



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Efekt vysokovýkonné laserové terapie (MLS®)
u pacientů s post-covidovým syndromem**

**Effectiveness of High-Intensity Laser Therapy
in Patients with Post-covid Syndrome**

Diplomová práce

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Autor diplomové práce: Bc. Martina Knedlíková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Příhoda

Kladno 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Knedlíková** Jméno: **Martina** Osobní číslo: **482870**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Aplikovaná fyzioterapie**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Efekt vysokovýkonné laserové terapie (MLS) u pacientů s post-covidovým syndromem

Název diplomové práce anglicky:

Effectiveness of High-intensity Laser Therapy in Patients with Post-covid Syndrome

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude hodnocení efektu vysokovýkonné laserové terapie (MLS laserové terapie) u pacientů s post-covidovým syndromem. Teoretická část bude pojednávat o problematice post-covidového syndromu a jeho léčby na základě poznatků z literární rešerše odborné literatury. Podrobněji budou rozebrány zdroje s poznatkami a zkušenostmi využití vysokovýkonné laserové terapie při stejných či obdobných indikacích. V metodice budou popsány vyšetřovací metody a parametry nastavení MLS laserové terapie včetně indukčního klíče pacientů. Praktická část bude zaměřena na zpracování a statistické vyhodnocení získaných dat efektu aplikované léčby. V diskuzi budou výsledky statistického sběru dat rozebrány a porovnány s daty odborných studií tuzemských i zahraničních autorů. Výsledkem práce bude posouzení eventuálního přínosu aplikovaného léčebného postupu u post-covidových pacientů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAVRÁTIL, Leoš, Nové pohledy na neinvazivní laser, Praha: Grada Publishing, 2015, ISBN 978-80-247-1651-0
- [2] NAVRÁTIL, Leoš, Fyzikální léčebné metody pro praxi, Praha: Grada Publishing, 2019, ISBN 978-80-271-0478-9
- [3] CIBULKA, Lukáš, PETRTÝLOVÁ Veronika, Use of the MLS® Laser Therapy in the management of SARS-CoV-2 infection: a case report, Energy for Health, číslo 21, 2021, 4-7 s., ISSN 2421-2210
- [4] SIGMAN, A. Scott, et al., A 57-Year-Old African American Man with Severe COVID-19 Pneumonia Who Responded to Supportive Photobiomodulation Therapy (PBMT): First Use of PBMT in COVID-19, Am J Case Rep, číslo 21, 2020, ISSN 1941-5923

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Aleš Příhoda

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Efekt vysokovýkonné laserové terapie (MLS®) u pacientů s post-covidovým syndromem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 05.05.2023

.....
Bc. Martina Knedlíková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala především mému vedoucímu Ing. Alešovi Příhodovi za jeho cenné rady, konstruktivní připomínky, vstřícnost při konzultacích, velmi dobrou komunikaci, věnovaný čas a celkově za odborný dohled při zpracování diplomové práce. Děkuji mu také za data, která mi zprostředkoval k vyhodnocení efektu aplikované léčby pro praktickou část. Velké díky patří také jeho kolegům, kteří se na sběru dat osobně podíleli, konkrétně se jedná o fyzioterapeuty z Rehabilitační kliniky Therap Tilia Olšiny v Praze a Léčebných lázní Luhačovice – Sanatorium MIRAMARE.

ABSTRAKT

Celosvětová pandemie infekce covid-19 i v současné době zůstává aktuálním tématem a její dlouhodobě perzistující symptomy stále sužují značný počet pacientů. Problematika post-covidového syndromu včetně terapeutických přístupů je na základě provedené literární rešerše přiblížena v teoretické části práce. Dále je zde popsána i metodika léčby s využitím vysokovýkonného laseru.

Do výzkumu byla zahrnuta data pacientů (n=74) s respiračními příznaky v rámci post-covidového syndromu. Všichni absolvovali celkem pět aplikací MLS® (Multiwave Locked System) laseru na oblast plic v pěti po sobě jdoucích dnech. Hlavním cílem bylo zhodnotit vliv této terapie na respirační parametry pacientů. K hodnocení efektu léčby sloužily zejména hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC) naměřené spirometrickým vyšetřením.

Pacienti dosáhli statisticky signifikantního zlepšení ($p < 0,00001$) hodnot spirometrického parametru FVC. Dále byl statisticky ověřován potenciální vliv faktorů věku pacientů a časového odstupu od prodělání akutní infekce na účinek terapie. Efekt léčby byl významnější u šedesátiletých pacientů a mladších a také u skupiny probandů, která prodělala infekci covid-19 s delším časovým odstupem než půl roku. Dalšího významného zlepšení parametru FVC bylo dosaženo i po navazující respirační fyzioterapii.

Na základě vyhodnocení dat byla statisticky prokázána efektivita MLS® laseroterapie na zlepšení respiračních funkcí u pacientů s post-covidovým syndromem a byla tak shledána přínosnou léčebnou metodou při této diagnóze.

Klíčová slova

post-covidový syndrom; vysokovýkonná laserová terapie; HPLT; MLS® laserová terapie; onemocnění covid-19; léčba post-covidového syndromu

ABSTRACT

The global pandemic of covid-19 infection remains a topic nowadays, and its long-lasting symptoms continue to bother a significant number of patients. Based on a literature research, the issue of post-covid syndrome, including therapeutic approaches, is presented in the theoretical part of the thesis. In addition, a High-Intensity Laser Therapy is described.

Data of patients (n=74) with respiratory symptoms of post-covid syndrome were included in the research. They all underwent five MLS® (Multiwave Locked System) laser applications to the lung area in five consecutive days. The main aim was to evaluate the effect of this therapy on the patients' respiratory parameters. The values of forced vital capacity (FVC) measured by spirometric examination were used to evaluate the effect of the treatment.

Patients achieved a statistically significant improvement ($p < 0.00001$) in spirometric FVC values. Furthermore was statistically verified the potential influence of the factors of patients' age and time since experiencing the acute infection on the effect of therapy. The treatment effect was more significant in 60 years old patients and younger and also in the group of probands who had experienced covid-19 infection more than half a year ago. Significant improvement in the FVC parameter was also achieved after follow-up respiratory physiotherapy.

Based on the data evaluation, the effectiveness of MLS® laser therapy on improving respiratory function in patients with post-covid syndrome was statistically demonstrated and because of this was found to be a beneficial treatment modality in this diagnosis.

Keywords

Post-covid syndrome; High-Intensity Laser Therapy; HPLT; MLS® laser therapy; covid-19 disease; treatment of post-covid syndrome

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce a hypotézy	10
3	Přehled současného stavu.....	12
3.1	Onemocnění covid-19	12
3.2	Post-covidový syndrom.....	13
3.2.1	Klinické projevy syndromu	14
3.2.2	Centralizace péče.....	14
3.2.3	Možnosti léčby post-covidového syndromu.....	15
3.3	Laseroterapie	26
3.3.1	Princip laseru	27
3.3.2	Mechanismus účinku.....	27
3.3.3	Fyzikální parametry a rozdělení laserů	29
3.3.4	MLS® laserová terapie	30
4	Metodika.....	36
4.1	Sběr dat.....	36
4.2	Charakteristika sledovaného souboru.....	36
4.3	Vyšetřovací metody.....	38
4.3.1	Spirometrie.....	38
4.4	Terapeutické metody.....	40
4.4.1	MLS® laseroterapie.....	40
4.4.2	Přístroj a parametry aplikace.....	41
4.4.3	Respirační fyzioterapie.....	43
4.5	Statistické metody vyhodnocení dat.....	44

5	Výsledky.....	45
5.1	Grafická prezentace výsledků efektu aplikované léčby.....	46
5.2	Statistické testování hypotéz.....	51
6	Diskuze	57
7	Závěr	75
8	Seznam použitých zkratk.....	76
9	Seznam použité literatury	78
10	Seznam použitých obrázků	87
11	Seznam použitých tabulek.....	88

1 ÚVOD

Infekce vyvolaná virem SARS-CoV-2 se od prosince roku 2019 začala z čínského Wu-chanu šířit do celého světa a dnes je všeobecně nazývána jako onemocnění covid-19. Charakter dosahu covidové pandemie byl a stále je nesmírný, tato infekce určitým způsobem ovlivnila život snad každého jedince celé lidské populace, ať už samotným proděláním nákazy, mnohdy s infaustním průběhem, případně v podobě nespočtu restriktivních opatření v rámci snahy o zpomalení šíření nemoci.

Do dnešního dne se setkáváme s novými případy či reinfekcemi a velký počet pacientů je stále sužován přetrvávajícími příznaky ve formě takzvaného post-covidového syndromu. Nejen respirační obtíže v podobě dušnosti, dlouhodobého kašle, ale i další perzistující symptomy jako únava, slabost či psychické a neurokognitivní obtíže mohou snižovat kvalitu života a výkonnost pacientů, kteří jsou v některých případech dokonce neschopní pracovní zátěže. Je tedy zřejmé, že je nutné takovým pacientům poskytovat adekvátní léčbu, přičemž její postupy včetně využití různých rehabilitačních intervencí se stále vyvíjí za účelem sestavení ucelených léčebných programů.

Jednou ze zkoumaných terapeutických modalit post-covidového syndromu je i aplikace vysokovýkonného laseru. Využitím laseru v rámci této indikace se mezi prvními zabývali také akademičtí pracovníci Fakulty biomedicínského inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze. Jedná se o proceduru s doposud nadějnými výsledky, pro její širší využití je však zapotřebí dalších analýz a studií, což bylo současně i jedním z motivů při stanovení cílů této práce. Výsledky práce by potencionálně mohly přispět k zařazení laseroterapie do léčebných programů post-covidu a mít tak celospolečenský přínos v rámci boje s infekcí covid-19 a jejími následky.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Hlavním cílem této diplomové práce je zhodnocení efektu vysokovýkonné laserové terapie (HPLT), konkrétně pomocí MLS® (dále jen MLS) laseru, při léčbě přetrvávajících respiračních obtíží u pacientů s post-covidovým syndromem. Hlavním kritériem pro statistické vyhodnocení výše zmíněného cíle jsou naměřené vstupní a výstupní hodnoty spirometrického vyšetření. Přiblížit problematiku post-covidového syndromu, který je předmětem zkoumání tuzemských i zahraničních autorů poměrně krátkou dobu, včetně možností jeho léčby, je dalším cílem této práce.

Testované hypotézy:

H1: MLS laserová terapie nemá statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem.

H1A: MLS laserová terapie má statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem.

H2: U pacientů s post-covidovým syndromem, kteří prodělali infekci covid-19 před méně než šesti měsíci, nemá MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů, kteří infekci covid-19 prodělali s delším časovým odstupem.

H2A: U pacientů s post-covidovým syndromem, kteří prodělali infekci covid-19 před méně než šesti měsíci, má MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů, kteří infekci covid-19 prodělali s delším časovým odstupem.

H3: U pacientů s post-covidovým syndromem do 60 let věku (včetně) nemá MLS laserová terapie statisticky významnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů starších 60 let.

H3A: U pacientů s post-covidovým syndromem do 60 let věku (včetně) má MLS laserová terapie statisticky významnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů starších 60 let.

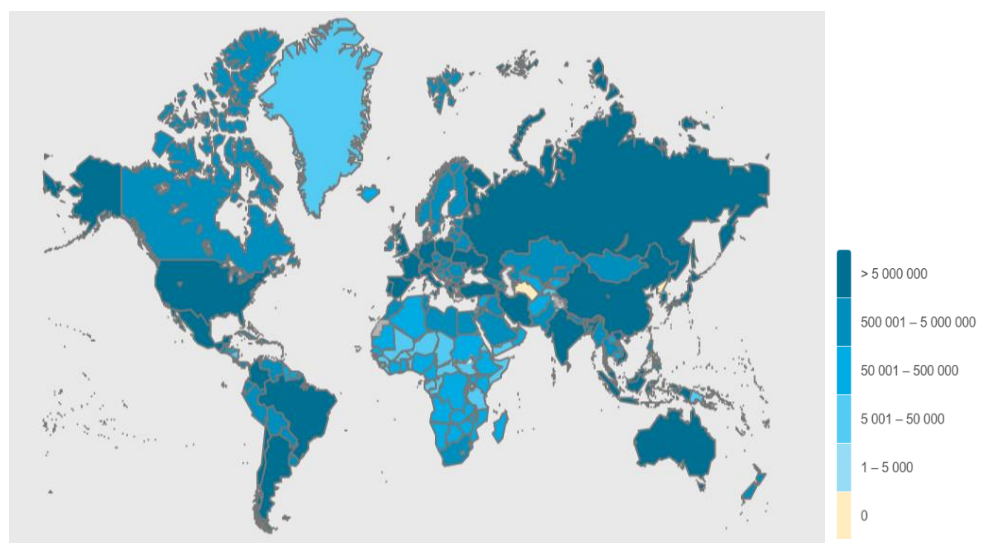
H4: Respirační fyzioterapie navazující na aplikaci MLS laserové terapie u pacientů s post-covidovým syndromem nemá statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů.

