilnú vodu a tracheálne aplikovanie boli taktiež spoločnou výbavou zariadení. Obidva prístroje boli taktiež vybavené automatickým systémom sledovania a signalizácie v prípade nejakého problému.

5.3 Výsledky komparácie technických vlastností HFNO

Fakultná nemocnica v Motole a Krajská nemocnica v Karlových Varoch využíva iba jeden typ zariadenia, ktorým je zariadenie HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow a nemocnica Třinec disponuje s prístrojom TNI softFlow 50, vzhľadom k danej skutočnosti dochádza ku porovnávaniu iba dvoch typov technických vlastností HFNO.

V tabuľke 5.2 bolo uvedených viacero technických vlastností spomínaných zariadení, ktoré som získal z návodov na obsluhu, manuálov, prospektov aj osobne som mal možnosť ich vidieť v nemocnici. Obidva prístroje disponujú manuálnou úpravou teploty, prietoku a koncentrácie kyslíka v dýchacej zmesi. Po zapnutí prístroja boli na 4,3 palcovom displeji zobrazené aktuálne hodnoty aj nominálne hodnoty. Pri prístroji AIRVO 2 Nasal High Flow bolo možné nastavenie teploty na 37 °C, 34 °C a na 31 °C, ktoré boli nastavené iba pri použití tvárovej masky [55]. Pri TNI Soft Flow 50 sa teplota nastavovala v rozmedzí od 30° do 37°C s možnosťou regulácie 1°C. Prietok u AIRVO 2 Nasal High Flow je 10 až 60 litrov za minútu pre dospelé osoby a 2 až 25 litrov za minútu pre deti. Pri TNI Soft Flow 50 bolo nastavenie prietoku 10 - 50 litrov za minútu u dospelého a 2-15 litrov za minútu u detí. Regulácia bola možná po 0,5l/min. Diskutujúc so zamestnancami nemocnice bolo zistené, že koncentrácia kyslíka v dýchacej zmesi sa nastavuje na kyslíkovom prietokomeri, ktorý bol pripojený do rozvodu a pomocou kyslíkovej cievky do portu na prístroji AIRVO 2 Nasal High Flow. Štandardne bol dodaný s prietokom 25l/minúta, ale je tam možnosť dokúpiť aj s väčším prietokom a to 70l/min. Kyslík bol pridávaný podľa potrieb pacienta z akéhokoľvek externého zdroja. Rozsah kyslíka bol pri oboch prístrojoch od 21 do 100 percent.

Unikátna technológia zabudovaného generátora vysokého prietoku reguluje stabilný vysoký prietok z okolitého vzduchu, alebo mix vzduchu a kyslíka. Riadený prísun kyslíka zaisťuje okysličenie a v tú istú chvíľu aj zvlhčovanie dýchacích ciest. PEEP – (positive end - expiratory pressure) zabraňuje kolapsu alveol na konci výdychu a iniciuje ďalšie oblasti v pľúcach. Tým sa zvyšuje dychový objem, znižuje dychová frekvencia a uľahčuje dýchanie [39, 40, 50].

Po komunikácii so zástupcami spoločnosti, ktorí sú autorizovanými predajcami týchto zdravotníckych zariadení bol zistený ďalší rozdiel. Ako napísal Ing. Václav Hnízdil vo svojom e – maili zo dňa 20. februára 2023: „prístroj TNI udržuje rovnaký prietok aj počas inhalácie a exhalácie pacienta. Je to podstatný technický rozdiel, ktorý sa uskutočňuje vplyvom rozdielnej konštrukcie turbíny, ktorá vytvára celkový prietok s rozdielnou konštrukciou aplikátora „okuliarov“ pre pacienta. Pri prístroji TNI je prietok plynov vedený z dvoch strán k hrotom nosa a pri zariadení AIRVO 2 je privádzaný iba z jednej strany.“

Rozmer zariadenia AIRVO 2 Nasal High Flow je 295 mm x 170 mm x 175 mm a hmotnosť sa pohybuje na úrovni 2,2 kg. Pri prístroji TNI softFlow 50 bola hmotnosť 5,6 kg a rozmery 320 mm x 320 mm x 210 mm. Zariadenie HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow tak ako aj zariadenie TNI softFlow 50 boli v zdravotníckom zariadení pripojené k zdroju elektrickej energie.

Tabuľka 5.2: Technické vlastnosti zariadení HFNO

Technické vlastnosti zariadení HFNO	TNI Soft Flow 50	AIRVO 2 Nasal High Flow
Trieda rizika prístroja	IIa	IIa
Max príkon prístroja	0,30 kW	0,74 kW
Zvukový alarm	áno	áno
Hlasitosť alarmu	60 dB (A)	45 dB (A)
Napájacie napätie/prúd	100-240 V	220-240 V
Záložný zdroj	nie	áno
Veľkosť aplikátor/kanyla	4	3 (S,M,L)
Životnosť aplikátor/kanyla	15 dní / 1 pacient	2 týždne / 1 pacient
Tracheálny aplikátor	áno	áno
Úroveň bezpečnosti aplikátora	BF	BF
Dýchací okruh	vyhrievaný	s vyhrievaním
Počet portov	1 (kyslík)	4 (kyslík, dých. okruh, 2x vodná komora)
Úprava kyslíka	manuálna	manuálna
Pridávanie kyslíka	externý zdroj	externý zdroj
Prietokový senzor	áno	externý
Nastavenie prietoku	10-50 litrov za minútu pre dospelé osoby	10-60 litrov za minútu pre dospelé osoby
Režim nízkeho prietoku	2-15 litrov kyslíka za minútu	2-25 litrov kyslíka za minútu
Zvlhčovacia komora pre automatické dopĺňovanie	áno	áno
Max objem komory	144 ml	560 ml
Generátor vysokého prietoku	áno	áno
Bakteriálny filter	áno / 24hod	nie
Vzduchový filter	áno / 3 mesiace	áno / 3 mesiace (1000 hod.)
Nastavenia teploty	30°-37°C	37 °C, 34 °C, 31 °C
Rozsah kyslíka	od 21 do 100 percent	od 21 do 100 percent
Certifikácia	certifikát CE	certifikát CE
Možnosť zásobovania	áno	áno
Obrazovka	4,3 palcov	4,3 palcov
Platnosť BTK	24 mesiacov	12 mesiacov
Sterilizácia	nie	áno (55 min.)
Životnosť	3 – 5 rokov	4 – 5 rokov
Rozmer	320 m x 320 mm x 210 mm	295 mm x 170 mm x 175 mm
Hmotnosť	5,6 kg	2,2 kg
Miesto výroby	Nemecko	China

Zdroj tabuľky: [32, 33, 39,40,55]

5.4 Porovnávanie prevádzkových nákladov zariadení HFNO dostupných v Českej republike

Výsledky porovnávania prevádzkových nákladov zariadení HFNO dostupných v Českej republike boli rozdelené do dvoch častí.

V prvej časti venujúc sa interpretovaniu ekonomických nákladov potrebných na prevádzku predmetných prístrojov určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov s ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2) a v druhej časti porovnavajúc tieto ekonomické náklady nevyhnutné výhradne na ich prevádzku.

5.4.1 Interpretovanie ekonomických nákladov na prevádzku HFNO dostupných v Českej republike.

Ekonomické náklady, ktoré sú nevyhnutné na nepretržitú prevádzku prístrojov HFNO určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2), sú závislé od ceny elektrickej energie, od ceny kyslíka, priemerného času pacienta s ochorením COVID-19, ktorý strávi pripojený na HFNO. Cena za prístroj slúžiaci na neinvazívnu kyslíkovú podporu covidových pacientov sa taktiež pohybuje v rozličných cenových hladinách.

Na covidových oddeleniach českých nemocníc sa využíva rôzny počet zariadení HFNO. Konkrétne vo Fakultnej nemocnici v Motole je to 100 kusov takýchto zariadení, ktoré však nemusia byť využívané súčasne, čo závisí od počtu a potreby pacientov. V nemocnici Třinec bolo 12 zariadení TNI softFlow 50 a Karlovarská krajská nemocnica vlastní 19 prístrojov AIRVO 2 Nasal High.

Cena prístroja HFNO je závislá aj od dodávateľskej firmy. Od dodávateľskej firmy je závislá aj cena medicínskeho plynu. Dodávateľom medicínskych plynov pre všetky tri nemocnice je firma LINDE. Za rok 2020 dovezla dodávateľská firma približne 537 540 litrov kvapalného kyslíka do nemocnici Motol, 63 721 litrov do nemocnici Třinec a do Karlovarskej nemocnici 144 000 litrov. Za nasledujúci rok 2021 do Motola dovezla okolo 839 150 litrov kvapalného kyslíka do Karlovarskej nemocnici 276 937 litrov a do nemocnici Třinec 158 191 litrov.

Sumarizácia vstupných dát slúžiacich pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo všetkých troch nemocniciach je súčasťou tabuľky 5.3. Vychádzajúc z nasledovných informácií pre:

Fakultnú nemocnicu Motol:

- * 1 kW elektrickej energie stál v roku 2020 5 Kč,
- * 1 kW elektrickej energie stál v roku 2021 taktiež 5 Kč,
- * 1 liter kyslíka stál v roku 2020 stál 17 Kč bez DPH,
- * 1 liter kyslíka stál v roku 2021 rovnako 17 Kč bez DPH.

Karlovarskou krajskou nemocnici:

- * 1 kW elektrické energie stál v roce 2020 1,381 Kč,
- * 1 kW elektrické energie stál v roce 2021 také 1,381 Kč,
- * 1 liter kyslíka stál v roce 2020 stál 9,30 Kč bez DPH,
- * 1 liter kyslíka stál v roce 2021 už 11,20 Kč bez DPH.

Okresní nemocnici Třinec:

- * 1 kW elektrické energie stál v roce 2020 2,13 Kč,
- * 1 kW elektrické energie stál v roce 2021 2,15 Kč,
- * 1 liter kyslíka stál v roce 2020 stál 14,31 Kč bez DPH,
- * 1 liter kyslíka stál v roce 2021 jen 13,65 Kč bez DPH.

Konstatujíc, že náklady na lidské zdroje, konkrétně průměrná hrubá mzda lékaře byla na úrovni 82 390,00 na sestru 56 697,00 Kč v nemocnici Motol. V nemocnici Třinec byla hrubá mzda lékaře 61 520,00 Kč a 40 640,00 Kč na sestru. Karlovarská krajská nemocnice měla náklady na lékaře 71 950 Kč a sestru 43 600 Kč.

Dále náklady na školení personálu ovládajícího zařízení HFNO v českých korunách (Kč) vycházeli z ceny konkrétního zařízení HFNO ve všech nemocnicích.

Náklady na elektrickou energii v českých korunách (Kč) za kilowatt hodinu (kWh) byly v sumě 5 a náklady na 100 procentový lékařský kyslík vyjádřené v českých korunách (Kč) za jeden liter (l) 17 Kč pro nemocnici Motol. V nemocnici Třinec byly náklady na elektrickou energii průměrně 2,14 Kč za kWh a za lékařský kyslík 13,98 Kč za jeden liter. Karlovarské nemocnici účtovali 1,381 Kč za kilowatt hodinu a stoprocentový lékařský kyslík nakupovali liter za 10,25 Kč.

Průměrné FiO_2 bylo v Motole na hodnotě 0,30, průměrný průtok vyjádřený litry za jednu minutu (l / min) na hodnotě 30,00 a v nemocnici Třinec průměrné FiO_2 0,35 a průměrný průtok 25L/minuta. Náklady na likvidaci vyjádřené v českých korunách (Kč) za jeden kilogram (kg) se pohybovaly na 2,33 Kč. Váha sady pro covidových pacientů vyjádřená v kilogramech byla na úrovni 0,24 kg a likvidace jedné sady pro covidových pacientů vyjádřená v českých korunách na 0,56 Kč v nemocnici Motol. Náklady na likvidaci jedné sady v nemocnici Třinec také byly 0,56 Kč za jednu sadu s hmotností 0,33 kg s tím rozdílem, že náklady na likvidaci za jeden kilogram byly vyčísleny na 1,70 Kč. V Karlovarské krajské nemocnici zaplatili za jeden kilogram likvidovaného odpadu také 1,70 Kč.

Tabuľka 5.3: Sumarizácia vstupných dát slúžiacich pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole, Karlovarskej nemocnici a nemocnici Třinec

Vstupné náklady pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO:	Vstupné náklady v číslach:		
Náklady na ľudské zdroje – priemerná hrubá mzda lekára a sestry vyjadrené v českých korunách (Kč)	lekár – 82 390,00 sestra – 56 697,00	lekár – 61 520,00 sestra – 40 640,00	lekár – 71 950,00 sestra – 43 600,00
Náklady na zaškolenie personálu ovládajúceho zariadenie HFNO v českých korunách (Kč)	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO
Náklady na elektrickú energiu v českých korunách (Kč) za kilowatthodinu (kWh)	5,00	2,14	1,381
Náklady na 100 percentný lekársky kyslík vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden liter (l)	17,00	13,98	10,25
Priemerné FiO ₂ %	0,30	0,35	
Priemerný prietok vyjadrený litrami za jednu minútu (l/min)	30,00	25,00	
Náklady na likvidáciu vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden kilogram (kg)	2,33	1,70	1,70
Váha sady pre covidových pacientov vyjadrená v kilogramoch (kg)	0,24	0,33	
Likvidácia jednej sady pre covidových pacientov vyjadrená v českých korunách (Kč)	0,56	0,56	

Zdroj tabuľky: [32, 33, 39,40]

Ďalej v tabuľke 5.4 boli sumarizované prevádzkové náklady spotrebného materiálu zariadení HFNO určených pre jedného pacienta využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec:

Tabuľka 5.4: Sumarizácia prevádzkových nákladov zariadení HFNO určených pre jedného pacienta využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Sumarizácia prevádzkových nákladov zariadení HFNO určených pre jedného pacienta:	Prevádzkové náklady v číslach:	
Fixné náklady	94,80	80,82
Medzné náklady	919,93	417,25
Náklady na jeden deň	1014,73 Kč	498,07 Kč

Zdroj tabuľky: [32, 33,39,40]

Prevádzkové náklady zariadení HFNO určené pre jedného pacienta s ochorením COVID-19 na jeden deň boli vypočítané na sume 1014,73 Kč v nemocnici Motol a 498,07 Kč v nemocnici Třinec.

Nasleduje sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov. Prevádzkové náklady na zmiešavače plynov sa pohybujú na sume 924,90 Kč, pričom fixné náklady sú iba na sume 190,50 Kč v Motole a v Třinci 663,45 Kč, ktoré sú určené pre jedného pacienta, na jeden deň.

Tabuľka 5.5: Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov určených pre jedného pacienta hospitalizovaného vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov určených pre jedného pacienta:	Prevádzkové náklady v číslach:	
Fixné náklady	190,00	159,90
Medzné náklady	734,40	504,00
Náklady na jeden deň	924,40 Kč	663,90 Kč

Zdroj tabuľky: [32, 33,39,40]

Posledné boli uvedené prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov. Prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov na jeden deň, ktoré sú určené pre jedného covidového pacienta, sú v nemocnici Motol vypočítané na sume 924,40 Kč a v nemocnici Třinec 663,90 Kč z čoho fixné náklady predstavujú sumu 159,90 Kč.

Tabuľka 5.6: Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov určených pre jedného pacienta hospitalizovaného vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov určených pre jedného pacienta:	Prevádzkové náklady v číslach:	
Fixné náklady	105,3 Kč	25,41 Kč
Medzné náklady	191,00 Kč	159,00 Kč
Náklady na jeden deň	296,30 Kč	184,41 Kč

Zdroj tabuľky: [32, 33,39,40]

5.4.2 Porovnanie ekonomických nákladov na prevádzku zariadení HFNO dostupných v Českej republike

Porovnanie ekonomických nákladov na prevádzku zariadení HFNO dostupných v Českej republike sú v tabuľke 5.7, v ktorej boli vyčíslené náklady na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO a to konkrétne vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec. Celkové náklady za spotrebný materiál za priemerných 7 dní terapie na jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motole sú na sume 7103,11 Kč a v Třinci 3486,49 Kč. Celkové náklady v Motole za spotrebný materiál za priemerných 10 dní terapie na hodnote 10 147,30 Kč a 4980,70 Kč v nemocnici Třinec.

Tabuľka 5.7: Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta:	Náklady v číslach:	
Fixné náklady za priemerných 7 dní terapie	663,60 Kč	565,74 Kč
Medzné náklady za priemerných 7 dní terapie	6 439,51 Kč	2920,75 Kč
Celkové náklady za spotrebný materiál za priemerných 7 dní terapie:	7103,11 Kč	3486,49 Kč
Fixné náklady za priemerných 10 dní terapie	948,00 Kč	808,20 Kč
Medzné náklady za priemerných 10 dní terapie	9199,30 Kč	4172,50 Kč
Celkové náklady za spotrebný materiál za priemerných 10 dní terapie:	10147,30 Kč	4980,70 Kč

Porovnanie celkových prevádzkových nákladov v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motole a nemocnici Třinec je predmetom ďalšej tabuľky 5.7.

Konštatujúc, že celkové prevádzkové náklady v nemocnici Motol za 7 dní terapie jedného pacienta sú na hodnote 15 648,01 Kč. Celkové prevádzkové náklady za priemerných 10 dní terapie sa pohybujú až na hodnote 22 354,30 Kč. V nemocnici Třinec je to 9424,66 Kč za sedem dní terapie a celkom za 10 dní sa na sume 13463,80 Kč.