H4A: Respirační fyzioterapie navazující na aplikaci MLS laserové terapie u pacientů s post-covidovým syndromem má statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Onemocnění covid-19

Koronavirové onemocnění covid-19 způsobené virem SARS-CoV-2 je vysoce infekční respirační onemocnění, které se původně objevilo v prosinci roku 2019 ve Wu-Chanu v Číně. Následně se rychle šířilo do celého světa, což vedlo k tomu, že Světová zdravotnická organizace v březnu roku 2020 označila covid-19 za pandemii. Epidemiologickou situaci ve smyslu celosvětově potvrzených případů covid-19 přibližuje mapa – viz Obrázek 1. K 17. únoru 2023 bylo celosvětově hlášeno 756 581 850 zaznamenaných případů covid-19, v České republice pak 4 599 931 případů [1]. Dá se však předpokládat, že reálný počet případů může dosahovat daleko vyšších čísel vzhledem k tomu, že všechny případy infekcí nemusely být zachyceny. Infikovaní pacienti se většinou potýkají s respiračními či muskuloskeletálními obtížemi, a vzhledem k omezené sociální interakci během onemocnění, včetně preventivních opatření, se rozvíjejí u jedinců také psychické problémy. Nejčastějšími příznaky jsou horečky, kašel, dušnost, bolest svalů a kloubů, bolest hlavy, bolest v krku, únava, ztráta chuti a čichu, bolest břicha, zvracení, průjem, a další [2].



Obrázek 1 – Mapa znázorňující počet celosvětově potvrzených případů covid-19 ke dni 17.2.2023 [1]

3.2 Post-covidový syndrom

Dlouho byla rizika onemocnění covid-19 komentována převážně z hlediska úmrtí a nedostatečných kapacit nemocnic, ukázalo se však, že jeden či několik příznaků infekce SARS-CoV-2 přetrvává u značného procenta lidí, a to týdny či měsíce po prodělaném onemocnění. Infekce SARS-CoV-2 může mít tedy dlouhodobější negativní dopad na celkový stav jedince. Přetrvávající symptomy se mohou manifestovat u všech věkových skupin, a to nejen u těch, kteří prodělali závažnou formu infekce covid-19. Celopopulační prevalence podle odhadu OSN byla nejvyšší u lidí v produktivním věku. Po pozvolném snížení extrémního tlaku na systémy zdravotní péče v rámci péče o pacienty s akutní infekcí, nyní pro změnu roste tlak na zdravotnická zařízení vzhledem k nárůstu počtu pacientů s perzistentními příznaky koronavirové infekce [2; 3; 4].

Pro cílené a efektivní terapeutické působení na pacienty je zapotřebí důkladných dlouhodobých výzkumů za účelem odhalení patofyziologických mechanismů přetrvávajících symptomů s cílem zahrnout tyto příznaky do uceleného syndromu. Nejasnosti jsou však již v terminologii zmíněného syndromu. Název se totiž liší dle země a instituce, označuje se např. post-covid-19 syndrom, perzistující post-covidový syndrom, post-covid-19 stav, postakutní následky covid-19, chronický covid-19 nebo long-covid-19. Vzhledem k různé délce trvání příznaků lze fáze po uplynutí infekčnosti covid-19 rozdělit následovně – příznaky potenciálně související s infekcí (do 4.-5. týdne), postakutní příznaky po covid-19 (od 5. týdne do 12. týdne), dlouhotrvající příznaky (od 12. týdne do 24.) a přetrvávající příznaky (trvajících déle než 24 týdnů). Směrnice NICE (National Institute for Health and Care Excellence) navrhuje klasifikaci na *akutní covid-19* (symptomy po dobu až 4 týdnů), *pokračující symptomatický covid-19* (symptomy od 4 do 12 týdnů) a *post-covid* (symptomy vzniklé během infekce nebo po ní a trvajících déle než 12 týdnů) [2; 4].

3.2.1 Klinické projevy syndromu

Dle WHO (World Health Organization) je stav po covid-19 charakterizován nesčetnými perzistentními symptomy od přetrvávající únavy, dušnosti, dýchacích potíží a bolesti na hrudi až po výraznější slabost, nesnášenlivost cvičení, neuropatii, myopatii, artralgií, kognitivní poruchy, funkční pokles a sníženou kvalitu života. Mimo již zmíněné příznaky post-covidového syndromu patří mezi další také kašel, bolest v krku, bolest hlavy a svalů, poruchy čichu a chuti, gastrointestinální obtíže, neurokognitivní obtíže (mozková mlha, závratě, ztráta koncentrace, zmatenost), narušení psychické vyrovnanosti (deprese, úzkost, změny nálad, poruchy spánku) a další. Dominantně však bývá poškozen především respirační systém (horní a dolní dýchací cesty a plíce), kde lze u některých pacientů zaznamenat přetrvávající změny na CT plic zahrnující opacity mléčného skla a vznik plicní fibrózy. Více než polovina lidí s tzv. post-covid syndromem udává omezení v činnostech každodenního života, což vede mimo jiné také k nepříznivému sociálnímu a ekonomickému dopadu. Příčinami těchto symptomů mohou být zjizvené tkáně, poškozené orgány (srdce, plíce, ledviny, játra,..), poškozené cévy, hyperkoagulabilita, mikrotrombóza, dysregulace imunitního systému, perzistence viru v těle, a další. To vše na základě infekce covid-19. Nejedná se tedy pouze o zdravotní problémy pohybového aparátu, ale i orgánových systémů [3; 4; 5; 6; 7].

3.2.2 Centralizace péče

Vzhledem ke stále se zvyšujícímu počtu pacientů s perzistentními příznaky po prodělané infekci SARS-CoV-2, kteří vyhledávají lékařskou péči, vznikají v České republice, především ve většině krajských a univerzitních nemocnic, post-covidová centra a poradny. Primárně jsou v centrech konzultovány a řešeny komplikované či multisystémové případy post-covid syndromu. První takové centrum vzniklo ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové, dále lze post-covidová

centra navštívit také například ve fakultních nemocnicích v Ostravě, Brně, Olomouci, Plzni, dále v Městské nemocnici následné péče v Praze či Nemocnici sv. Kříže Žižkov Praha. Pro post-covidová centra je stěžejní multioborová spolupráce celé řady odborníků, mezi ty patří pneumolog, ORL specialista, kardiolog, radiolog, hematolog, revmatolog, gastroenterolog, nefrolog, psychiatr, neurolog a další. Péče v post-covidovém centru spočívá v zajištění potřebných a dle příznaků cílených vyšetření a nastavení individuální léčby [8; 9].

3.2.3 Možnosti léčby post-covidového syndromu

Vzájemné působení již zmíněných příznaků dělá z post-covidu multisystémové onemocnění, které vyžaduje multidisciplinární klinický přístup včetně hodnocení a léčby základních problémů, symptomatické léčby, fyzioterapie, sociálně-pracovní terapie a psychologické podpory, a to k řešení fyzické, kognitivní, sociální, profesní a psychologické oblasti zdravotního stavu. Vzhledem k vysokému počtu osob s přetrvávajícími příznaky museli odborníci ve zdravotnictví reagovat na tuto situaci vývojem různých léčebných postupů a intervencí, jejichž analýza je cílem této podkapitoly. Díky včasné intervenci lze zabránit rozvinutí obtíží, které by v dlouhodobějším horizontu mohly pacienty v každodenním životě omezovat. Pro podporu přirozeného procesu zotavení je často nutný individuální rehabilitační program. Rehabilitační intervence by měla být vždy přizpůsobena specifickým potřebám každého pacienta, zejména u pacientů s komorbiditami, nebo u pacientů ve vyšším věku. Pro celkové zmírnění post-covidového syndromu je zásadní, aby terapie byla komplexní, cílená a zahrnovala multioborový přístup [2; 3; 5; 10; 11].

Lze očekávat, že fyzioterapeuti se budou stále více zapojovat do péče o tyto pacienty, a to proto, aby se zlepšila funkce respirační, neuromuskulární, snížila se únava, zvýšila psychická výkonnost a obnovila se dobrá kvalita života.

Rehabilitace v rámci terapie post-covid syndromu zahrnuje převážně aktivní cvičení pro podporu rychlejší obnovy pohyblivosti a zachování kloubního rozsahu páteře a končetin a dále pro celkové posílení oslabených svalů. Důležitou součástí je také respirační fyzioterapie hlavně pro zlepšení plicních funkcí, snížení dušnosti a únavy, zmírnění hromadění plicní sekrece pomocí výdechových pomůcek a snížení psychických důsledků (stres, úzkost, deprese). Dále se fyzioterapeuti zaměřují u pacientů po prodělané infekci SARS-CoV-2 na nastavení optimální pozice hrudního koše a celé postury, zlepšení dechového stereotypu a mechaniky dýchání. Těchto cílů dosahují mimo jiné také pomocí různých konceptů a postupů – například mobilizačních technik, dynamické neuromuskulární stabilizace, propioceptivní nervosvalové facilitace či akrální koaktivační terapie. Neuropsychologická rehabilitace může být prospěšná u pacientů s kognitivními poruchami. Logopedická terapie je navrhována v případě poruch polykání nebo hlasu či po dlouhodobé intubaci. Ergoterapie je indikována u starších osob, které ztratily samostatnost a jsou omezeny při vykonávání činností ADL. Psychologická péče je nabízena pacientům s psychickými poruchami, jakými jsou úzkost, deprese, posttraumatický stres [12; 13].

V rámci analýzy současných poznatků a klinických zkušeností ohledně možností léčby post-covidového syndromu byla provedena literární rešerše z tuzemské i zahraniční odborné literatury. Literární rešerše byla provedena skrze hlavní výzkumné databáze, jako je PubMed, ScienceDirect, Web of Science a Medline s hledanými výrazy: „post-covid treatment; post-covid rehabilitation; long covid, laser therapy covid“. Dále byla provedena literární rešerše Národní lékařskou knihovnou. Vybrané studie jsou přiblíženy v následujícím textu, jejich přehledný seznam uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1 – Přehled studií literární rešerše [vlastní zdroj]

autor	typ studie	datum vydání	stát	počet probandů	terapeutická intervence
Nopp [15]	kohortová	2/2022	Rakousko	58	plicní rehabilitace
Spielmanns [16]	kohortová	3/2021	Švýcarsko	99	plicní rehabilitace
Mcnarry [17]	randomizovaná	3/2022	Velká Británie	148	plicní rehabilitace
Cahalan [18]	pilotní	3/2022	Irsko	21	plicní rehabilitace
Botek [19]	randomizovaná	2/2022	Česká republika	50	inhalace plynů
Udut [20]	kazuistika	1/2022	Rusko	1	inhalace plynů
Nambi [22]	randomizovaná	8/2021	Saudská Arábie	76	aerobní cvičení
Barbara [23]	případová	3/2022	Itálie	50	aerobní cvičení
Wagner [24]	kazuistika	1/2022	Rakousko	1	fyzikální terapie – magnetoterapie
Robbins [28]	experimentální	11/2021	Velká Británie	10	hyperbarická oxygenoterapie
Veronese [29]	randomizovaná	8/2022	USA	44	aromaterapie
Jiang [30]	kazuistika	2/2021	Čína	1	tradiční čínská medicína
Ghodge [31]	případová	10/2020	Indie	10	telerehabilitace
Li [32]	randomizovaná	6/2021	Čína	120	telerehabilitace
Maccarone [33]	rešerše	7/2021	Itálie		balneoterapie
Vetrici [39]	randomizovaná	3/2021	Kanada	10	vysokovýkonná laseroterapie (MLS)
Sigman [42]	kazuistika	8/2020	USA	1	vysokovýkonná laseroterapie (MLS)
Sigman [43]	kazuistika	9/2020	USA	1	vysokovýkonná laseroterapie (MLS)
Cibulka [44]	kazuistika	3/2021	Česká republika	1	vysokovýkonná laseroterapie (MLS)

Plicní rehabilitace

Dosavadní výzkum ukázal, že post-covidový stav by mohl být příznivě ovlivnitelný mimo jiné plicní rehabilitací, která se s dobrými výsledky využívá například u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN). Vzhledem k mnoha podobným příznakům u post-covidových pacientů a pacientů s CHOPN lze prozatím terapii založit na již existujícím algoritmu plicní rehabilitace pro chronické respirační onemocnění [3; 5; 10; 14].

Efektem plicní rehabilitace, ať již samotné, či zahrnuté v rámci multidisciplinárního přístupu terapie post-covidových pacientů, se zabývali autoři několika studií, z nichž celkem čtyři budou níže přiblíženy. Vybrané studie zkoumaly efekt terapie u rozdílného počtu probandů, přičemž nejméně jich bylo 21 [18] a nejvíce celkem 148 [17]. Délka a intenzita terapie byla opět v rámci jednotlivých studií rozdílná, od tří [16], přes šesti [15], až po nejdelší osmítýdenní [17] terapii s frekvencí tři až šestkrát týdně.