Tabuľka 5.8: Porovnanie celkových prevádzkových nákladov v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta pripojeného na HFNO vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Sumarizácia celkových prevádzkových nákladov v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta:	Náklady v číslach:	
Náklady za spotrebný materiál za priemerných 7 dní terapie	7103,11 Kč	3486,49 Kč
Prevádzkové náklady na zmiešavače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 7 dní terapie	6470,80 Kč	4647,30 Kč
Prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 7 dní terapie	2074,10 Kč	1290,87 Kč
Celkové prevádzkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	15648,01Kč	9424,66Kč
Náklady za spotrebný materiál za priemerných 10 dní terapie	10147,30Kč	7214,40 Kč
Prevádzkové náklady na zmiešavače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 10 dní terapie	9244,0 Kč	6639,00 Kč
Prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 10 dní terapie	2963,00 Kč	1 844,10 Kč
Celkové prevádzkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	22354,30 Kč	13463,80 Kč

5.5 Modelová situácia a citlivostná analýza

Vyhodnotené boli ekonomické náklady výhradne na prevádzku zariadení HFNO, ktoré sú dostupné v Českej republike. Konkrétne ide o zariadenia HFNO využívané u covidových pacientov vo Fakultnej nemocnici v Motole (Fakultní nemocnici v Motole, adresa: V Úvalu 84/1; 150 06 Praha 5) a v nemocnici Třinec (Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, adresa: Kaštanová 268, Dolní Lištná; Třinec 739 61) na ich covidových oddeleniach.

Ekonomické náklady na prevádzku zariadení HFNO boli vyhodnocované pre tri modelové situácie.

Vychádzajúc z reálne možných vstupných dát, ktoré nám poskytla nemocnica v Motole aj nemocnica v Třinci. Pozri Tabuľku 4.2: Sumarizácia dát pacientov s ochorením COVID-19, ich počtu a priemernej dĺžky pripojenia na prístroj HFNO za dva „covidové“ roky. Tret

Tabuľka 5.9: Sumarizácia prevádzkových nákladov na spotrebný materiál zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu

Sumarizácia prevádzkových nákladov na spotrebný materiál zariadenia HFNO:	Náklady v číslach:	
Fixné náklady za priemerných 7 dní terapie	8 721,6 Kč	727,38 Kč
Medzné náklady za priemerných 7 dní terapie	84633,56 Kč	3755,25 Kč
Celkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	93355,16 Kč	4482,63 Kč
Fixné náklady za priemerných 10 dní terapie	6 446,40 Kč	889,02 Kč
Medzné náklady za priemerných 10 dní terapie	62555,24Kč	4589,75 Kč
Celkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	69001,64 Kč	5478,77 Kč

Tabuľka 5.10: Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu

Sumarizácia prevádzkových nákladov na zmiešavače plynov:	Náklady v číslach:	
Fixné náklady za priemerných 7 dní terapie	17480,00Kč	1439,10 Kč
Medzné náklady za priemerných 7 dní terapie	67564,80 Kč	4534,00 Kč
Celkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	85044,80 Kč	5975,10 Kč
Fixné náklady za priemerných 10 dní terapie	12920,00 Kč	1758,90 Kč
Medzné náklady za priemerných 10 dní terapie	49939,20 Kč	5544,00 Kč
Celkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	62859,20 Kč	7302,90 Kč

Tabuľka 5.11: Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov zariadenia HFNO v závislosti od priemernej dĺžky terapie pre modelovú situáciu

Sumarizácia prevádzkových nákladov na zvlhčovače plynov:	Náklady v číslach:	
Fixné náklady za priemerných 7 dní terapie	9687,60 Kč	228,69 Kč
Medzné náklady za priemerných 7 dní terapie	17572,00 Kč	1431,00 Kč
Celkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	27259,60 Kč	1659,69 Kč
Fixné náklady za priemerných 10 dní terapie	7160,40 Kč	279,51 Kč
Medzné náklady za priemerných 10 dní terapie	12988,00Kč	1749,00Kč
Celkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	20148,40 Kč	2028,51 Kč

Tabuľka 5.12: Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie pacienta pripojeného na HFNO v nemocnici v Motole pre modelovú situáciu

Sumarizácia nákladov na spotrebný materiál v závislosti od priemernej dĺžky terapie:	Náklady v číslach:	
Fixné náklady za priemerných 7 dní terapie	61 051,20 Kč	5091,66 Kč
Medzné náklady za priemerných 7 dní terapie	592434,92 Kč	26286,75 Kč
Celkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	653486,12 Kč	31378,41 Kč
Fixné náklady za priemerných 10 dní terapie	64464,00 Kč	8890,20Kč
Medzné náklady za priemerných 10 dní terapie	625552,40Kč	45897,50Kč
Celkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	690016,40 Kč	54787,70 Kč

Aplikácia výsledkov pre covidové oddelenie nemocničného zariadenia

Tabuľka 5.13 sumarizuje vstupné dáta pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec:

Tabuľka 5.13: Sumarizácia vstupných dát pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Vstupné náklady pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO:	Vstupné náklady v číslach:	
Náklady na ľudské zdroje – priemerná hrubá mzda lekára a sestry vyjadrené v českých korunách (Kč)	na lekára – 88 113,00 na sestru – 55 994,00	na lekára – 61 992,00 na sestru – 40 000,00
Náklady na zaškolenie personálu ovládajúceho zariadenie HFNO v českých korunách (Kč)	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO
Náklady na elektrickú energiu v českých korunách (Kč) za kilowatt hodinu (kWh)	5,00	2,15
Náklady na 100 percentný lekársky kyslík vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden liter (l)	17,00	14,00
Priemerné FiO ₂	0,29	0,26
Priemerný prietok vyjadrený litrami za jednu minútu (l/min)	30,11	35,09
Náklady na likvidácie vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden kilogram (kg)	2,89	1,72
Váha sady pre covidových pacientov vyjadrená v kilogramoch (kg)	0,21	0,34
Likvidácia jednej sady pre covidových pacientov vyjadrená v českých korunách (Kč)	0,60	0,58

Tabuľka 5.14: Sumarizácia prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec na jedného covidového pacienta

Sumarizácia celkových prevádzkových nákladov v závislosti od priemernej dĺžky terapie jedného pacienta:	Náklady v číslach:	
Náklady za spotrebný materiál za priemerných 7 dní terapie	653486,12 Kč	31378,41 Kč
Prevádzkové náklady na zmiešavače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 7 dní terapie	595313,60 Kč	41825,70 Kč
Prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 7 dní terapie	190817,20 Kč	11617,83 Kč
Celkové prevádzkové náklady za priemerných 7 dní terapie:	765 790,52 Kč	84 821,94 Kč
Náklady za spotrebný materiál za priemerných 10 dní terapie	690 016,40 Kč	54 787,70 Kč
Prevádzkové náklady na zmiešavače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 10 dní terapie	628 592,00 Kč	73 029,00 Kč
Prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov určené pre jedného pacienta za priemerných 10 dní terapie	201 484,00 Kč	20 285,10 Kč
Celkové prevádzkové náklady za priemerných 10 dní terapie:	1 520 092,40Kč	148 101,80Kč

5.6 Výber najvhodnejšej technológie HFNO pre covidové oddelenia českých nemocníc

Pre lepšie pochopenie práce tabuľka 5.15 vysvetľuje farebné označenia porovnávaných parametrov v práci pre lepšiu orientáciu v jednotlivých tabuľkách. Získané údaje z Fakultnej nemocnici Motol, krajskej Karlovarskej nemocnici a okresnej nemocnici Třinec ako aj rozdiely v technických parametroch a nákladov na prevádzku majú svoje farebné označenie.

Tabuľka 5.15: Vysvetlivky farebného označenia v dokumente pre covidové oddelenia Fakultnej nemocnice v Motole, Karlovarskej krajskej nemocnici a v nemocnici Třinec

Farebné označenie v dokumente:	Význam farebného označenia v dokumente:
	Nemocnica Motol vstupné dáta
	Nemocnica Třinec vstupné dáta
	Karlovarská krajská nemocnica vstupné dáta
	Rozdiely
	Výhody

Ekonomické náklady, ktoré sú nevyhnutné na nepretržitú prevádzku prístrojov HFNO určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19, sú závislé od ceny a životnosti prístroja, nákladov na servis, údržbu a likvidáciu, ceny 100 % medicínskeho kyslíka, elektrickej energie, spotrebného materiálu, nákladov na ľudské zdroje a od času pacienta pripojeného na HFNO. Cena prístroja, medicínskeho plynu, elektrickej energie je závislá od dodávateľskej firmy. Náklady na kúpu prístroja, spotrebného materiálu a likvidáciu sa môžu líšiť v závislosti od rôznych faktorov, ako napríklad od objednaného množstva, frekvencií dodávok, dohodnutej doby trvania zmluvy a ďalších podmienok.

Pre lepšie porovnanie prevádzkových nákladov na spomínané prístroje (pozri tabuľky 5.16 a 5.17) bol urobený výpočet na viacero variánt. Pre prístroj TNI softFlow 50 z dát Fakultnej nemocnici Motol a Karlovarskej krajskej nemocnici. Na zariadenie AIRVO 2 z dát nemocnici Třinec a taktiež krajskej nemocnici v Karlových Varoch. Výsledky v tabuľke 5.16 ovplyvnili technické parametre prístrojov ako maximálny príkon, ktorý bol 0,30 kW pri prístroji TNI softFlow 50 a pri prístroji AIRVO 2 Nasal High 0,74kW. Cena za kilowatt hodinu, ktorá je v Motole 5 Kč v nemocnici Třinec 2,15 Kč a Karlovarskej nemocnici iba 1,381Kč. Za jeden liter 100 % medicínskeho kyslíka zaplatí nemocnica Třinec 14 Kč, krajská nemocnica v Karlových Varoch priemerne 10,25 Kč a nemocnica Motol až 17 Kč. Spotrebný materiál na prístroj TNI softFlow je na sume 498,07 Kč a zariadenie AIRVO 2 Nasal High spotrebuje materiál za 1014,73 Kč. Likvidácia jednej sady pre covidových pacientov v nemocnici Motol pri prístroji TNI softFlow stojí 0,77 Kč, v Karlovarskej nemocnici 0,56 Kč a v nemocnici Třinec pri prevádzke prístroja AIRO 2 Nasal High len 0,41 Kč a v krajskej nemocnici v Karlových Varoch tak isto.

Tabuľka 5.16: Sumarizácia vstupných dát pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO na podmienky Fakultnej nemocnici v Motole a v nemocnici Třinec

Vstupné náklady pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO:	TNI softFlow 50 Nemocnica Motol	AIRVO 2 Nasal High Nemocnica Třinec
Náklady na ľudské zdroje – priemerná hrubá mzda lekára a sestry vyjadrené v českých korunách (Kč)	lekár – 82 390,00 sestra – 56 697,00	lekár – 61 520,00 sestra – 40 640,00
Náklady na zaškolenie personálu ovládajúceho zariadenie HFNO v českých korunách (Kč)	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO
Náklady na elektrickú energiu v českých korunách (Kč) za kilowatt hodinu (kWh)	5,00	2,15
Náklady na 100 percentný lekársky kyslík vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden liter (l)	17,00	14,00
Priemerné FiO ₂	0,25	0,30
Priemerný prietok vyjadrený litrami za jednu minútu (l/min)	35,00	25,00
Maximálny príkon prístroja v kilowatoch (kW)	0,30	0,74
Spotrebný materiál v českých korunách (Kč)	498,07	1014,73
Náklady na likvidácie vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden kilogram (kg)	2,33	1,70
Váha sady pre covidových pacientov vyjadrená v kilogramech (kg)	0,33	0,24
Likvidácia jednej sady pre covidových pacientov vyjadrená v českých korunách (Kč)	0,77	0,41

Tabuľka 5.17: Sumarizácia vstupných dát pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO na podmienky Karlovarskej krajskej nemocnici

Vstupné náklady pre výpočet konkrétnych prevádzkových nákladov zariadení HFNO:	Karlovarská krajská nemocnica	
	AIRVO 2 Nasal High	TNI softFlow 50
Náklady na ľudské zdroje – priemerná hrubá mzda lekára a sestry vyjadrené v českých korunách (Kč)	lekár – 71 950,00 sestra – 43 600,00	
Náklady na zaškolenie personálu ovládajúceho zariadenie HFNO v českých korunách (Kč)	v rámci ceny konkrétneho zariadenia HFNO	
Náklady na elektrickú energiu v českých korunách (Kč) za kilowatt hodinu (kWh)	1,381	
Náklady na 100 percentný lekársky kyslík vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden liter (l)	10,25	
Priemerné FiO ₂	0,25	0,30
Priemerný prietok vyjadrený litrami za jednu minútu (l/min)	35,00	25,00
Maximálny príkon prístroja v kilowatoch (kW)	0,30	0,74
Spotrebný materiál v českých korunách (Kč)	498,07	1014,73
Náklady na likvidácie vyjadrené v českých korunách (Kč) za jeden kilogram (kg)	1,70	
Váha sady pre covidových pacientov vyjadrená v kilogramoch (kg)	0,33	0,24
Likvidácia jednej sady pre covidových pacientov vyjadrená v českých korunách (Kč)	0,56	0,41

Sumarizácia vstupných dát slúžiacich pre výpočet prevádzkových nákladov zariadení HFNO využívaných vo Fakultnej nemocnici v Motole, Karlovarskej krajskej nemocnici a v nemocnici Třinec sú súčasťou tabuľky 5.3. Celkové prevádzkové náklady

zariadení HFNO určené pre jedného pacienta s ochorením COVID-19 na jeden deň pozri tabuľku 5.18 v nemocnici Motol boli vypočítané v sume 2235,43 Kč na zariadenie AIRVO 2 Nasal High v Karlovarskej nemocnici na 1811,37 Kč a v nemocnici Třinec na 1984,12Kč. Na prístroj TNI softFlow 50 1346,38 Kč v nemocnici Třinec, 1208,51 Kč v Karlovarskej nemocnici a v Motole na sumu 1548,01Kč. Pre lepší prehľad sú nemocnice v tabuľke 5.18 rozlíšené farebne.

Tabuľka 5.18: Celkové prevádzkové náklady zariadení HFNO určené pre jedného pacienta s ochorením COVID-19 na jeden deň vo fakultnej, krajskej a okresnej nemocnici

Celkové prevádzkové náklady zariadení HFNO určené pre jedného pacienta na jeden deň	Fakultná nemocnica Motol	Karlovarská krajská nemocnica	Okresná nemocnica Třinec
AIRVO 2 Nasal High	2235,43 Kč	1811,37 Kč	1984,12 Kč
TNI softFlow 50	1548,01 Kč	1208,51 Kč	1346,38 Kč

6 Diskusia

V práci bolo zistené, že na trhu v Českej republike sa v nemocničných a zdravotníckych zariadeniach používajú tri druhy prístrojov HFNO na neinvazívnu kyslíkovú terapiu od rôznych výrobcov. Tieto prístroje su zostavené zo zariadenia na zmiešavanie dýchacích plynov a zvlhčovača. Doplnené sú spotrebným materiálom a to patientskou sadou a kanylou. Každý z prístrojov sa od seba líši svojimi konštrukčnými vlastnosťami, niektorými parametrami technického vybavenia a nákladmi na kúpu a prevádzku. Rozdielnosť nákladov na prevádzku je podmienená aj tým v ktorej nemocnici sa prístroj HFNO používa. Je dôležité zvážiť všetky faktory, výhody a nevýhody pri rozhodovaní sa, ktorý prístroj bude najvhodnejší pre konkrétnu nemocnicu alebo zdravotnícke zariadenie.

V rámci práce bolo hlavné zameranie na porovnanie prístrojov pre neinvazívnu kyslíkovú terapiu pacientov s COVID-19. V českej fakultnej, krajskej a okresnej nemocnici na základe uskutočneného prieskumu u pacientov s ochorením COVID-19 používajú tieto druhy prístrojov vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie: TNI Soft Flow 50, Fisher & Paykel my AIRVO 2 Humidifier a AIRVO 2 Nasal High Flow. Výber jedného z uvedených prístrojov je v kompetencii ošetrojúceho lekára s ohľadom na individuálne potreby pacienta, keďže jednotlivé prístroje sú určené pre pacientov s rozličnými symptómami ochorenia [32, 41].

Vzhľadom k rozdielom je to zaujímavá oblasť preto by sa mal manažment každej nemocnice nad tým zamyslieť aký prístroj bude používať. Týmto problémom sa ešte nezaoberalo veľa autorov kôli čomu je k tématike porovnávania prístrojov na neinvazívnu kyslíkovú terapiu veľmi málo literatúry.

Diskusia začína porovnávaním potrieb technického vybavenia a technických parametrov zariadení HFNO určených pre covidové oddelenia českých nemocníc. Následne diskutujú nad problematikou ekonomickej náročnosti prevádzky daných zariadení HFNO a posledné bolo aplikovanie výsledkov na situáciu konkrétneho covidového oddelenia českých nemocníc.

6.1 Porovnanie potrieb technického vybavenia zariadenia HFNO pre covidové oddelenia českých nemocníc

V práci boli porovnané zariadenia HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow od firmy Fisher & Paykel Health care GmbH & co. KG v nemocničnom zariadení v Motole a TNI softFlow 50 od firmy Masimo Corporation v nemocnici Třinec. Mojou snahou bolo zistiť v ktorej z nemocníc v Českej republike sa tieto tri zariadenia HFNO nachádzajú. Slabou stránkou mojej práce je, že som nezistil v ktorej z nemocníc

sa používa prístroj MY AIRVO 2 Humidifier preto boli porovnávané iba dva prístroje [58].

Potreby technického vybavenia zariadenia HFNO pre covidové oddelenia českých nemocníc sú zásadným aspektom pri výbere dodávateľských firiem. Ako bolo zistené zdravotnícke prístroje majú spoločné, ale aj rozdielne znaky. Spoločným menovateľom je kyslík a spotreba materiálu.

Nutným vybavením oboch zariadení je hlavná jednotka, pojazdný výškovo nastaviteľný stojan s hákmi na zavesenie vaku so sterilnou vodou pre automatické dopĺňovanie vodnej komory. Vyhrievaná dýchacia hadica, ergonomický tvarovaná kanyla vo veľkostiach S, M a L pre pohodlné podávanie vysokého prietoku je súčasťou zariadenia AIRVO 2 Nasal High Flow. Na rozdiel od tohto prístroja má TNI softFlow 50 celovyhrievaný až k nazálnym hrotom silikonový klinický aplikátor v štyroch veľkostiach. Výhodou je vyšší komfort pre pacienta, ktorý môže počas terapie prijímať vodu a potravu. Bolo potvrdené, že prístroje musia byť v tesnej blízkosti pacienta. Vzdialenosť je obmedzená dĺžkou patientského okruhu. Počas liečby by mal pacient ležať, alebo sedieť a nemal by sa nadmerne hýbať.