Obvykle byl v rámci studií aplikován již zmíněný multidisciplinární přístup, který zahrnoval mimo jiné aktivní cvičení (aerobní, silové, koordinační, relaxační) či respirační fyzioterapii. Metody aktivního cvičení zahrnovaly například vnitřní i venkovní chůzi, případně pohyb na běžícím páse, dále individualizovaná vytrvalostní cvičení v podobě jízdy na kole či cykloergometru. Stran samotné respirační fyzioterapie jsou ve studiích zmiňovány nácvik optimálního dechového stereotypu, inspirační tréninky, nácvik dýchání s využitím dechových trenažerů, techniky cílené na hygienu a průchodnost dýchacích cest, techniky řízeného kašle, nácvik bráničního dýchání, nácvik inhalace a další. Dále hrálo roli i dietní a psychosociální poradenství, vzdělávání pacientů ohledně dušnosti, strachu a úzkosti, paměti a koncentrace, užívané farmakoterapie, pohybu, spánku, zvládání ADL a v neposlední řadě návratu do práce [13; 15; 16; 17].

Výsledky studií přináší příznivé výsledky efektu terapie pacientů po prodělané infekci covid-19. Například rakouská studie [15] prokazuje statisticky významné zlepšení skupiny sledovaných pacientů ve smyslu zátěžové cvičební kapacity, plicních funkcí, zmírnění únavy a respiračních symptomů. V rámci této studie probíhala rehabilitace podle rakouských guidelines pro plicní ambulanci rehabilitaci. Na základě výsledků studie dochází autoři k závěru, že rehabilitace u post-covidových pacientů signifikantně zlepšuje jejich celkový stav, a zároveň zmiňují, že je k optimalizaci rehabilitační péče o tyto pacienty zapotřebí dalších studií s cílem vytvořit holistický a mnohostranný terapeutický protokol.

Ve švýcarské studii [16] bylo sledováno celkem 99 pacientů po prodělané covidové infekci, kteří absolvovali komplexní multidisciplinární rehabilitaci. Jejich výsledky byly porovnány s výsledky plicní rehabilitace u pacientů s jinými plicními chorobami za rok 2019, přičemž v tomto meziskupinovém srovnání byla terapie pacientů po covid-19 dokonce významně efektivnější. Ke zlepšení došlo v rámci fyzické výkonnosti, respiračních funkcí i subjektivního stavu.

Vybraná randomizovaná studie [17] byla zaměřena na zkoumání efektu dechových a inspiračních cvičení u pacientů s post-covidovým syndromem. Experimentální skupina absolvovala inspirační svalový trénink, kontrolní skupina obvyklou standardní péči. Výsledkem bylo významné zlepšení výsledků dotazníku kvality života a dušnosti a zmírnění hrudních symptomů u experimentální skupiny, nicméně bez významných změn v obvyklé fyzické aktivitě.

Zajímavým postřehem je zjištění, že nejen dechová terapie, ale i hlasová cvičení a samotné zpívání zmírňuje příznaky post-covidového syndromu ve smyslu zlepšení dýchání a navození celkové pohody pacienta [18].

Inhalace plynů

Další terapeutickou metodou pro zlepšení nejen plicních funkcí po prodělané infekci covid-19 je inhalační terapie. Na její efekt byla zaměřena Botekova studie [19], kde byl zjišťován vliv inhalace plynného molekulárního vodíku, u kterého byl prokázán protizánětlivý, antioxidační a protiúnavový účinek. Této randomizované studii se účastnilo padesát probandů rozdělených do dvou skupin. Pacienti inhalovali H₂ po dobu čtrnácti dnů dvakrát denně šedesát minut, kontrolní skupina inhalovala placebo. Výsledkem bylo zlepšení hodnot v 6MWT (šestimínutový chůzový test) a spirometrických ukazatelů v podobě usilovné vitální kapacity a jednovteřinového výdechového objemu, které bylo statisticky významné v porovnání s placebo inhalující skupinou. Zároveň došlo i k obecnému zlepšení fyzických funkcí. Inhalace H₂ tedy může být účinnou a bezpečnou metodou, je však třeba zmínit, že studie probíhala u pacientů v časnější fázi (21-33 dní) po proděláním infekce. Další, Udutova studie [20], se v rámci kazuistiky jednoho pacienta zabývala pozitivním vlivem inhalace směsi xenonu a kyslíku, která by měla zajistit rychlejší obnovu vrstvy surfaktantu v plicích pacienta, a tudíž časnější zlepšení plicních funkcí.

Aerobní cvičení

Pravidelná pohybová aktivita posiluje imunitní systém a schopnost těla bojovat s infekcemi, včetně infekce SARS-CoV-2, a jinými zánětlivými procesy. U aerobního cvičení probíhá metabolismus za přísunu O_2 a při takovém typu aktivity nám jde především o trénink respiračního a kardiovaskulárního systému. Při adaptaci na zátěž postupně dochází k ekonomizaci srdeční práce (snížení srdeční frekvence, lepší extrakce kyslíku z krve, zvýšení tepového objemu) a ke snížení dechové práce (nižší únava dechových svalů, snížení dechové frekvence a spotřeby energie na ventilaci). Také slouží jako prevence vzniku osteoporózy, snížení hmotnosti, a tedy prevence obezity a jiných civilizačních onemocnění (diabetes mellitus, hypertenze, ...) [21].

Na aerobní aktivitu jakožto hlavní možnost terapie u post-covidového syndromu se zaměřily dvě uváděné studie. V první z nich [22] zkoumali, jaký má vliv trénink o nízké a vysoké intenzitě v kombinaci s odporovým tréninkem u mužů s post-covidovým syndromem se symptomy sarkopenie. Šestasedmdesát mužů starších šedesáti let bylo rozděleno do dvou skupin. V jedné absolvovali cvičení o nízké intenzitě, ve druhé o vysoké. Tento třicetiminutový trénink probíhal čtyřikrát týdně po dobu osmi týdnů. Výsledky prokázaly, že aerobní trénink s nízkou intenzitou byl účinnější oproti tréninku vysokointenzivnímu. Zlepšily se klinické (svalová síla, svalová hmota) i psychologické (kineziofobie, škála kvality života) hodnoty měřené ve čtvrtém a osmém týdnu tréninku [22].

Druhé studie [23] se zúčastnilo padesát pacientů, u kterých byl též zahájen osmitýdenní cvičební program třikrát týdně třicet až devadesát minut. Intenzita cvičení byla měřená pro každého pacienta zvlášť a odvozovala se od testu VO_2 max, tedy maximálního množství kyslíku, které tělo dokáže během jedné minuty využít. Po aerobním cvičení následovalo devět odporových cviků, kdy

se každým týdnem zvyšoval počet sérií i opakování. Výsledky potvrdily zlepšení kardiorepirační i muskuloskeletální zdatnosti (spirometrie, test maximální dynamické síly a VO_2 max).

Aerobní cvičení je další z možností, jak zlepšit kvalitu života pacientů s post-covidovým syndromem. Obě studie prokázaly zlepšení v daných měřitelných hodnotách. Zajímavostí je, že pravidelný aerobní trénink pohybující se v nízké intenzitě se jevil jako účinnější než cvičení ve vysoké intenzitě [22] – to poukazuje na skutečnost, že i správně nastavená intenzita může hrát významnou roli v terapii pacienta. Obě studie se navíc shodují v tom, že fyzická stránka koreluje se zlepšením stránky psychické – nelze se tedy v terapii zaměřit jen na jednu z nich.

Fyzikální terapie

Využití různých metod fyzikální terapie k léčbě příznaků akutní fáze covidové infekce je předmětem mnohých studií. Naopak takových, které by prezentovaly aplikaci těchto metod u projevů post-covidového syndromu, je výrazně méně. Jednou z nich je Wagnerova [24] studie zabývající se účinky magnetoterapie u pětapadesátileté pacientky, u které se v rámci post-covidu rozvinul únavový syndrom. Pacientka byla léčena prostřednictvím přístroje Papimi™, který produkuje pulsní elektromagnetické pole o vysoké hustotě magnetického toku. Léčba probíhala během deseti sezení, frekvencí dvakrát týdně na třicet minut. Místa aplikace byla vybrána dle manuálu přístroje, jednalo se o oblasti břišní, hrudní kosti, dorsální plicní a pánevní oblast a také o plosky nohou. Účinky terapie byly hodnoceny na základě několika standardizovaných dotazníků vyplněných pacientkou před, ihned po a šest týdnů od ukončení léčby. Výsledky studie prezentují příznivý efekt magnetoterapie se snížením pocitu únavy a stresové zátěže. Pacientka pociťovala po desátém sezení plné zotavení, které přetrvávalo i s šestitýdenním odstupem [24].

Další užívanou modalitou z řad fyzikální léčby je laserová terapie. Vzhledem k tématu této práce bude níže laserové terapii věnována samostatná kapitola, kde bude zároveň přiblíženo několik odpovídajících studií.

Farmakoterapie

V rámci terapie post-covidového syndromu může mít své zastoupení i podávání léčiv. Jakož i přetrvávající projevy následkem prodělané infekce covidovým virem mohou být velmi různorodé, tak i farmakoterapie může být zprostředkována podáváním různých kategorií léčivých přípravků. Nejčastěji však bývá tento způsob léčby zaměřen na ovlivnění stavu cest dýchacích, ať už podáváním mukolytik, bronchodilatancí, inhalačních či systémových kortikosteroidů, případně bývá cíleno na imunomodulaci prostřednictvím již zmíněných systémových glukokortikoidů, nebo také užíváním mikronutrientů, z nichž výsadní postavení zaujímá vitamin C [25; 26].

Farmakoterapie post-covidu zůstává výhradně v režii lékařů, případně i farmaceutů, a zaměřuje se na konkrétní reziduální příznaky infekce. Jedním z nich často bývá poinfekční kašel, na který bývají mimo jiné předepisovány léky ze skupiny antitusik, která tlumí dráždění ke kašli, v případě produktivního kašle pak v kombinaci s mukolytiky. Někdy může po infekci přetrvávat takzvaná hyperreaktivita průdušek, ať už samotnou infekcí způsobená, nebo pouze infekcí indukovaná v terénu již preexistujících obtíží. Výsledný stav se poté může podobat příznakům obdobným astmatu, tudíž i farmakologická terapie je podobná, a to ve formě nejčastěji inhalačních kortikosteroidů, bronchodilatancí ze skupiny betamimetik, eventuálně v kombinaci s antihistaminiky [25]. Co se týče systémového podávání glukokortikoidů, je léčba přísně individuální. Mezi užívané látky patří například dexamethason či prednison. Přínosem léčby může být u přetrvávajících plicních změn resorpce nálezu a prevence rozvoje pneumonie či progresu intersticiálních plicních změn, nicméně léčba

glukokortikoidy může mít nespočet nežádoucích účinků, a proto by měla být patřičně monitorovaná [25; 27].

Dále mohou být užívány přípravky s obsahem vitaminů, některých stopových prvků a podobně. Kromě léčiv s obsahem například vitaminu D, E, selenu či zinku, hraje dominantní roli podávání vitaminu C, který mimo jiné snižuje únavu a vyčerpání. Jeho příznivé působení je také dáno antioxidačními a protizánětlivými účinky a podporou řady imunitních funkcí, což je v rámci post-covidu důležité vzhledem k častému stavu imunosuprese [26].

Další možnosti terapie

Další možnosti léčby post-covidového syndromu se věnovala studie od Robbinse [28], která hodnotí využití hyperbarické oxygenoterapie. Pacienti podstoupili celkem deset terapií o třech třicetiminutových expozicích v hyperbarické komoře, kde jedinec dýchal téměř 100 % kyslík s pětiminutovými pauzami na vzduchu. Výsledkem studie je statisticky významné zlepšení symptomů jako je dlouhodobá únava a kognitivní deficit (paměť, pozornost, exekutivní a verbální funkce) související s infekcí covid-19. Toto zjištění prezentuje potenciální přínos hyperbarické oxygenoterapie v rámci léčby post-covidového syndromu, a to především ve snížení dlouhodobé únavy. Nicméně je třeba dalšího výzkumu, i proto, že studie byla provedena na malém vzorku pacientů, kteří navíc nebyli pozorováni v delším časovém horizontu.

Léčbě symptomů souvisejících s proděláním infekce covid-19 se věnovali také další odborníci [29; 30]. V první zmíněné studii [29] hodnotili autoři účinek aromaterapie na chronickou únavu. Pacienti, kteří inhalovali směs esenciálních olejů po dobu dvou týdnů, měli nakonec významně nižší skóre hodnotící únavu, a to jak fyzickou, tak psychickou. V druhé studii [30] byl pozorován přínos tradiční čínské medicíny, každodenním užíváním směsi čínských bylin po dobu jednoho měsíce. Pacient s těžkým poškozením plic a srdce následkem těžké

pneumonie vyvolané infekcí covid-19 reagoval na tento způsob léčby pozitivně – saturace krve kyslíkem se zvýšila, byl schopen zvládnout větší fyzickou zátěž a udával celkové zlepšení stavu. Tradiční čínská medicína i aromaterapie mohou tedy nabídnout určitou pomoc v rámci léčby příznaků post-covidového syndromu, a své příznivce si jistě mezi pacienty najdou.

Telerehabilitace

Některé výše zmíněné možnosti rehabilitační intervence mohou probíhat formou komplexní lůžkové péče v nemocnicích či následné rehabilitace v rehabilitačních ústavech nebo lázních, formou rekondičních pobytů, ambulantní rehabilitace, nebo na dálku s využitím nových technologií distanční terapie a telerehabilitace, tedy rehabilitace v domácím prostředí. Pandemie covid-19 přispěla k rozvoji telemedicínských strategií, které se ukázaly jako klíčové pro snížení rizika infekce a reakci na potřebu péče o pacienty. V České republice k rozvoji telerehabilitace v době koronavirové krize přispěl Rehabilitační ústav Kladruby, který pro distanční post-covid rehabilitaci vyvinul vlastní internetový portál [2; 4; 5; 6; 14].