Obidva prístroje majú prietokomer, integrovaný generátor prietoku, vstupný port na externý kyslík, ktorým sa reguluje tok kyslíka do prístroja. TNI softFlow 50 má vo svojej výbave hygienickú sadu pre klinický zvlhčovač, ktorá sa skladá z automaticky plniacej sa zvlhčovacej komory, vzduchového mostíka a bakteriálneho filtra, ktorý je nutné meniť každý deň. Pretože slúži na zabránenie respiračnej infekcie. Táto jednorazová hygienická sada sa používa pre jedného pacienta maximálne 15 dní. Obidva prístroje majú vo svojom vybavení vzduchový filter, ktorý je potrebné vymieňať každé tri mesiace. AIRVO 2 má taktiež zvlhčovaciu samodoplňujúcu sa vodnú komoru. Navyše na stojane pripevnenú ovládaciu jednotku, ktorá umožňuje napojenie mikronebulizátora s nádobkou maximálnej kapacity 6ml pre inhalačné podanie lieku podľa potrieb pacienta a predpisu lekára [50].

Bolo zistené, že čistenie a dezinfikácia sa vykonáva u oboch zariadení pravidelne podľa pokynov výrobcu v pravidelných intervaloch. Rozdiel medzi zariadeniami bol, že TNI softFlow 50 má v prístroji jednorazové filtre, ktoré boli vymenené a ihneď bol prístroj použiteľný k ďalšiemu pacientovi. Prístroj AIRVO 2 sa musí resterilizovať horúcim vzduchom 55 minút. Signalizátorom je semafor na ktorom zasvieti červené alebo oranžové svetlo pri potrebe dezinfekcie na ktorú bola použitá špeciálna hadica červenej farby, ktorá je taktiež súčasťou vybavenia prístroja.

Prístroje sa od seba líšia okrem rozmerov a váhy aj v ďalších parametroch. Teplota, ktorá je pri týchto prístrojoch dôležitá sa v prípade AIRVO 2 Nasal High dá nastaviť na hodnoty 37 °C, 34 °C, 31 °C, čo má význam pre absolútnu vlhkosť vzduchu. V porovnaní s druhým prístrojom tam je možnosť nastavenia teploty od 30 do 37 °C (regulácia 1°C). Obidva prístroje HFNO majú funkciu merania teploty okolitého

prostredia a súčasne je možné, aby využívali okolitý vzduch [53, 54]. Najčastejšie používaná teplota je 37°C.

Bolo overené, že obidve zariadenia majú svoje vlastné funkcie a jednoduché nastavenie, potrebné pre rôzne prípady pacientov. TNI softFlow 50 ako aj AIRVO 2 Nasal High majú intuitívne ovládacie prvky, ktoré umožňujú personálu monitorovať prietok, tlak a teplotu vzduchu. Zdravotnícky pracovník môže u obidvoch zariadení meniť nastavenia prúdu vzduchu, teplotu vzduchu, ktorý pacient dýcha, tlak vzduchu a kyslíkový podiel. Všetky tieto parametre by mali byť nastavené na základe lekárskej indikácie a podľa individuálnych potrieb pacienta. Takto je zabezpečený komfort pre pacienta, pretože dostane presne množstvo kyslíka, tlak v dýchacích cestách je dynamický a má primerane zvlhčené dýchacie cesty.

Prístroje majú rovnaký medicínsky účel, ale rozdielnu spotrebu kyslíka na docelenie toho istého efektu. Prínosom týchto zariadení je, že pri vysokoprietokovej nazálnej oxygenácii sa podáva pacientovi s ochorením COVID-19 kyslík s vyšším prietokom na rozdiel od tradičnej nazálnej oxygenácie [42], HFNO umožňuje používať, tzv. mixér, vďaka ktorému dochádza k ideálnemu zmiešavaniu kyslíka a vzduchu, pričom je vzduch zvlhčovaný, v rámci fyzikálnych prínosov je tu možnosť odstraňovania mŕtveho priestoru, tvorby zásoby vzduchu so stabilným a zároveň vysokým obsahom FiO_2 v nasofaryngeálnej dutine. Vysokoprietoková nazálna oxygenácia pracuje na princípe ohrievania a zvlhčovania vzduchu, čoho pozitívnym dôsledkom je potrebné znižovanie suchosti slizníc v ústnej dutine [43].

Z hľadiska zmiešovača plynu je dôležité nastaviť prietok, ktorý zodpovedá rozsahu používaného pre zariadenie HFNO. Obdobne je treba postupovať aj pri zvlhčovači plynov. Vďaka zvlhčenému vzduchu a mäkkému nosovému silikonovému aplikátoru je pri používaní nepravdepodobné, že by mohlo dôjsť k podráždeniu nosovej sliznice.

Bolo potvrdené, že hodnotené zariadenie AIRVO 2 Nasal High Flow umožňuje nastaviť prietok 10 - 60 l/min u dospelaj osoby a u zariadenia TNI softFlow 50 je maximálny prietok kyslíka 50 litrov za minútu pričom režim nízkeho prietoku je 2 – 15 litrov za minútu. U AIRVO 2 Nasal High je to za minútu 2 až 25 litrov. Kyslík sa upravuje manuálne, pričom rozsah zvlhčeného ohriateho kyslíka sa pohybuje v rozmedzí 21 % – 100 %. Obidva prístroje disponujú možnosťou zásobovania.

Ako napísal Ing. Václav Hnízdil vo svojom e – maili zo dňa 20. februára 2023: „Technickým rozdielom je schopnosť prístroja TNI softFlow 50 udržať flow aj pri expíriu pacienta. Je to ovplyvnené konštrukciou turbíny, ktorá vytvára celkový flow a rozdielnou konštrukciou „okuliarov“. Pri prístroji TNI je flow plynov vedený z dvoch strán k hrotom a pri prístroji AIRVO 2 je flow plynov vedený iba z jednej strany.“

Limitami pri využívaní vysokoprietokovej nazálnej oxygenácie sú, aby prístroje HFNO obsluhoval skúsený a odborne pripravený ošetrojúci personál, ich cena a tým nedostupnosť pre menšie nemocničné a zdravotnícke zariadenia [18, 39].

AIRVO 2 Nasal High ako aj TNI softFlow 50 sú vybavené prepracovaným ovládacím panelom. Obrazovka má 4,3 palcov. Alarmy a poznámky na displeji upozorňujú na prekročené limity, pretože majú automatický systém sledovania a signalizácie v prípade nejakého problému [40, 50].

Celkovo možno povedať, že AIRVO 2 Nasal High a TNI softFlow 50 sú oba vysokokvalitné technické vybavenia pre nemocničné zariadenia. Každé zariadenie má svoje vlastné výhody a nevýhody, a preto je dôležité zvážiť potreby konkrétneho zariadenia a pacientov, pre ktorých bude určené. Napriek tomu, že AIRVO 2 Nasal High je drahšie zariadenie, má vyšší maximálny prietok kyslíka a tlaku, má externý zdroj a je vhodné pre intenzívnu starostlivosť. TNI softFlow 50 je mobilnejší, lacnejší a ideálny pre pacientov s menej náročnými dýchacími ochoreniami. Celkovo je dôležité zvážiť všetky tieto faktory, aby bolo zabezpečené efektívne a bezpečné poskytovanie kyslíkovej terapie pacientom v nemocničných zariadeniach.

Do porovnania boli zahrnuté aj parametre týkajúce sa kúpy a prevádzky prístrojov. Rozdielom bola nákupná cena, cena za servis a údržbu aj likvidáciu spotrebného materiálu. Medzi náklady na servis patria bezpečnostné technické kontroly, aktualizácia softvéru, mimoriadne opravy, výmena súčiastky, cena sa odvíja od počtu kontrol. Náklady na energiu, sterilnú vodu a medicínsky kyslík boli taktiež rozdielne v každej z nemocníc.

Ekonomická náročnosť prevádzky zariadení HFNO

Požiadavkou v rámci zadania práce bolo aj porovnanie prístrojov HFNO z hľadiska ich ekonomickej výhodnosti. Pre porovnanie zariadení bola použitá metóda TCO. Analýza Total Cost of Ownership sa snaží identifikovať a sumarizovať náklady na vlastníctvo, ktoré sú zrejme a známe všetkým ešte pred kúpou, ale aj množstvo takzvaných "skrytých nákladov", ktoré sa ľahko prehliadajú [46]. Tieto metódy boli zvolené na základe vysokej efektivity a hlavne pre svoju komplexnosť, a vhodné, resp. podobného využitia v našej práci, resp. vstupných a výstupných údajov a zahŕňa všetky náklady súvisiace s touto technológiou počas celého jej životného cyklu. K získaniu objektivnejšieho výsledku Neumann (2005) odporúča použitie rôznych metód, ako napríklad analýzu nákladov a účinnosti, analýzu nákladov a úžitku a analýzu nákladov a kvality života pri výpočte nákladov v zdravotníctve [57].

Metóda TCO bola použitá na výpočet celkových prevádzkových nákladov na obidva prístroje v troch nemocniciach a to vo Fakultnej nemocnici v Motole, Krajskej nemocnici v Karlových Varoch a Okresnej nemocnici v Trinci. Náklady na liečbu sú rôzne u každého prístroja. Finančné náklady vynaložené na prevádzkovanie zariadení je závislé na aktuálnej cene energií, preto presné vyčíslenie nákladov na prevádzku sa vzťahuje len k aktuálnemu roku. Rovnako na trhu nie sú stabilné ani ceny medicínskeho kyslíka a samotného prístroja. Do úvahy je nutné brať aj čas, ktorý jednotliví pacienti strávia pripojení na dané prístroje.

Náklady na obstaranie prístroja a likvidáciu môžeme počítať za jednorazové náklady. Cena zariadenia, ktorá sa pohybovala medzi 120 000 až 170 000 Kč bola taktiež dôležitým faktor, ktorý treba zvážiť pri rozhodovaní sa medzi AIRVO 2 Nasal High a TNI softFlow 50. AIRVO 2 Nasal High mal vysokú cenu pri zakúpení jedného prístroja, (pri kúpe viacerých sa pohybovala smerom nadol), zatiaľ čo TNI softFlow 50 bol o niečo lacnejší.

Cena zariadenia rovnako ako aj plynu je závislá od firmy, ktorá je dodávateľom. Konkrétne ceny a podmienky dodávky kyslíka od firmy Linde sa môžu líšiť v závislosti od rôznych faktorov, ako napríklad množstvo objednaného kyslíku, frekvencia dodávok, dohodnutá doba trvania zmluvy a ďalšie podmienky.

Finančné náklady boli stanovené podľa verejných a oficiálnych výsledkov verejných zákaziek nemocničných a zdravotníckych zariadení Českej republiky. Servisné náklady môžu byť pevne dané v servisnej zmluve, ktorá je súčasťou kúpnej zmluvy. Likvidácia komunálneho odpadu bola dohodnutá u obidvoch typov zariadení s externou firmou. Cena za 1kg bola v nemocnici Motol vyčíslená na sumu 2,33 Kč a nemocnici Třinec a Karlove Vary na 1,70 Kč. Pri likvidácii samotného zariadenia by sa mali nemocnice skontaktovať s miestnymi zástupcami spoločnosti prístrojov TNI softFlow 50 a ARIVO 2 Nasal High a dohodnúť spôsob likvidácie po dobe životnosti prístroja [40, 50].

Ďalej je nutné kalkulovať aj s prevádzkovými nákladmi, ktoré sú potrebné na zmiešavanie a zvlhčovanie plynov pre jedného pacienta. Skladajú sa z fixných a medzných nákladov. Obsahujú náklady na ľudské zdroje, je to čas keď boli nastavené parametre na prístroji a bol použitý na terapiu. Okrem uvedených položiek boli sumarizované aj náklady na liečivá. Patria tu aj položky, ktoré sa menia podľa dĺžky terapie. Majú lineárne rastúci charakter, lebo je tam dôležitá spotreba napríklad elektrickej energia u prístroja alebo spotrebného materiálu.

Z hľadiska ekonomických nákladov na prevádzku takýchto zariadení je nutné, aby nemocnica mala lekárov a sestry, ktorí vedú daný prístroj ovládať. Týmto nemocnica nebude odborníkov prijímať náhle po vypuknutí pandémie, ale ich bude mať vo vlastných pracovníkoch, čím vie ušetriť ekonomické náklady na prevádzku HFNO. Bolo zistené, že náklady na zaškolenie personálu ovládajúceho zariadenie HFNO sa odvíjajú od používaného zariadenia. Celkovo však platí, že je nutné brať do úvahy aj náklady na ľudské zdroje, ktoré predstavujú hrubú mzdu zamestnancov.

Ekonomická náročnosť prevádzky zariadení HFNO je vysoká a pre nemocnice zaťažujúca. Ekonomickú náročnosť prevádzky je možné znižovať, napr. skrátením liečby na priemerných sedem dní na rozdiel od priemerných desať dní a to v prípade modernizácie farmaceutík, zníženia cien FiO_2 či medicínskeho plynu.

6.2 Aplikácia výsledkov na situáciu konkrétneho covidového oddelenia českých nemocníc

Covidové oddelenie vo Fakultnej nemocnici v Motole využíva u covidových pacientov s veľmi ťažkým priebehom ochorenia okolo 100 kusov HFNO zariadení AIRVO 2, ktoré však nemusia byť využívané súčasne, čo závisí od počtu a potreby pacientov. V nemocnici Třinec je 12 zariadení TNI softFlow 50 a Karlovarská krajská nemocnica vlastní 19 prístrojov AIRVO 2 Nasal High [19, 54].

Ako príklad boli vytvorené tri modelové situácie pre všetky nemocnice a prístroje. Prvá simuluje používanie prístrojov AIRVO 2 Nasal High a TNI softFlow 50 vo Fakultnej nemocnici Motol, druhá v okresnej nemocnici Třinec a tretia v Karlovarskej krajskej nemocnici.

Na základe podkladov, ktoré boli získané z nemocníc je uvedené (viď. Tabuľka 4.2), že koľko bolo v roku 2020 a 2021 na covidovom oddelení napojených pomocou prístroja HFNO pacientov. V rámci modelovej situácie boli vyčíslené dáta, na základe ktorých boli zistené celkové prevádzkové náklady na hlavnú jednotku zariadenia, spotrebný materiál, zmiešavače a zvlhčovače plynov, HFNO za priemerných 7 dní terapie aj 10 dní terapie v Kč.

Pri celkovom hodnotení nákladov, ktoré sú potrebné počas terapie s využitím prístroja AIRVO 2 Nasal High Flow a zariadenia TNI softFlow 50, boli započítané náklady na spotrebný materiál, prevádzkové náklady na zmiešavanie plynov a prevádzkové náklady na zvlhčovače plynov pre jedného pacienta v závislosti na dĺžke terapie (viď. Tabuľka 5.14). Bolo zistené, že počas 7 dní hospitalizácie sú celkové náklady 765 790,52 Kč v nemocnici motol na zariadenie AIRVO 2 a v nemocnici Třinec 84 821,94 Kč na zariadenie TNI softFlow 50 a počas 10 dní až 1 520 092,40 Kč vo Fakultnej nemocnici Motol a v okresnej nemocnici Třinec 148 101,80 Kč.

Celkové náklady na prevádzku sme dostali spočítaním prevádzkových nákladov s použitým spotrebným materiálom. Pripočítaním nákladov na kúpu prístroja, servis, údržbu a likvidáciu som dostal celkové náklady pre každú modelovú situáciu. Konečným výsledkom práce bolo stanovenie TCO pre Fakultnú, krajskú a okresnú nemocnicu pre obidva prístroje HFNO. Táto metóda bola použitá pre hodnotenie všetkých variant. Vo vybraných nemocniciach bolo zistené (viď. tabuľka 5.18), že na jedného pacienta je nutné rátať na jeden deň s celkovými nákladami 2 235,43 Kč vo Fakultnej nemocnici Motol na prístroj AIRVO 2 Nasal High, v Karlovarskej krajskej nemocnici boli vyčíslené na 1 811,37 Kč a v okresnej nemocnici Třinci predstavujú 1 984,12 Kč. Fixné a medzné náklady na jedného pacienta na jeden deň pri prístroji TNI softFlow 50 v okresnej nemocnici Třinec na jedného pacienta sú na jeden deň vo výške 1346,38 Kč, v krajskej nemocnici 1280,51Kč a fakultnej nemocnici 1548,01. Na základe týchto zistení najlacnejšou variantou na prevádzku z ekonomického hľadiska je pre všetky tri nemocnice prístroj TNI softFlow 50. Najnižšie náklady

na prevádzku mala varianta zariadenie TNI softFlow 50 v Karlových Varoch, čo bolo ovplyvnené najmä kúpnu cenou, cenou za elektriku a spotrebu elektriky prístroja, cenou za medicínsky kyslík, ľudské zdroje a spotrebný materiál. Naopak najvyššie prevádzkové náklady má prístroj AIRVO 2 v Motole.

Najlepšou variantou by bola kombinácia týchto dvoch prístrojov čo sa týka technických komponentov, parametrov a prevádzkových nákladov. Obidva prístroje majú zabudovaný generátor vysokého prietoku, presne regulujú stabilne vysoký prietok z okolitého vzduchu, alebo mix vzduchu a kyslíka. Riadený prísun kyslíka zaisťuje okysličenie a v tú istú chvíľu aj zvlhčovanie dychacích ciest. TNI softFlow je menší, aj keď ťažší, ľahko sa s ním manipuluje a má nižšiu spotrebu elektrickej energie čo znižuje aj prevádzkové náklady. Pacientsky okruh - aplikátor má mäkký, silikonový zahrievaný až k hrotom nazalnej kanyly čo zabezpečuje vyšší komfort pre pacienta, ktorý môže počas terapie prijímať tekutiny, potravu aj komunikovať. Klinická sada obsahuje bakteriálny filter čo zabraňuje respiračným infekciám. Technológia zariadenia AIRVO 2 Nasal High umožňuje transport pacienta, pretože má externý zdroj. Disponuje s ovladacím panelom ku ktorému je možné pripojiť mikronibilizátor, ktorý slúži na podávanie liekov z rady Bronchodilatika, Antiastmatika [56]. TNI softFlow 50 prístroj má datové uložisko na 12 mesiacov s pamäťovou kartou, je lacnejší a prevádzkové náklady sú nižšie. Je lepší čo sa týka údržby a nemusí sa sterilizovať po každom pacientovi 55 minút.