Telerehabilitace využívá informační a komunikační technologie k poskytování klinických rehabilitačních služeb na dálku. Tento způsob intervence představuje alternativu, která by mohla být proveditelná, bezpečná a přínosná u post-covidových pacientů s mírnými či středně závažnými obtížemi. Mimo jiné by díky této formě intervence mohl klesat tlak na zdravotnický systém, konkrétně na rehabilitační ambulantní péči. Dle výsledků studií se telerehabilitace jeví jako přínosná v porovnání s postupem bez rehabilitačního působení. [31; 32].

Lázeňská péče

Lázeňská péče se jeví jako přínosná v rámci terapie přetrvávajících příznaků po prodělání covidové infekce. Je uplatňováno indikace V/3 pro stavy po komplikovaném zánětu plic, mezi které patří i pneumonie způsobené virem covidu [27]. V lázeňském prostředí je využíváno jak přírodních léčivých zdrojů, tedy minerálních vod či zřídelných plynů, tak i klimatu, které působí zejména při exteriérových aktivitách. Lázeňská péče zahrnuje několik možností léčebných modalit, jedná se tedy o přístup komplexní [13].

Jak ukazují některé studie, procedury zahrnující využití termální vody mají příznivý efekt na zlepšování respiračních funkcí. Inhalace termálních vod zmírňuje tvorbu hlenu a redukuje pozánětlivé reakce plicního intersticia. Lázeňské prostředí spolu s možností multidisciplinárního přístupu může mít také příznivý vliv na redukcii chronické únavy, která rovněž bývá jedním z přetrvávajících příznaků [33].

V České republice je několik lázní, které se speciálně zaměřují na dechové potíže pacientů s příznaky post-covidu. Jedná se například o léčebné lázně Luhačovice, Teplice, Jánské Lázně a v neposlední řadě o Mariánské a Františkovy Lázně. Zde probíhá poměrně široké spektrum terapeutických procedur využívajících přírodních léčivých zdrojů, například během inhalací, obkladů či zábalů, celkových i částečných koupelí, výplachů tělních dutin, takzvaných irigací. Faktory klimatu jsou využívány především aktivním cvičením v přírodě, které se významně podílí na příznivém psychosociálním efektu lázeňských pobytů. Lázeňské pobyty pacientů s post-covidem byly v České republice podpořeny dotačním programem [13; 34].

3.3 Laseroterapie

Laserová léčba je jedním z odvětví fototerapie. Samotný název LASER je odvozen z prvních písmen anglického termínu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu můžeme chápat jako „zesílení světla pomocí stimulované emise záření“. Formou uvolňované energie takovými zařízeními je paprsek elektromagnetického záření, který má několik charakteristických vlastností, díky kterým nese vysokou energii, čehož se využívá nejen v průmyslu, ale i v rámci zdravotních oborů včetně rehabilitace. Zmíněnými vlastnostmi jsou *monochromaticnost*, tedy jedna vlnová délka paprsku, dále *polarizace*, která značí šíření a kmitání světla jednou rovinou. *Koherence* znamená, že je shodný směr kmitání i frekvence jednotlivých světelných vln, a konečně *nondivergence*, která značí minimální rozbíhání paprsků umožňující kvalitní a efektivní lokální působení [35; 36].

V rámci zdravotní péče se využití neinvazivního laseru řadí mezi poměrně mladé disciplíny. V rehabilitaci a sportovní medicíně se užívá o něco málo více než pětadvacet let a metody aplikace se díky technologickému vývoji stále modernizují, navíc spektrum indikací laseru se stále rozšiřuje. Co se týče kontraindikací, těch absolutních je obecně poměrně málo, jedná se tedy o bezpečnou léčebnou metodu. Spíše než absolutní se však na tomto místě hodí termín relativně oprávněné kontraindikace, mezi které patří užití laseru v oblastech těla, či při stavech, kdy by účinky mohly poškodit tkáň, případně zhoršit již probíhající patologické stavy. Jedná se tedy například o oblast oka a jeho optických komponent, dále o oblast krku při hypertyreóze a obecně po užití léků či kosmetiky obsahující fotosenzibilizující látky. Problematickou kategorií kontraindikací jsou maligní nádory, kdy je třeba dbát u takových pacientů velmi zvýšené opatrnosti, nicméně ani zde se nejedná o absolutní kontraindikaci, zejména v odpovídajících indikacích a ve vzdálených tělních

oblastech. Vždy je ale třeba přísně dodržovat doporučení ošetřujícího lékaře, který musí zvážit pravděpodobnost přínosu a míru rizika [35; 36; 37; 38].

3.3.1 Princip laseru

Laser pracuje na principu excitace elektronů aktivního prostředí působením zdroje, přičemž takto stimulovaně nahromaděná energie je následně vyzářena prostřednictvím emise fotonů. Součástí přístroje je i optický rezonátor, který systémem zrcadel odráží tok fotonů a zajišťuje jejich opakovaný průtok aktivním prostředím, čímž se proces vzniku fotonů exponenciálně zvyšuje. Nakonec dosáhnou fotony takové energie, která je potřebná k průchodu polopropustným zrcadlem, a vzniká energeticky vysoce koncentrované elektromagnetické vlnění ve formě laserového paprsku [35; 36].

3.3.2 Mechanismus účinku

Účinek laseru na organismus je dán přeměnou laserem dodávané světelné energie na její jiné formy tak, aby bylo dosaženo biologického efektu terapie. Vzhledem k současným poznatkům je zřejmé, že zásadní úlohu v tomto procesu mají buněčné organely zvané mitochondrie, ve kterých probíhá tvorba molekul ATP (adenosintrifosfát) v rámci děje zvaného Krebsův, neboli citrátový cyklus. Tohoto děje se účastní enzymy jako cytochromoxidáza a adenosintrifosfatáza, jejichž aktivita je prostřednictvím laseru zvyšována. Výsledkem účinku laseru je tedy fotochemická reakce probíhající uvnitř buňky, na jejímž konci je zvýšená tvorba ATP, který potencuje další metabolické děje a rychlejší tvorbu DNA, tím je urychlena i regenerace. Takto vznikající energie je tkání šířena díky buněčné signalizaci, a i laserem neozářené buňky tak vykazují obdobné reakce jako ty ozářené, jedná se o takzvaný bystander efekt. Vzhledem k tomu, že buňky jsou schopny absorbovat pouze omezené množství energie, načež dosáhnou maximálního energetického stavu, je zřejmé, že lidskou tkáň nelze laserovým

zářením předávkovat. Výše popsaným mechanismem je finálně dosahováno analgetických, protizánětlivých a stimulačních účinků, které jsou dále podpořeny například i vasodilatačním a imunomodulačním působením [35; 36; 37].

Analgetický účinek laseroterapie je zřejmě dán kombinací níže uvedených dějů. Paprsek laseru jednak ovlivňuje receptory bolesti a na základě takzvaného vrátkového systému je inhibováno vedení bolesti. Dále zvyšuje aktivitu enzymu zvaného acetylcholinesteráza, který odbourává acetylcholin na synapsích neuromuskulárních plotének, čímž je nervosvalový přenos tlumen a dochází ke snížení bolestivých svalových spasmů. Proti bolesti působí i již zmíněná vyšší koncentrace ATP, která mimo jiné udržuje klidový membránový potenciál neuronů a tím snižuje jejich vzrušivost v rámci vedení bolesti. Efektem laseru mohou být navíc tvořeny analgeticky působící endogenní opioidy [35; 36].

Protizánětlivý účinek laseru je dán podporou a aktivací imunitních procesů fagocytózy, syntézy složek komplementu a již uvedeným vlivem na mitochondrie, které jsou iniciátory signálů vedoucích například k procesu apoptózy. Působením laseru také rychleji regenerují lymfatické a krevní cévy, což vede postupně ke snížení otoku, zlepšenému prokrvování a odstranění tkáňové hypoxie s pozitivním ovlivněním příznaků zánětu ve formě otoku, zarudnutí, bolesti a zvýšené teploty tkáně [35; 36; 37].

Stimulační účinek laseru je mezi řádky již výše zmiňován, principem je na této úrovni dodávání energie z fotochemických reakcí a tím i stimulace mitochondrií, což v důsledku zlepšuje reparační mechanismy jako novotvorbu cév, kolagenu či vyzrávání epitelu. Záření stimuluje i imunologické reakce [35; 37].

3.3.3 Fyzikální parametry a rozdělení laserů

Lasery lze klasifikovat na základě několika parametrů. Jedním z nich je dělení dle výkonu laserového přístroje, a to na nízkovýkonné a vysokovýkonné. Nízkovýkonná laserová terapie, low-level laser therapy (LLLT), zpravidla nepřesahuje výkon 400mW a hustota aplikované energie se doporučuje v rozmezí 4-10 J/cm². Jak již název napovídá, vysokovýkonná laserová terapie, high-power laser therapy (HPLT), je naopak charakteristická výkonem vyšším, a to nad 1 W. Díky vysokému výkonu laserového prostředí, kterým je dioda nebo Nd:YAG, se hustota aplikované energie pohybuje ve stovkách J/cm², což je pro terapeutické účinky vysokovýkonných laserů stěžejní a přináší výhody ve smyslu snížení počtu procedur, zkrácení doby léčby a tím pádem zvýšení komfortu pacienta. Vysokých hodnot aplikované hustoty energie není třeba se obávat, protože na základě současných poznatků je známo, že světelnou energií, co se biologických účinků na organismus týče, se nedá předávkovat. Za zmínku stojí i fakt, že hustota energie bývá někdy v literatuře chybně označována jako dávka záření, která je však spjata se zářením ionizujícím. Mezi vysokovýkonné laseroterapie se řadí také vysokointenzivní laserová terapie, high-intensity laser therapy (HILT), která se vyznačuje produkcí krátkých impulzů o vysoké intenzitě aplikovaných v pulzním režimu a díky Nd:YAG laserovému zdroji může dosahovat výkonu až 3kW. Díky těmto fyzikálním vlastnostem je aplikace HILT cílená především na hlubší tkáň.

Vysokovýkonné laserové přístroje nelze na tkáň aplikovat v kontinuálním režimu, vzhledem k možnému nežádoucímu hypertermickému efektu, kdy již při výkonu 500 mW mohou pacienti vnímat nepříjemný pocit pálení. V terapii tímto typem laseru se tedy využívá pulzní aplikační režim s krátkými impulzy. Na základě klinických zkušeností je doporučen pulzní režim s frekvencí maximálně 50 Hz (některé prameny připouští 100 Hz), avšak na vyšší hodnoty již není organismus schopen adekvátně reagovat a jsou tak biologicky neúčinné.

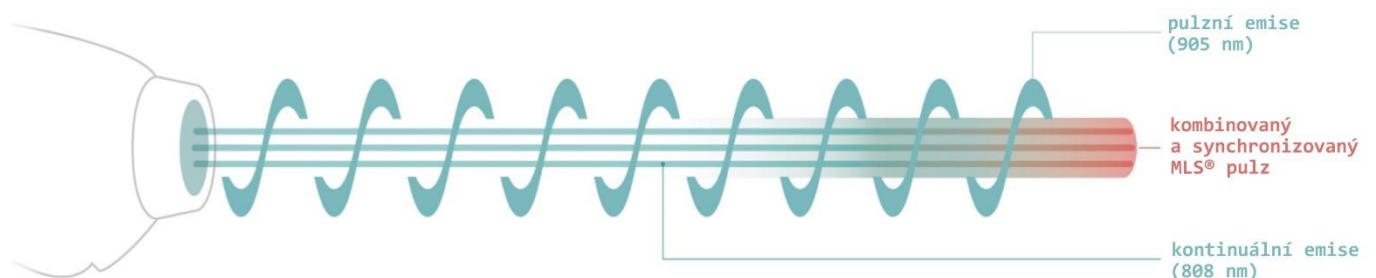
V rámci rehabilitace je vysokovýkonná laserová terapie využívána u široké škály indikací, například u vertebrogenních bolestí, artróz, onemocnění měkkých tkání či u pooperačních nebo zánětem způsobených edémů a hematomů.

Při aplikaci s vysokovýkonným laserem je důležité dodržovat bezpečnost práce. Nezbytně nutné je vždy při práci s laserem využívat ochranné brýle [35; 36].

3.3.4 MLS® laserová terapie

Laserová terapie prochází stejně jako většina dalších přístupů neustálým vývojem a zdokonalováním, aby mohla dosahovat co nejlepších a nejefektivnějších výsledků. Mezi vysokovýkonnými léčebnými lasery je nyní na vzestupu terapie prostřednictvím systému MLS (Multiwave Locked System), který zajišťuje současnou a synchronizovanou modulaci dvou paprsků laseru o rozdílné vlnové délce jako znázorňuje Obrázek 2, jejichž společné působení potencuje efekt terapie [35; 36].