Ďalšie systemové odporúčenia a výhody mojej práce sú, že práca môže slúžiť ako nástroj pri výbere prístroja HFNO pre akúkoľvek nemocnicu či ide o Fakultnú, krajskú, alebo okresnú. Manažment tak vie odhadnúť približné prevádzkové náklady zariadenia na neinvazívnu kyslíkovú terapiu na základe mojich dát získaných pre túto diplomovú prácu.

7 Záver

Ako bolo uvedené v predchádzajúcich kapitolách ochorenie COVID-19 môže mať viacero foriem priebehu, od ľahkých foriem, ktoré sú liečené v domácom prostredí po ťažké formy priebehu, ktoré si vyžadujú hospitalizáciu v nemocničnom zariadení. U pacientov, ktorí majú ťažký priebeh ochorenia je realizovaná kyslíková terapia, pričom je možné uvažovať o neinvazívnej a invazívnej kyslíkovej podpore pacientov [13]. Jednotlivé používané prístroje na invazívnu a neinvazívnu kyslíkovú terapiu sú rozdielne v mnohých aspektoch a nielen v aktuálnej situácii, ale aj v predchádzajúcich obdobiach viacerí autori porovnávali odlišnosti týchto dvoch foriem kyslíkovej podpory [16, 17, 18, 19, 20, 21].

Zámerom diplomovej práce bolo zhodnotiť ekonomickú náročnosť prevádzkovania prístrojov určených pre neinvazívnu kyslíkovú podporu pacientov trpiacich ochorením COVID-19 (koronavírusom SARS-CoV-2). Sústredujúc sa na analyzovanie, komparovanie a zhodnocovanie potrieb technického vybavenia zariadení HFNO, ktoré sú dostupné a využívané výhradne v zdravotníctve Českej republiky. Vzhľadom na to, že nemocničné zariadenie Fakultní nemocnica v Motole používala u pacientov len prístroj AIRVO 2 Nasal High Flow, Karlovarska krajská nemocnica taktiež toto zariadenie a v okresnej nemocnici Trinec prístroj TNI softFlow 50 v rámci práce boli hodnotené len uvedené dve zariadenia v troch nemocniciach.

Vychádzajúc z potreby technického vybavenia zariadení HFNO (High Flow Nasal Oxygen), ktoré sú dostupné výhradne v Českej republike. Uvedené zariadenie si vyžaduje pripojenie k zdroju elektrickej energie s bežným napätím, teda v rozsahu 220 - 240 W a k rozvodom medicínálnych plynov. Rovnako boli hodnotené technické parametre prístrojov, pričom bolo zistené, že zariadenie zodpovedá bežným celosvetovo uznávaným štandardom, ktoré majú prístroje určené na HFNO mať, či už sa jedná o obsah zvlhčeného ohriateho vzduchu, veľkosti prietoku a rovnako aj FiO_3 a hodnoty SpO_2 . Rovnako aj nastavenia teploty uvedeného prístroja zodpovedajú štandardom.

V rámci práce boli hodnotené aj náklady uvedených prístrojov v rôznych nemocniciach. Bola zvolená metóda TCO na výpočet celkových nákladov. Analýzou bolo zistené, že hlavnú časť nákladov predstavujú náklady na prevádzku. Vzhľadom k meniacim sa vstupným parametrom nie je možné jednoznačne povedať, ktorý prístroj je najefektívnejší pre tú, ktorú nemocnicu. Už len pri kúpe viacerých ako jedného prístroja je cena nižšia ako obvykle. Taktiež rastie cena za energiu, medicínsky kyslík nakupujú nemocnice podľa množstva a frekvencie dodávok a náklady na ľudské zdroje nerastú priamo – úmerne so všetkými nákladmi.

Zoznam použitej literatúry

[1] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Aktuálně o koronaviru* [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2021a. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://koronavirus.mzcr.cz/>

[2] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Přehled datových reportů, podkladových materiálů a analýz pro hodnocení epidemie covid-19 v ČR* [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2021b. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://koronavirus.mzcr.cz/prehled-dennich-reportu-a-analyz/>

[3] PUBLIC HEALTH ENGLAND. *COVID-19: Guidance for infection prevention and control in healthcare settings* [online]. Version 1.1. Public Health England, 2020. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <https://assets.publishing.service.gov.uk/>

[4] LEASA, David et al. Knowledge translation tools to guide care of non-intubated patients with acute respiratory illness during the COVID-19 Pandemic. In: *Critical Care* [online]. 2021; 25(1): 1-12 [cit. 2023-03-02]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication>

[5] ALHAZZANI, Waleed et al. Survivingsepsiscampaign: guidelines on the management of critically ill adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). In: *Intensive Care Med.* 2020; 46(5): 854-887. ISSN 0342-4642.

[6] WORLD FEDERATION OF SOCIETIES OF ANESTHESIOLOGISTS. *Coronavirus – guidance for anaesthesia and perioperative care providers* [online]. World Federation of Societies of Anaesthesiologists, 2021a. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.wfsahq.org>

[7] BLAŠKO, Michaela. COVID-19 – nový vírus so širokým spektrom klinických prejavov. In: *Dermatologická prax* [online]. 2020; 14(2): 68-75 [cit. 2023-04-01]. ISSN 1337-4427. Dostupné z: <https://www.solen.sk/storage>

[8] HONIGSBAUM, Mark. *Storočie pandémieí. Od španielskej chrípky až po covid-19... a čo čakať ďalej.* Bratislava: EastoneBooks, 2021. ISBN 978-80810-9409-5.

[9] GREGER, Michael. *How to Survive a Pandemic.* Colorado: Bluebird, 2020. ISBN 978-15-2905-491-0.

[10] BHAKDI, Sucharit a Karina REISS. *Korona - falošný poplach? Fakty a čísla.* Vydavateľstvo: PLEJADY, 2020. ISBN 978-80-9737-560-7.

[11] SOLEN MEDICAL EDUCATION. Nový koronavírus COVID-19 – aktuálna téma a hrozba. In: *Via practica* [online]. 2020; 7(1): 41-42 [cit. 2023-03-15]. ISSN 1339-424X. Dostupné z: <https://www.solen.sk>

[12] SCHWAB, Klaus a Thierry MALLERET. *The Great Reset*. Vydavateľstvo: Forum Publishing, 2020. ISBN 29-4063-112-3.

[13] UNIVERZITNÁ NEMOCNICA ZHEIANG. *Príručka prevencie a liečby COVID-19* [online]. Univerzitná nemocnica Zheiang, 2021. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: http://www.azzs.sk/prirucka_prevencie_a_liecby_covid_19_sk.pdf

[14] ŠUVADA, Jozef a Pavol JARČUŠKA. *Štandardný postup pre rýchle usmernenia klinického manažmentu detských a dospelých pacientov s novým koronavírusom 2019 (COVID-19)* [online]. 2020. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: https://standardnepostupy.sk/_files/200000238-5165751659/SDTP_korona_web.pdf

[15] FIRMENT, Jozef. *Štandardný preventívny, diagnostický a terapeutický postup pri starostlivosti o kriticky chorých s COVID-19* [online]. 2021. [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://webcache.googleusercontent.com>

[16] FIRMENT, Jozef et al. Postupy pri starostlivosti o kriticky chorých pacientov s COVID-19. In: *Anestéziológia a intenzívna medicína* [online]. 2020; 9(1): 6-15 [cit. 2022-12-20]. ISSN 1339-0155. Dostupné z: <https://www.solen.sk/>

[17] FIRMENT, Jozef. *Štandardný preventívny, diagnostický a terapeutický postup pri starostlivosti o kriticky chorých s COVID-19* [online]. 2020. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <file:///C:/Users>

[18] SUBRAMANIAM, Ashwin et al. Noninvasive oxygen strategies to manage confirmed COVID-19 Patients in Indian intensive care units: a survey. In: *Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine* [online]. 2020; 24(10): 926 [cit. 2022-10-04]. ISSN 0972-5229. Dostupné z: <https://www.researchgate.net>

[19] SINGEROVÁ, Markéta. *Karlovarská nemocnice pořídila nové přístroje HFNO, které pomáhají pacientům s dýcháním* [online]. Karlovarská krajská nemocnice a. s., 2021. [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: <https://www.kkn.cz/>

[20] VIČAR, Jan et al. Pandemie COVID-19 z pohledu dětské kliniky krajské nemocnice. In: *Czecho-Slovak Pediatrics/Cesko-Slovenska Pediatrie* [online]. 2020; 75(5) [cit. 2022-10-04]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/>

[21] GIT HUB. COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University. In: *GitHub* [online]. 2021. [cit. 2022-10-07]. Dostupné z: <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

[22] TÖRÖK, Pavol. *Teoretické a klinické základy vysoko frekvenčnej dýzovej ventilácie*. Martin: Osveta, 2013. ISBN 978-80-8063-408-7.