Jeden z paprsků vlnové délky 808 nm je aplikován v kontinuálním režimu, druhý má vlnovou délku 905 nm a působí v režimu pulzním. Dominantně je popisován velmi časný analgetický efekt, dále efekt protizánětlivý a antiedematózní. Zároveň jsou prostřednictvím laseru tkáně i stimulovány, z čehož plynou indikace tohoto typu terapie v rámci hojení ran, proleženin, popálenin a podobně [11; 35; 39].



Obrázek 2 – Zobrazení složek MLS laseru (původní anglická verze obrázku [47])

Zdroje paprsků systému MLS se řadí do IV. třídy vysokovýkonných laserů. Často bývají užívány diody GaAs, případně diody z arsenidu galia a hliníku (GaAlAs), které vyzařují paprsky ve vlnových délkách blízkého infračerveného spektra. Výkon výše zmíněných diod může u nejnovějších přístrojů dosahovat hodnoty až 75 W, pulzní režim pracuje o frekvenci v intervalu mezi 1-2000 Hz. K nastavení aplikačních parametrů přístroje je vhodné využívat indikačních programů, které jsou doporučeny výrobcem [35; 40; 48].

Laserová MLS terapie byla vyvinuta na základě vědeckého výzkumu společnosti ASA s cílem překonání dosavadních limitů, ale zároveň zachováním bezpečnosti léčby laserem v době, kdy se laserové zdroje stávají stále výkonnější. Díky zvoleným vlnovým délkám může laserová energie pronikat hlouběji do tkání. Vzhledem k synchronizaci působení paprsků, která je zajištěna sofistikovaným elektronickým systémem řídicím zdroj laseru, je vzniklý puls schopen přenášet energii do cílových tkání účinně a rovnoměrně a zároveň zcela bezpečně, jelikož pulzním režimem je eliminován případný nadměrný termický efekt [47; 48].

Jako výhody MLS laseroterapie jsou vyzdvihovány poměrně časně nastupující a dlouhodobě působící účinky, jako je snížení až odstranění bolesti, obnovení strukturální integrity poškozené oblasti, redukce otoku, protizánětlivý účinek u sterilních zánětů a rychlá epitelizace povrchových lézí. Pro komfort pacienta je také výhodou krátká aplikační doba. Indikace MLS laseroterapie vyplývají z jejích výše uvedených účinků a je tedy uplatňována například u svalových spasmů, epikondylitid, fibromyalgií a podobně [35].

MLS laserová terapie a onemocnění covid-19

V současné době stále probíhá velké množství klinických studií, jejichž cílem je najít úspěšnou terapeutickou intervenci pro boj s koronavirovým onemocněním, potažmo s post-covidovým stavem. Vzhledem k prokázaným

účinkům laserové terapie na plicní tkáň, jimž bylo věnováno několik studií, se ukazuje, že laseroterapie by mohla být užitečnou a bezpečnou metodou k terapii plicních onemocnění, jako je zápal plic, astma, chronická bronchitida, chronická obstrukční plicní nemoc a v neposlední řadě také onemocnění covid-19. Mezi její hlavní účinky na plicní tkáň lze zařadit potlačení zánětlivých reakcí ve snaze minimalizovat cytokinovou bouři, snížení plicního edému, podpoření regenerace poškozené plicní tkáně a lepší okysličení všech souvisejících orgánů [11; 41].

V rámci výzkumu se odborníci zaměřili také konkrétně na efekt MLS laserové terapie v souvislosti s infekcí SARS-CoV-2. Pro pochopení mechanismu účinku této laseroterapie byly ve spolupráci s italským výzkumným centrem ASA campus a Florentské univerzity provedeny vědecké studie, které zkoumaly efekt terapie nejprve pouze na buňkách. Výsledky studií ukazují, že MLS záření působí výrazně protizánětlivým účinkem, protože vyvolává zvýšení hladiny protizánětlivého proteinu NLRP 10, který snižuje produkci prozánětlivých cytokinů, především interleukinu 6. Další studie zmiňují efekt této intervence ve snížení buněčných infiltrátů či snížení edému, a naznačují, že MLS laseroterapie může v časných fázích léčby syndromu akutní dechové tísně pozorovaných u pacientů s kovidovou infekcí zlepšit hojení a snížit potřebu ventilační podpory či pobytu na jednotce intenzivní péče. MLS laserová terapie se tedy zdá být bezpečnou a účinnou potenciální léčbou covid-19 [11].

Na základě nejen těchto poznatků aplikoval doktor Scott Sigman MLS laserovou terapii na pacientech s onemocněním covid-19 za účelem snížit zánět a podpořit regeneraci plicní tkáně. Jednalo se tak o úplně první zkušenost s aplikací MLS u pacientů s koronavirovým onemocněním. Doktor Sigman zpracoval kazuistiku případu morbidně obézního sedmapadesátiletého pacienta s těžkým průběhem covidu. Tento pacient absolvoval celkem čtyři laserové intervence frekvencí jedenkrát denně, přičemž výsledkem bylo výrazné zlepšení

stavu pacienta podpořené mimo jiné zlepšenými hodnotami respiračního indexu, snížením potřeby kyslíku cestou oxygenoterapie a vylepšením plicního RTG nálezu, bez nutnosti připojení pacienta na plicní ventilátor. Tato kazuistika tedy přednesla nadějně výsledky a autorem byla zmíněna nutnost dalších kontrolovaných využití laserové terapie v obdobných případech [11; 42].

Jeden takový přinesla kazuistika obézní ženy, rovněž s vážným průběhem covidové pneumonie, kdy došlo následkem MLS terapie opět k výraznému zlepšení stavu. Tato studie, jejímž autorem je znovu doktor Sigman, se ve svém obsahu opírá i o data z metaanalýz, která potvrzují protizánětlivé účinky laseru, a o výsledky experimentálních studií ukazujících příznivý efekt PBMT na zanícenou tkáň plic a dýchacích cest na zvířecích modelech [43].

Úspěšné zkušenosti doktora Sigmana s použitím laserové terapie MLS k léčbě pneumonie způsobené infekcí SARS-CoV-2 se staly základním počátečním impulzem k rozšíření tohoto typu intervence.

Do výzkumu zabývajícího se efektem MLS laserové terapie u pacientů s covidovým onemocněním se posléze zapojili další odborníci z celého světa. Mezi ně se řadí i pro nás významný MUDr. Lukáš Cibulka, primář rehabilitačního oddělení oblastní nemocnice Kolín, který jako první v České republice na základě zkušeností doktora Sigmana také zahájil léčbu MLS laserem u pacientů hospitalizovaných na covidovém oddělení kolínské nemocnice. Následně ve své publikaci potvrdil přínos MLS terapie v léčbě covidové pneumonie. V roce 2021 MUDr. Cibulka zveřejnil kazuistiku, ve které popisuje onu léčbu vysokovýkonným laserem u sedmdesátiletého muže s těžkou covidovou pneumonií. Při aplikaci pacient setrval v pronační poloze s rukama pod hlavou pro lepší pronikání laserového paprsku díky zvýšené protrakci lopatek. Pacient byl ozařován denně po dobu pěti dní, kdy každá plíce byla skenována od vrcholu k bázi po dobu čtrnácti minut a čtyřiceti sekund ve vzdálenosti dvacet centimetrů nad kůží. Celková hustota energie ošetření činila $7,1 \text{ J/cm}^2$ s energií

o 3550 J. Aplikační přístroj byl nastaven s frekvencí 1500 Hz, pracovním cyklem 50 %, 100 % intenzitou a průměrem výkonu 2 W. Před ošetřením byla pacientovi naměřena saturace krve kyslíkem 90 % a hladina ferritinu, reaktantu akutní fáze zánětu, která se vyšplhala až na 1500 ng/ml. Po jedné aplikaci laserem se saturace již zvýšila na 95 %, a na konci dosáhla hodnot až 98 %. Výsledky po aplikaci MLS laseroterapie ukázaly také významné snížení hladiny ferritinu, viditelné snížení zánětu na rentgenovém snímku a došlo k celkovému zlepšení zdravotního stavu pacienta s regresí symptomů [11; 44].

Velmi zajímavá je i studie zabývající se laserovou terapií prostřednictvím MLS u více pacientů s akutní covidovou pneumonií, kdy byly výsledky porovnávány s kontrolní skupinou, která byla léčena bez využití laseru. V kontrolní skupině pacientů byla zaznamenána 60% nutnost hospitalizace na jednotce intenzivní péče za účelem dechové podpory formou mechanické plicní ventilace a také 40% úmrtnost, 40 % pacientů mělo po pěti měsících přetrvávající dlouhodobé následky. Oproti tomu u pacientů, kteří absolvovali jako doplněk terapie i laserovou, nevznikla nutnost umělé plicní ventilace, po pěti měsících nebyly zaznamenány dlouhodobé následky a mortalita v této skupině byla nulová [39]. Příznivé účinky laseru u covidových pacientů, snížení potřeby ventilátorů, urychlení doby zotavení a podobně, prezentuje i další studie, která ve shodě s výše zmíněnými uvádí pozitivní vliv laseru na snížení zánětu, což je využitelné nejen u covidové infekce a syndromu akutní dechové tísně (ARDS), ale i u dalších plicních onemocnění jako například u CHOPN či astmatu [38].

Vzhledem k pozitivním zkušenostem několika autorů s efektem MLS laserové terapie u pacientů v akutní fázi infekce covid-19 nastala otázka, zda může mít MLS terapie příznivé účinky i u pacientů v chronické fázi, tedy s post-covidovým syndromem. Tuto myšlenku na jaře 2021 začal rozvíjet tým odborníků z Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v čele s prof. MUDr. Leošem Navrátilem, CSC. MBA, dr. h. c. V té době byli minimálně v Praze a jejím okolí jediní, kteří se

laserovou léčbou post-covidu zabývali. Terapie byla cílena na covidem způsobené a přetrvávající plicní změny, na aplikaci laseru navazovala ještě respirační fyzioterapie a manuální techniky. Léčba brzy začala dosahovat příznivých výsledků ve smyslu subjektivní úlevy pacientů, zlepšení jejich spirometrických parametrů, a dokonce i patrného vylepšení nálezů na RTG snímcích plic. V současné době se počet pracovišť, kde aplikují MLS laser v léčbě post-covidu, postupně zvyšuje. Tato pracoviště jsou označena logem viz Obrázek 3 a patří mezi ně například Oblastní nemocnice Kolín, Kladno, Trutnov, Nemocnice Slaný či Šumperk, Rehabilitační ústav Hostinné nebo Františkovy Lázně. Podobný trend můžeme pozorovat i celosvětově. [45; 46].



Obrázek 3 – Logo označující pracoviště v ČR poskytující MLS laseroterapii na post-covidový syndrom [48]

4 METODIKA

4.1 Sběr dat

Potřebná data pro praktickou část mé diplomové práce byla získána z oddělení Rehabilitační kliniky Therap Tilia Olšiny v Praze a z Léčebných lázní Luhačovice – Sanatorium MIRAMARE. Tato data obsahovala mimo jiné informace o výsledcích efektu aplikované terapie potřebné ke statistickému vyhodnocení a ověření předem stanovených hypotéz za účelem splnění cílů práce. Tento soubor dat a další potřebné informace o průběhu výzkumu byly získány ze zdravotnické dokumentace, případné další upřesňující informace byly získány od vedoucích lékařů či pana Ing. Aleše Příhody, jenž post-covidovou léčbu na těchto pracovištích zaštiťoval. Celkem byla shromážděna data o 110 pacientech s post-covidovým syndromem s přetrvávajícími respiračními obtížemi, která byla naměřena v období od března roku 2021 do července roku 2022.

4.2 Charakteristika sledovaného souboru

Z již zmíněného počtu 110 pacientů byla pro účely hodnocení efektu MLS laseru nakonec zahrnuta data pouze 74 pacientů. Vyřazeno tedy bylo celkem 36 pacientů, u nichž uvedené informace buď nebyly kompletní, většinou z důvodu reinfekce, nebo pacienti nesplňovali podmínky stanovené doby od prodělání onemocnění covid-19. Získaný soubor dat o probandech obsahoval naměřené spirometrické hodnoty, jejich věk, pohlaví, dobu od prodělání akutní infekce covid-19, závažnost průběhu, symptomy a subjektivní hodnocení stavu před léčbou i po ní. Výše uvedená data byla pro účely této práce dále zpracována. Soubor pacientů podstupující výzkum je konkrétně tvořen 43 ženami a 31 muži ve věku od 20 až do 83 let s respiračními obtížemi souvisejícími s proděláním infekce covid-19.

Kritériem zařazení pacientů do výzkumu byla především lékařem stanovená diagnóza post-covidového syndromu, určená jednak na základě laboratorně potvrzené infekce covid-19 v anamnéze jedince, a také dle přetrvávajících příznaků. Dále se pacienti museli nacházet v období minimálně tři měsíce od proděláné infekce covid-19 a vykazovat respirační insuficienci či jiné obtíže, jež s prodělanou infekcí mají souvislost. Neméně důležitým kritériem byla absence patologických stavů, jež spadají mezi kontraindikace MLS laseroterapie. Všichni pacienti byli před samotným zahájením léčby seznámeni a poučeni o průběhu terapie a sběru dat pro výzkumnou činnost. Svůj souhlas pacienti vyjádřili prostřednictvím podpisu informovaného souhlasu.

Vstupní vyšetření, které podstoupili všichni pacienti před začátkem první terapie, zahrnovalo mimo anamnestická data i spirometrické měření. Poté pacienti absolvovali každodenní MLS laserovou terapii v pěti po sobě jdoucích dnech, následovanou pěti návštěvami terapeuta, zaměřenými na aplikaci technik respirační fyzioterapie a korekci postury. Terapie na obou pracovištích probíhala s identicky nastavenými parametry MLS laseroterapie, které budou dále blíže specifikovány. Spirometrické vyšetření se provádělo také bezprostředně po páté aplikaci laseroterapie a následně po ukončení celé léčby, tedy po pěti individuálních kinezioterapiích. Naměřené respirační parametry, konkrétně hodnoty FVC, tedy usilovné vitální kapacity (z anglického názvu forced vital capacity), sloužily k objektivnímu zhodnocení efektu dané terapie. Na závěr byli také pacienti tázáni na jejich subjektivní zhodnocení efektu léčby. Do statistického zhodnocení efektu respirační fyzioterapie, která následovala po aplikaci MLS laseru, byla zahrnuta data pouze 58 pacientů. Zbýlých 21 pacientů z různých důvodů navazující respirační fyzioterapii nedokončilo.

4.3 Vyšetřovací metody

Pro posouzení efektu léčby bylo použito primárně spirometrické vyšetření, kterým byly získány stěžejní vstupní a výstupní parametry. V rámci interpretace výsledků aplikované terapie bylo záměrem posoudit také subjektivní vjem pacientů, kteří tedy hodnotili svůj zdravotní stav po ošetření MLS laserem pomocí pětistupňové škály, a to jako výrazně nebo částečně zlepšený, beze změny, zhoršený, případně výrazně zhoršený. Výsledky subjektivního hodnocení budou dále zobrazeny pomocí grafu, spirometrické hodnoty vyšetření budou zhodnoceny statisticky.

4.3.1 Spirometrie

Spirometrie patří mezi základní vyšetřovací metody ke zhodnocení respiračního systému člověka. Jde o jednoduché a neinvazivní funkční vyšetření plic, které se využívá u pacientů s respiračními příznaky (dušnost, dlouhotrvající kašel), či při nejasném nálezů na rentgenovém snímku plic. Zároveň může sloužit k diagnostice typu plicní choroby (obstrukční či restriktivní), také k posouzení efektu léčby, případně v rámci klinického výzkumu, třeba u testů farmakodynamiky léčiv. Z pohledu pneumologů je nezbytným vyšetřením při hodnocení post-covidového plicního deficitu [49; 50].

Ke spirometrickému vyšetření se využívá přístroj zvaný spirometr. Ten měří průtok vzduchu prostřednictvím takzvaných pneumotachografů. Vzhledem k tomu, že v kontaktu se zařízením bývá přímo pacienty vydechovaný vzduch, musí často a náležitě probíhat desinfekce, kalibrace a kontrola přístrojů. Pro naměření potřebných hodnot v rámci výzkumu byl konkrétně využit spirometr Spirobank II Advanced od společnosti Medical International Research, který zobrazuje Obrázek 4. Jedná se o přenosný spirometr malých rozměrů s podsvíceným displejem s vysokým rozlišením, který je vhodný pro screeningové a klinické měření. Hmotnost přístroje je pouze 140 gramů. Přístroj

umožňuje měřit a vyhodnocovat až čtyřicet respiračních parametrů. Měření lze pozorovat v reálném čase na obrazovce počítače, s kterým je přístroj spárován přes Bluetooth či USB kabel. K jednoduchému zobrazení databáze pacientů a vyhodnocení jejich naměřených hodnot slouží software WinspiroPRO. Pro rychlou interpretaci výsledků spirometrie je využíván barevný informační semafor (zelená, oranžová, červená). Přístroj disponuje poměrně velkou interní pamětí, dokáže uložit až 10 000 měření. Kromě spirometrie lze díky prstové sondě, která je součástí přístroje, měřit také oxymetrii. V rámci této práce byla z již zmíněného softwaru WinspiroPRO naměřená data pro jejich snadnější zpracování exportována do programu Microsoft Excel [51].



Obrázek 4 – Přístroj Spirobank II Advanced [51]

Samotné měření probíhá vsedě po alespoň patnácti minutách setrvání v klidu. Pacient dle instrukcí dýchá skrze speciální jednorázový náustek do spirometru, jenž snímá a zobrazuje hodnoty plicních objemů, průtoků a kapacit. Měřené veličiny lze rozdělit na statické a dynamické. Statickými jsou například dechový objem či vitální plicní kapacita. U těchto parametrů nehraje roli čas, síla ani rychlost průtoku vzduchu, na rozdíl od parametrů dynamických, kdy jsou průtok a objem zaznamenávány během usilovného dýchání ve vztahu k času. Dynamické hodnoty jsou například usilovná vitální kapacita (FVC), objem

vzduchu vydechnutý s maximálním úsilím během první sekundy po maximálním nádechu (FEV1), vrcholový výdechový průtok (PEF) a další.

Za nejdůležitější parametr k rozlišení obstrukčního nebo restriktivního postižení plic je považována usilovná vitální kapacita, tedy FVC. V literatuře je tato hodnota definována jako objem vzduchu, který lze maximálním úsilím pacienta prudce vydechnout po předchozím maximálním nádechu. Primárně se uvádí v litrech, procentuální vyjádření této hodnoty značí, jak je na tom pacient v porovnání s predikovanou hodnotou, kterou by jedinec daného pohlaví, věku a výšky měl disponovat. Tuto hodnotu lze vypočítat na základě uvedených vzorců:

- ženy: $[21,7 - (0,101 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)} / 1000 = \text{norma jedince v l}$;
- muži: $[27,63 - (0,112 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)} / 1000 = \text{norma jedince v l}$.

Přístrojem naměřené hodnoty jsou tedy následně porovnávány s předpokládanými normálními parametry daného pacienta, které jsou vypočteny na základě vzorců sestavených Evropskou respirační společností. Ta zároveň prezentuje a neustále aktualizuje referenční hodnoty potřebné ke správné interpretaci spirometrických výsledků. Do zmíněných vzorců se, jak je již výše uvedeno, dosazují antropologické hodnoty konkrétních pacientů, proto jsou výsledky individuální.

Vybraným hodnoceným parametrem v rámci této práce je procentuální vyjádření FVC hodnoty, jež uvádí poměr mezi predikcí pacientových hodnot se skutečným naměřeným výsledkem.

4.4 Terapeutické metody

4.4.1 MLS® laseroterapie

Pacientům byla vysokovýkonná laserová terapie aplikována přístrojem MLS (Multiwave Locked system), od firmy ASA Laser, která na základě dlouholetých

výzkumů tuto modulaci vyvinula a má ji tedy patentovanou. Jak již bylo zmíněno v podkapitole 3.3.4, impuls MLS je založen na kombinaci paprsků o dvou vlnových délkách s různým způsobem aplikačního režimu, jejichž přesná synchronizace, specifická právě pro laserovou terapii MLS, výrazně posiluje účinky jednotlivých vlnových délek. I přes kumulativní efekt terapie a množství aplikované energie je zachována bezpečnost pro tkáň [47].

4.4.2 Přístroj a parametry aplikace

MLS přístroj využívaný k terapii je z řady Mphi a byl navržen tak, aby přenesl kvalitní energii MLS pulzu na každou oblast těla a ozářil i rozsáhlejší cílové zóny, tedy větší množství tkáň, avšak stále s vynikajícím léčebným výsledkem. Zařízení Mphi 5 viz Obrázek 5 se skládá z hlavní jednotky Mphi, která je vybavena inovativním podsvíceným dotykovým displejem jednoduše a intuitivně ovladatelným, navíc je pro svůj ergonomický tvar a nízkou hmotnost a rozměry snadno přenosná. Součástí přístroje Mphi 5 jsou také dva typy aplikátorů, ruční s jedním MLS zdrojem a vícediodový aplikátor Charlie se třemi MLS zdroji a fixním ukazovátkem. Díky tomu lze u přístroje využívat simultánní duální ošetření, protože u autonomně pracujícího vícediodového aplikátoru je odstraněna nutnost aktivního zásahu obsluhy. Mphi 5 je vybaven také ergonomickým vozíkem s kolečky pro snadné přemísťování nejen v ordinaci. Navíc disponuje držáky na aplikátory a úložným prostorem pro další příslušenství. Velikost přístroje včetně vozíku je 63 x 54 x 85 cm a hmotnost činí 25 kg. MLS přístroj je vybaven také bezpečnostními prvky, jakými jsou zvukové a optické signalizace, heslo pro ovládání zařízení a další [47; 48].

Terapie prostřednictvím MLS laseru byla pacientům aplikována s následujícími nastavenými parametry – frekvence 1500 Hz, pracovní cyklus 50 %, intenzita 100 % a průměrný výkon 2 W. Paprsek laseru byl aplikován na zadní část hrudníku, kde celková ozařovaná plocha na každé plicní pole činila

200-250 cm². Aplikátor byl na základě specifikací výrobce umístěn ve vzdálenosti přibližně 21 cm od kůže. Každá plíce byla skenována okolo 14 minut, celková aplikace tedy trvala necelých 30 minut. Hustota energie ošetření činila 7,2 J/cm² s celkovou energií 3550 J. Pacienti během laseroterapie seděli, nebo leželi na břiše (pronační poloha), a to vždy dle zdravotního stavu či osobních preferencí daného jedince. Každý pacient byl před aplikací MLS laseru poučen o dodržování bezpečnostních zásad a nutnosti mít nasazené ochranné brýle po celou dobu terapie.



Obrázek 5 – Vysokovýkonný MLS laser Mphi 5 [5]

4.4.3 Respirační fyzioterapie

Respirační fyzioterapie (RFT) je soubor technik zaměřených zejména na dýchání pacienta, které je však těsně provázáno s pohybovým systémem. Porucha dechového stereotypu totiž může vést až ke vzniku svalových dysbalancí, nedostatečné respirační i posturální funkci bránice, či se tzv. řetězit do celého pohybového systému a následně způsobovat lokální bolest. Avšak je tomu stejně tak i obráceně, kdy posturální porucha může ovlivňovat dechové funkce. Indikací pro RFT jsou v první řadě respirační onemocnění, například astma bronchiale, chronická obstrukční plicní nemoc, cystická fibróza či pneumonie, včetně té covidové. Důležitou roli hraje respirační fyzioterapie také v rámci komplexního přístupu u pacientů s různými dechovými obtížemi, narušenou mechanikou dýchání, záněty horních a dolních dýchacích cest, posturálními poruchami, dysfunkcí autonomního systému, nebo v rámci pooperační péče především u operací v oblasti hrudního koše a břišní dutiny. K ovlivnění zmíněných patologických stavů se využívají konkrétní techniky respirační fyzioterapie, mezi které patří například myofasciální techniky a techniky měkkých tkání, míčková či neurofyziologická facilitace dýchání, manipulace a mobilizace, drenážní techniky, nácvik dechové vlny, využití dechových trenažerů, dechové relaxační techniky, nácvik inhalace a další. Tyto metody RFT byly v rámci výzkumu zaměřené především na zmírnění dechových obtíží, nejčastěji dušnosti a kašle, optimalizaci dechového stereotypu, a to ve statické i dynamické zátěži, společně se zlepšením mobility hrudníku, dále na korekci držení těla, hygienu a průchodnost dýchacích cest a zvýšení fyzické zdatnosti, vždy individuálně dle stavu a potíží pacienta [14; 52; 53].

4.5 Statistické metody vyhodnocení dat

Pro zhodnocení získaných dat byly použity statistické metody. Pomocí deskriptivní statistiky byly popsány základní vlastnosti charakteristické pro sledovaný výzkumný soubor. K posouzení efektu terapie a ověření předem stanovených hypotéz byla využita testová statistika, která byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel. Hladina významnosti byla stanovena na 5 %. Pro použití parametrických testů musí být splněn předpoklad normality dat zkoumaných hodnot, a proto byla nejprve všechna data testována pomocí Shapiro-Wilkova testu, pro zjištění, zda soubor dat má, či nemá normální rozdělení. Na základě výsledku zmíněného testu normality a splnění dalších podmínek byly dále vybírány konkrétní statistické testy. V případě absence normality dat byl u jedné hypotézy využit znaménkový test, který je v podstatě zjednodušeným Wilcoxonovým testem, patřícím mezi neparametrické testy. Jde o více méně orientační test, v němž se neužívají žádné naměřené hodnoty, pouze se určuje, který ze dvou zásahů více zapůsobil. U dalších dvou hypotéz byl vzhledem ke splnění podmínky normality dat a závislosti dvou zkoumaných výběrů použit parametrický dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. Avšak v případě nezávislosti testovaných výběrů u další z hypotéz bylo nutno prvně využít test pro zjištění shodnosti odhadovaných rozptylů hodnot těchto výběrů, konkrétně dvouvýběrový F-test pro rozptyl. Na základě jeho výsledku byly k ověření hypotézy zvoleny parametrické dvouvýběrové t-testy s rovností či nerovností rozptylů. [54].