[23] TAŠKOVÁ, Alice a Vladislav HYTYCH. *Praktická plicní chirurgie. Indikace a strategie*. Praha: Maxdorf, 2016. ISBN 978-80-7345-489-0.

[24] AKOUMIANAKI, Evangelia et al. The Role of Noninvasive Respiratory Management in Patients with Severe COVID-19 Pneumonia. In: *Journal of Personalized Medicine* [online]. 2021; 11(9): 884 [cit. 2022-09-16]. ISSN 2075-4426. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>

[25] WORLD FEDERATION OF SOCIETIES OF ANESTHESIOLOGISTS. *COVID-19 Information for Low Resource Settings* [online]. World Federation of Societies of Anaesthesiologists, 2021b. [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://wfsahq.org/>

[26] WORLD FEDERATION OF SOCIETIES OF ANESTHESIOLOGISTS. *WFSA Statement on health care providers safety and well being during the COVID-19 pandemic* [online]. World Federation of Societies of Anaesthesiologists, 2021c. [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://wfsahq.org/>

[27] COOPER, Jeremy et al. *Safe Use of High-Flow Nasal Oxygen (HFNO) With Special Reference to Difficult Airway Management and Fire Risk* [online]. 2018. [cit. 2022-10-08]. Dostupné z: <https://www.apsf.org/>

[28] TÖRÖK, Pavol et al. *Zásady transportu kriticky chorých a pacientov s obehovou a ventilačnou podporou v záchranárskejprax.* Martin: Osveta, 2015. ISBN 978-80-8063-434-6.

[29] KLIMEŠOVÁ, Lenka. *Umělá plicná ventilace.* Brno: Národní centrum ošetrovatelství (NCO NZO), 2011. ISBN 978-80-70135-389.

[30] DOSTÁL, Pavel. *Oxygenoterapie, CPAP, high-flow nasal oxygen* [online]. Fakultní nemocnice Hradec Králové, 2020. [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.ipvz.cz/>

[31] POLYMED. *Kyslíková terapie, Nebulizace, Inhalace* [online]. 2021a. [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.polymed.eu/>

[32] POLYMED. *Kyslíková terapie, Nebulizace, Inhalace* [online]. 2021b. [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.polymed.eu/>

[33] MICOMME MEDICAL. High Flow Oxygen Therapy Machine. In: *Hunan Micomme Medical Technology Development Co., Ltd.* [online]. 2021. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: <https://micommemedical.supplier.ecer.com>

[34] KRÁSNÝ – ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA. *Lékařské přístroje a medicínská technika* [online]. 2021a [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.szo.cz/>

[35] KRÁSNÝ – ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA. *Lékařské přístroje a medicínská technika* [online]. 2021b. [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.szo.cz/>

- [36] ČESKÁ TISKOVÁ KANCELÁŘ (ČTK). *Nemocnice používají přístroj šetrnější než umělá plicní ventilace* [online]. 2020. [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/>
- [37] DONGGUAN AITUO MEDICAL EQUIPMENT. High Flow Nasal Cannula (HFNC) Oxygen Therapy Machine. In: *Dongguan Aituo Medical Equipment* [online]. 2021a. [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: <https://www.ai-tuo.cn/>
- [38] DONGGUAN AITUO MEDICAL EQUIPMENT. High Flow Nasal Cannula (HFNC) Oxygen Therapy Machine. In: *Dongguan Aituo Medical Equipment* [online]. 2021b. [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: <https://www.ai-tuo.cn>
- [39] LHL S. R. O. – ZDRAVOTNÍCKA TECHNIKA. *High Flow kyslíková terapie (HFNO) TNI SoftFlow 50* [online]. 2021a. [cit. 2021-09-16]. Dostupné z: <https://www.lhlsro.cz/>
- [40] LHL S. R. O. – ZDRAVOTNÍCKA TECHNIKA. *High Flow kyslíková terapie (HFNO) TNI SoftFlow 50 – produktový list* [online]. 2021b. [cit. 2022-09-16]. Dostupné z: <https://www.lhlsro.cz/files/tni-softflow-50-g.pdf>
- [41] LÉBLOVÁ, Kristýna. *Nemocnice na Vinohradech má přístroje, díky kterým lidé nemusí hned na ventilaci* [online]. 2020. [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz>
- [42] WINCK, João Carlos a Nicolino AMBROSINO. COVID-19 pandemic and non invasive respiratory management: Every Goliath needs a David. An evidence based evaluation of problems. In: *Pulmonology* [online]. 2020; 26(4): 213-220 [cit. 2022-09-28]. ISSN 2531-0437. Dostupné z: <https://www.researchgate.net>
- [43] TABASHI, Soudeh et al. Supplemental oxygen therapy and non-invasiveventilation in corona virus disease (COVID-19). In: *Journal of Cellular & Molecular Anesthesia* [online]. 2020; 5(1): 27-31 [cit. 2022-09-26]. ISSN 2538-2462. Dostupné z: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=775821>
- [44] PRECISION FLOW. *Návod k obsluze* [online]. 2022. [cit. 2022-09-22]. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickýProstredok/Detail/136735>
- [45] VAPOTHERM. *Vapotherm Precision Flow Plus* [online]. 2018. [cit. 2022-09-23]. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickýProstredok/Detail/136735>
- [46] SCHMIDT, Marty. *Total Cost of Ownership TCO. Definitions, Meaning Explained, Example Calculations* [online]. 2022. [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://www.business-caseanalysis.com/total-cost-of-ownership.html>

[47] KONSCHAK, Colin. *Understanding the Total Cost of Ownership (TCO) analysisfor IS in the healthcare setting* [online]. 2022. [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <http://www.colinkonschak.com/images/TotalCostofOwnership.pdf>.

[48] HOCKEL, Dále a Terry HAMILTON. *Understanding total cost of ownership* [online]. 2022. [cit. 24.03.2022]. Dostupné z: <https://www.hpnonline.com/inside/2011-09/1109-EquipPlan-TCO.html>

[49] *Diplomová práce* [online]. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67406/FBMI-DP-2016-Novak-Ondrej-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[50] FISHER & PAYKEL HEALTHCARE GMBH & CO. *HFNO – AIRVO 2 Nasal High Flow* [online]. 2022. [cit. 2022-09-26]. Dostupné z: <https://www.fphcare.com/en-gb/products/hospital-products/>

[51] GUIA, Miguel et al. High-Flow Nasal Oxygen Therapy in Acute Hypoxemic Respiratory Failure: Concise Review on Technology and Initial Methodology. In: *Turkish Thoracic Journal* [online]. 2021; 22(6): 494-500 [cit. 2022-11-17]. ISSN 2149-2530. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8975303/>.

[52] BONNET, Nicolas et al. High flow nasal oxygen therapy to avoid invasive mechanical ventilation in SARS-CoV-2 pneumonia: a retrospective study. In: *Annals of Intensive Care* [online]. 2021; 11(37) [cit. 2022-11-17]. ISSN 2110-5820. Dostupné z: <https://annalsofintensivecare.springeropen.com/articles/10.1186/s13613-021-00825-5>.

[53] CHIKATA, Yusuke et al. Humidification Performance of Two High-Flow Nasal Cannula Devices: A Bench Study. In: *Respiratory Care* [online]. 2014; 59(8): 1186-90 [cit. 2022-11-17]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: <https://rc.rcjournal.com/content/59/8/1186>.

[54] TŘINECKÝ HUTNÍK. *Nemocnice má nové přístroje na covid* [online]. 2020. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.nemtr.cz/index.php/cs/o-nemocnici/aktuality/1112-nemocnice-ma-nove-pristroje-na-covid>

[55] FISHER & PAYKEL HEALTHCARE. *AIRVO 2 Nasal High Flow, Manuál k použití* [online]. 2018. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickýProstředek/Detail/100932>

[56] ADC. *Berodual N sol inh (200 dávk)* [online]. 2011. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.adc.sk/databazy/produkty/detail/berodual-n-318282.html>

[57] NEUMANN, P. J. *Using cost-effectiveness analysis to improve health care: Opportunities and barriers* [online]. Oxford University Press, 2005. Dostupné z: <https://psycnet.apa.org/record/2004-20664-000>

[58] FISHER & PAYKEL HEALTHCARE. *Optiflow Nasal High Flow therapy* [online]. 2023. [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.fphcare.com/us/hospital/adult-respiratory/optiflow/airvo-neb-563-usa/>

Ďalšie zdroje a materiály:

Manuel Bortoletti – Štruktúra viriónu SARS-CoV-2 [online]. [cit. 2022-10-07]. Dostupné z: <https://synlabianer.cz/clanek/testovani-viru-sars-cov-2-synlab-slovakia-s-ro/>.

Príloha A: Obsah priloženého CD