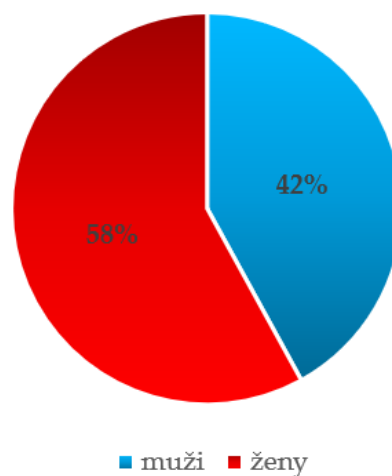
5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou vyhodnocena získaná data. Jako hlavní testová baterie pro objektivní posouzení zvoleného cíle práce, tedy efektu MLS laserové terapie u pacientů s post-covidovým syndromem, bylo zvoleno spirometrické vyšetření, jehož výsledky jsou v této kapitole vyhodnoceny pomocí testové statistiky. Výsledky subjektivního zhodnocení zdravotního stavu pacientů před a následně po ukončení léčby jsou níže zpracovány pomocí grafu, doplněné komentářem.

Pro větší přehlednost a snazší orientaci v uváděných výsledcích je dále prostřednictvím výsečových grafů demograficky přiblížen zkoumaný soubor pacientů. Cestou sloupcových grafů jsou pak znázorněny průměrné hodnoty spirometrického parametru FVC, porovnávané v různých fázích léčby, a to vždy s ohledem na okolnosti se vztahem k ověřovaným hypotézám.

Součástí výzkumu se stalo celkem čtyřasedmdesát pacientů ve složení třiačtyřiceti žen a jedenatřiceti mužů, z nichž všichni měli diagnostikován post-covidový syndrom a potýkali se s určitým stupněm respiračních obtíží. Procentuální poměr genderového rozložení je znázorněn grafem viz Obrázek 6.

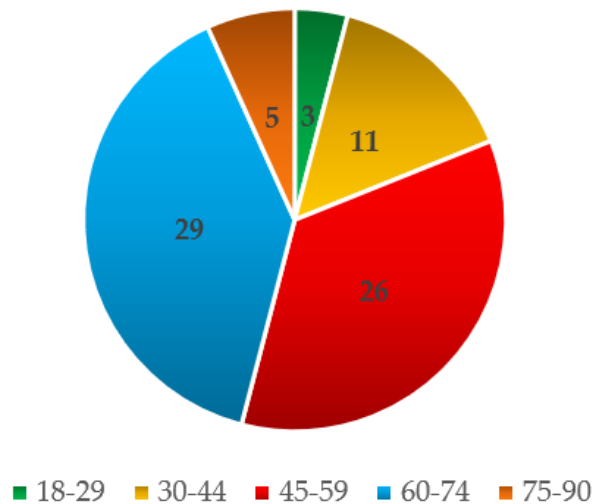
Procentuální zastoupení pacientů v závislosti na pohlaví



Obrázek 6 – Výsečový graf genderového rozložení pacientů [vlastní zdroj]

Průměrný věk probandů činil 59,2 let, přičemž nejmladšímu bylo 20 let, nejstaršímu pak 83 let. Početní zastoupení pacientů v jednotlivých věkových skupinách je vyjádřeno grafem viz Obrázek 7. Uváděné věkové skupiny jsou stanoveny na základě dělení ontogenetické fáze dospělosti dle WHO. Z grafu je patrné, že nejpočetněji zastoupenou skupinou byla devětadvacetičlenná skupina pacientů od šedesáti do pětasedmdesáti let věku, pouze o tři pacienty méně bylo ve skupině od pětáctyřiceti do šedesáti let. Obě tyto skupiny tedy dohromady zahrnovaly více než dvě třetiny všech pacientů.

Početní zastoupení pacientů v jednotlivých věkových skupinách

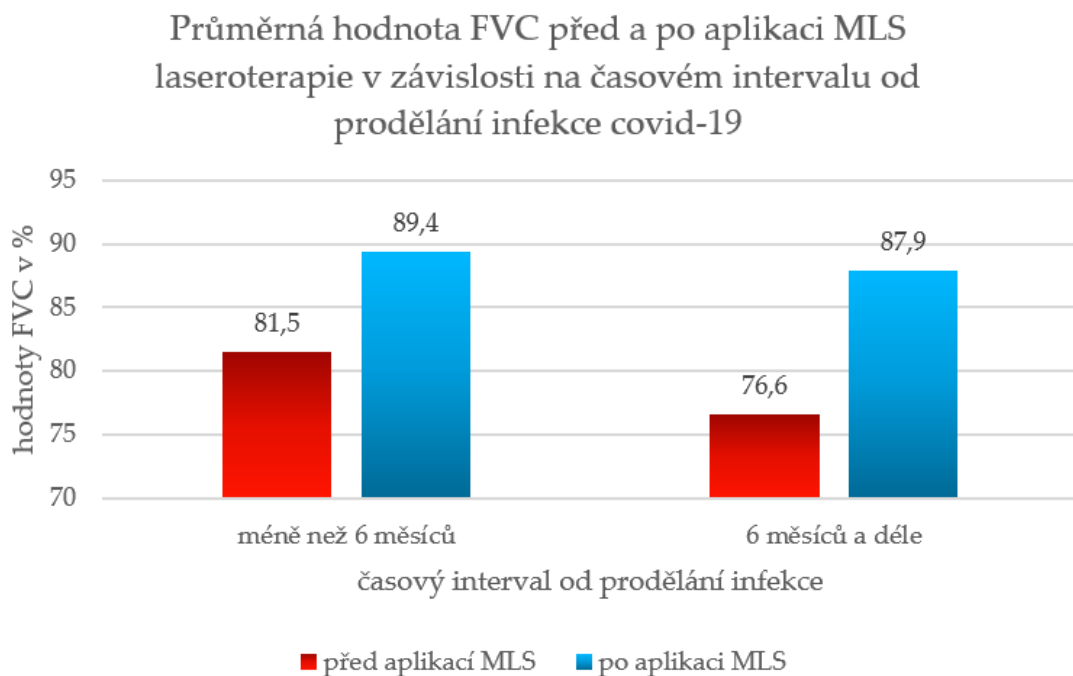


Obrázek 7 – Výšečový graf vyjadřující početní zastoupení pacientů dle věkových skupin [vlastní zdroj]

5.1 Grafická prezentace výsledků efektu aplikované léčby

Průměrně se pacienti nacházeli v období přibližně půl roku od prodělání infekce SARS-CoV-2. Nejkratší interval od akutní fáze nemoci byl ve zkoumaném souboru pacientů shodný s časovým kritériem pro post-covidový syndrom, tedy dvanáct týdnů. Nejdelší doba od prodělání činila dvacet měsíců. Ve vztahu ke druhé hypotéze byla stanovena hranice právě šesti měsíců od prodělání akutního

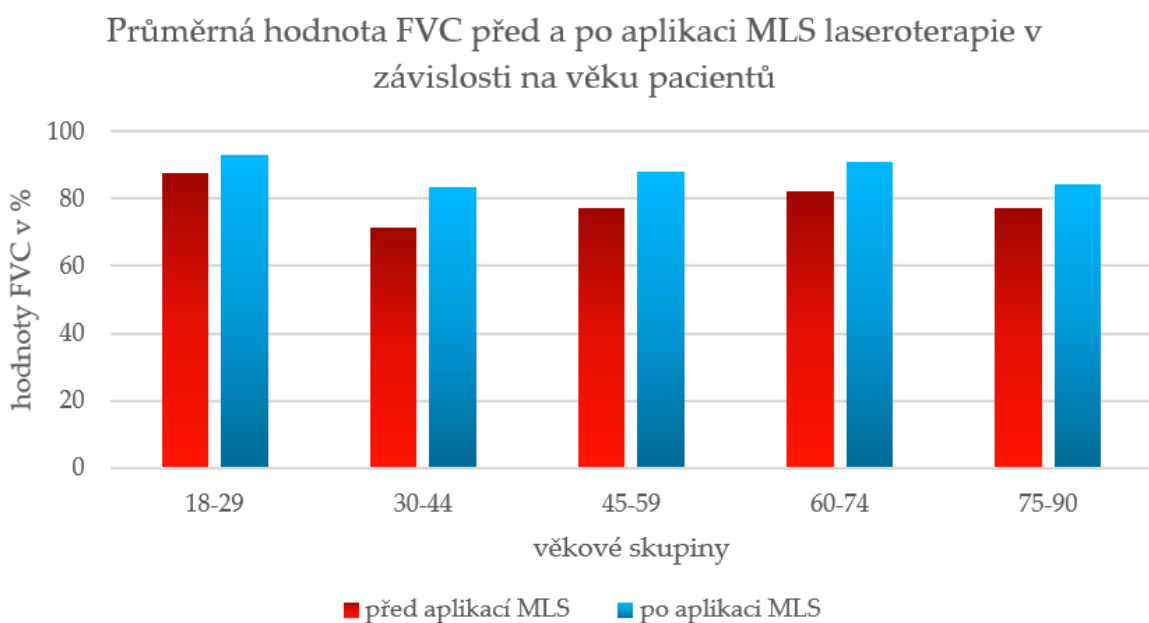
stádia infekce, pacientů s kratší dobou bylo v testovaném souboru třiatřicet, s delší celkem čtyřicet jedna. Graf viz Obrázek 8 znázorňuje skutečnost, že průměrné zlepšení ve spirometrickém parametru FVC bylo po aplikaci MLS laseroterapie výraznější u skupiny pacientů s delším časovým intervalem od prodělání covidové infekce. Hodnota usilovné vitální kapacity FVC se u nich tedy průměrně zlepšila o 11,3 %, u skupiny s kratším odstupem bylo průměrné zlepšení o 7,9 %. Tento fakt včetně níže uvedených výsledků statistického vyhodnocení druhé testované hypotézy bude dále rozebrán v diskuzi této práce.



Obrázek 8 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC před a po laseroterapii dle časového intervalu od prodělání infekce [vlastní zdroj]

Jednou z ověřovaných skutečností byl i případný rozdíl v efektu aplikované MLS laseroterapie v závislosti na věku pacientů. Ve vztahu ke třetí stanovené hypotéze tedy byli pacienti rozděleni podle věku na dvě skupiny, a to do šedesáti let věku (včetně) a nad tuto věkovou hranici, která byla zvolena podle obecně uváděné hranice mezi dospělostí a stářím. Mladších pacientů bylo v testovaném souboru jednačtyřicet, starších šedesáti let potom třiatřicet. Přestože byl v rámci

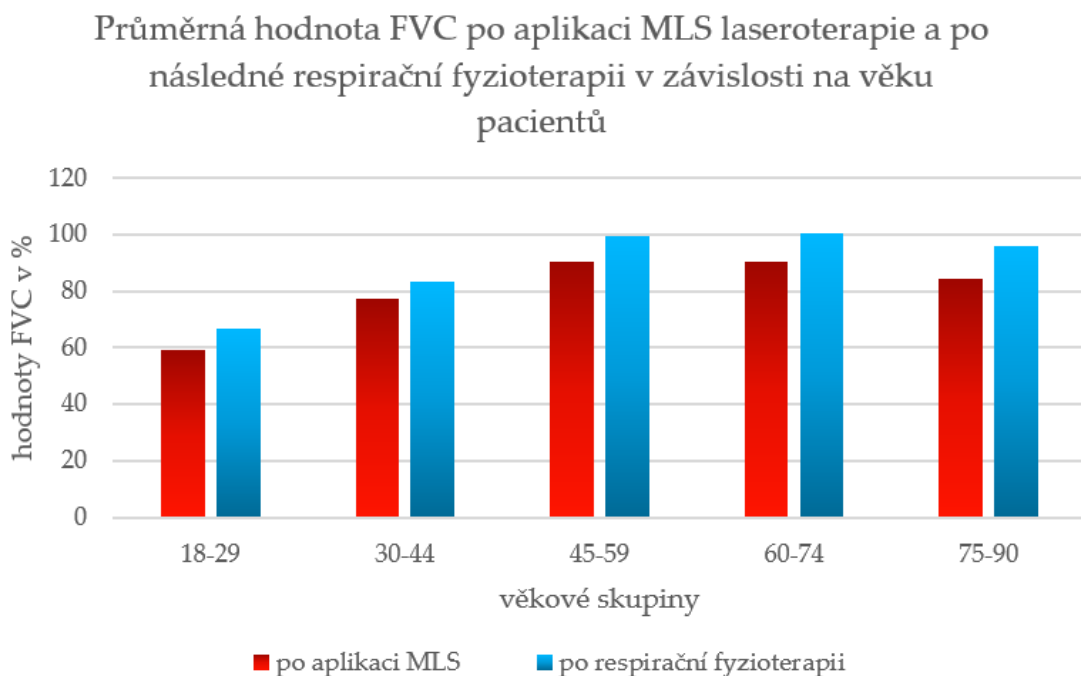
ověřování třetí hypotézy soubor pacientů rozdělen na dvě skupiny, pro zajímavost jsou uvedeny výsledky průměrného zlepšení FVC před a po aplikaci MLS laseroterapie v grafu viz Obrázek 9 celkem u pěti věkových skupin tak, jak jsou zároveň skupiny rozděleny v grafu výše viz Obrázek 7. Z grafu viz Obrázek 9 je dobře patrné, že ke zlepšení sledovaného parametru FVC došlo u všech těchto věkových skupin. Otázce, zda bylo toto zlepšení významnější u mladších pacientů, se níže věnuje statistické testování třetí hypotézy.



Obrázek 9 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC před a po laseroterapii dle věku pacientů [vlastní zdroj]

Zhodnocení efektu navazující respirační fyzioterapie po aplikaci MLS laseroterapie na další potencionální zlepšení spirometrického parametru FVC bylo základním předpokladem ke stanovení čtvrté hypotézy. Jak je již výše uvedeno v kapitole metodiky, respirační fyzioterapie a následného spirometrického měření se z různých důvodů zúčastnilo padesát osm pacientů, testovaný soubor pacientů byl tedy v rámci ověřování čtvrté hypotézy početně o šestnáct nižší. Z tohoto důvodu se může na první pohled zdát, že data uváděná

v grafu viz Obrázek 10 přímo nekorelují s daty ve výše uvedených grafech, nicméně tato skutečnost je dána právě absencí hodnot šestnácti pacientů, kteří respirační fyzioterapii nepodstoupili. V grafu viz Obrázek 10 jsou opět průměrné hodnoty FVC před a po respirační fyzioterapii uvedeny ve vztahu k jednotlivým věkovým skupinám a jak z grafu vyplývá, u všech těchto skupin došlo ke zlepšení dosažených výsledků. Statistickému vyhodnocení efektu navazující respirační fyzioterapie se v následující podkapitole věnuje ověřování čtvrté stanovené hypotézy.

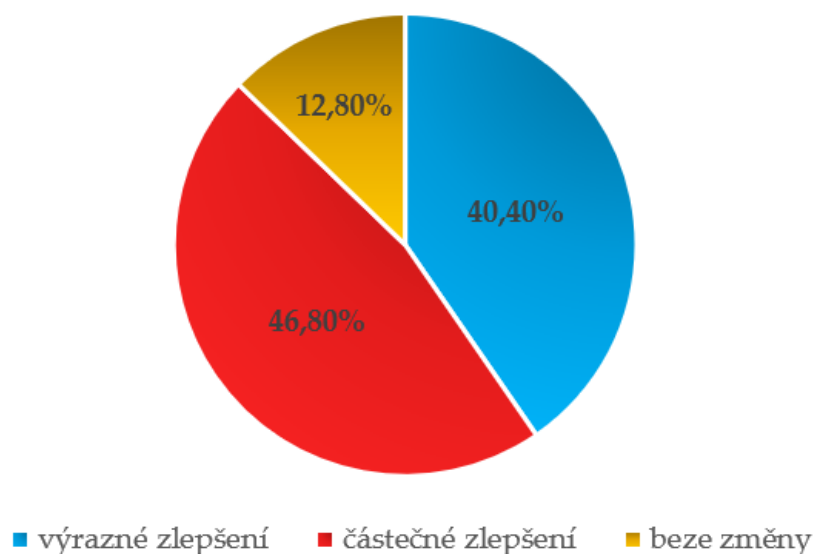


Obrázek 10 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC po laseroterapii a kinezioterapii dle věku pacientů [vlastní zdroj]

Je všeobecně známo, že ne vždy musí objektivní data přesně odpovídat i subjektivnímu vnímání zdravotního stavu pacienty. S ohledem na tento fakt bylo dále záměrem zhodnotit právě subjektivní vnímání efektu aplikované MLS laseroterapie u zkoumaného souboru pacientů. Jak již bylo výše uvedeno, pacienti svůj subjektivní vjem po ukončení MLS laseroterapie vyjadřovali výběrem jedné z uvedených možností. Tedy jestli vnímají svůj zdravotní stav

jako výrazně nebo částečně zlepšený, beze změny, zhoršený nebo výrazně zhoršený. Výsledky odpovědí celého souboru pacientů jsou vyjádřeny grafem viz Obrázek 11, ze kterého je patrné, že téměř 90 % pacientů vnímalo subjektivně svůj stav jako alespoň částečně, ne-li výrazně zlepšený, zatímco nikdo z probandů nehodnotil svůj stav po terapii jako jakkoliv zhoršený. Je nesporně zajímavé, že u pacientů, kteří subjektivně svůj stav shledávali beze změny, došlo k průměrnému zlepšení hodnoty FVC po aplikaci MLS laseroterapie o 13,8 %, což je více než u pacientů obou dalších skupin subjektivního hodnocení. Pro úplnost výsledků je tedy třeba doplnit, že u pacientů, kteří vnímali částečné zlepšení, došlo průměrně ke zvýšení hodnoty FVC o 6,7 %, a konečně u těch, kteří vnímali výrazné zlepšení, se průměrná hodnota FVC zvýšila celkem o 10 %.

Subjektivní hodnocení zdravotního stavu po aplikaci MLS laseroterapie (vyjádřeno v procentuálním počtu pacientů)



Obrázek 11 – Výšečový graf subjektivního zhodnocení zdravotního stavu pacientů po laseroterapii [vlastní zdroj]

5.2 Statistické testování hypotéz

Hlavním cílem je ověřit efekt vysokovýkonné laserové terapie (MLS laserem) u pacientů s post-covidovým syndromem. Zmíněný efekt byl pomocí testové statistiky vyhodnocen na základě spirometrem naměřených respiračních hodnot. Pro odhalení faktorů možného ovlivnění efektu terapie byly vytvořeny také hypotézy ověřující efekt MLS laseroterapie v závislosti na věku pacientů a na časovém období od prodělání infekce SARS-CoV-2. Čtvrtá hypotéza je pak zaměřena na vyhodnocení efektu individuální kinezioterapie s důrazem na techniky respirační fyzioterapie, která následovala po ošetření laserem.

Hypotéza 1:

H1₀: MLS laserová terapie nemá statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem.

H1₁: MLS laserová terapie má statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem.

Za účelem statistického ověření první hypotézy byl na základě splnění podmínek normality dat a dvou na sobě závislých výběrů zvolen dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu viz Tabulka 2, kterým byl vyhodnocován rozdíl hodnot FVC před aplikací MLS laseroterapie a následně po dokončení pátého ošetření. Již z prvního pohledu do tabulky lze zaznamenat významný rozdíl průměrných hodnot FVC jednotlivých souborů, z nichž lze vyčíst, že bylo dosaženo průměrného zlepšení respiračního parametru o téměř 10 %.

Tabulka 2 – Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu – efekt MLS laseroterapie [vlastní zdroj]

	<i>před aplikací MLS</i>	<i>po aplikaci MLS</i>
Stř. hodnota	78,76	88,57
Rozptyl	410,87	376,08
Pozorování	74	74
Pears. korelace	0,92	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	73	
t Stat	-10,61	
P(T<=t) (1)	<0,00001	
t krit (1)	1,67	
P(T<=t) (2)	<0,00001	
t krit (2)	1,99	

Na hladině významnosti 5 % zamítáme nulovou hypotézu, přijímáme tedy alternativní hypotézu. Byl prokázán statisticky významný vliv MLS laseroterapie na zlepšení respiračních parametrů (FVC) u pacientů s post-covidovým syndromem. Potvrzuje to i p-hodnota, která je nižší než hladina významnosti.

Hypotéza 2:

H2₀: U pacientů s post-covidovým syndromem, kteří prodělali infekci covid-19 před méně než šesti měsíci, nemá MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů, kteří infekci covid-19 prodělali s delším časovým odstupem.

H2_A: U pacientů s post-covidovým syndromem, kteří prodělali infekci covid-19 před méně než šesti měsíci, má MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů, kteří infekci covid-19 prodělali s delším časovým odstupem.

Pro ověření druhé hypotézy byl na základě podmínek zvolen také dvouvýběrový t-test, avšak vzhledem k vzájemné nezávislosti výběrů musel být prvně využit F-test pro rozptyl viz Tabulka 3.

Tabulka 3 – Dvouvýběrový F-test pro rozptyl [vlastní zdroj]

	<i>6 měsíců a více</i>	<i>méně než 6 měsíců</i>
Stř. hodnota	11,34	7,91
Rozptyl	85,48	30,71
Pozorování	41	33
Rozdíl	40	32
F	2,78	
P(F<=f) (1)	0,0018	
F krit (1)	1,77	

Na základě hladiny významnosti 5 % byla pomocí p hodnoty určena nerovnost rozptylů statistických souborů, tudíž byl následně pro hodnocení hypotézy H2 použit dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů, jehož hodnoty znázorňuje Tabulka 4.

Tabulka 4 – Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů – efekt MLS laseroterapie v závislosti na časovém intervalu od prodělání infekce covid-19 [vlastní zdroj]

	<i>6 měsíců a více</i>	<i>méně než 6 měsíců</i>
Stř. hodnota	11,34	7,91
Rozptyl	85,48	30,71
Pozorování	41	33
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	67	
t Stat	1,98	
P(T<=t) (1)	0,03	
t krit (1)	1,67	
P(T<=t) (2)	0,05	
t krit (2)	1,99	

Na hladině významnosti 5 % nelze zamítnout nulovou hypotézu, nebyl tedy prokázán statisticky signifikantnější efekt MLS laserové terapie u pacientů, kteří prodělali infekci covid-19 před méně než šesti měsíci, na zlepšení respiračních parametrů, oproti těm, kteří infekci covid-19 prodělali s delším časovým odstupem. Naopak lze z tabulky: Tabulka 4 vyčíst, že zlepšení respiračních parametrů po aplikaci MLS laseroterapie bylo průměrně vyšší u pacientů, kteří onemocnění covid-19 prodělali před šesti či více měsíci.

Hypotéza 3:

H3₀: U pacientů s post-covidovým syndromem do 60 let věku (včetně) nemá MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů starších 60 let.

H3_A: U pacientů s post-covidovým syndromem do 60 let věku (včetně) má MLS laserová terapie statisticky signifikantnější efekt na zlepšení respiračních parametrů než u pacientů starších 60 let.

Při testování normality dat skrze Shapiro-Wilkův test se ukázalo, že soubory dat nemají normální rozdělení, tudíž musel být dále použit neparametrický test, v tomto případě byl k ověření hypotézy konkrétně využit znaménkový test.

*Tabulka 5 – Průměrné hodnoty zlepšení FVC u dvou věkových skupin pacientů
[vlastní zdroj]*

věkové skupiny	do 60 let	nad 60 let
\bar{x}	11	8,3

Již z tabulky: Tabulka 5 lze zaznamenat rozdíl aritmetického průměru zlepšení hodnot FVC po aplikaci MLS laseru a tento statisticky významný rozdíl byl prokázán pomocí nepárového znaménkového testu. Na základě výsledků tohoto testu lze tedy potvrdit, že u pacientů s post-covidovým syndromem do šedesátí let věku (včetně) došlo k signifikantně vyššímu zlepšení respiračních parametrů po léčbě MLS laseroterapií, než u skupiny pacientů nad šedesát let.

Hypotéza 4:

Výše zmíněnými výsledky statistických testů bylo ověřeno, že MLS laserová terapie má statisticky signifikantní efekt na respirační parametry u pacientů s perzistentními příznaky po prodělání infekce SARS-CoV-2. Dále byla pro zhodnocení efektu následné respirační fyzioterapie vytvořena hypotéza čtvrtá.

H4₀: Respirační fyzioterapie navazující na aplikaci MLS laserové terapie u pacientů s post-covidovým syndromem nemá statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů.

H4_A: Respirační fyzioterapie navazující na aplikaci MLS laserové terapie u pacientů s post-covidovým syndromem má statisticky významný vliv na zlepšení respiračních parametrů.

Stejně jako u první hypotézy byl na základě splnění podmínek pro statistické testování zvolen dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu.

Tabulka 6 – Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu – efekt respirační fyzioterapie navazující na MLS laseroterapii [vlastní zdroj]

	<i>po aplikaci MLS</i>	<i>po respirační fyzioterapii</i>
Stř. hodnota	87,72	97
Rozptyl	315,68	419,05
Pozorování	58	58
Pears. korelace	0,90	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	57	
t Stat	-7,90	
P(T<=t) (1)	<0,00001	
t krit (1)	1,67	
P(T<=t) (2)	<0,00001	
t krit (2)	2,00	

Z hodnot viz Tabulka 6 zamítáme na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu, byl tedy prokázán statisticky významný vliv navazující respirační fyzioterapie po aplikaci MLS laserové terapie na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem. Tuto skutečnost lze na první pohled také vidět při porovnání odhadovaných středních hodnot obou výběrů, tedy že střední hodnota dat naměřených spirometrem po respirační fyzioterapii je vyšší než před její aplikací.

6 DISKUZE

Vzhledem k relativně nedávnému a poměrně rychlému nástupu pandemie covid-19 a rozvoji post-covidového syndromu, je příliš brzy na to, abychom znali skutečný dlouhodobý dopad. Nicméně je zřejmé, že infekce covid-19 může vést k různým plicním komplikacím, jako je chronický kašel, vaskulární nebo fibrotické onemocnění plic, které může mít za následek přetrvávající dušnost a potřebu oxygenoterapie [2; 5].

Jelikož se stále jedná o poměrně aktuální téma, které je celosvětově předmětem výzkumů, nebylo obtížné dohledat dostatek studií a odborných článků na téma covid-19 a post-covidový syndrom ve smyslu definice, charakteristiky symptomů, diagnostiky, klasifikace, či případných kazuistik. Obtíže však nastaly při vyhledávání výzkumných prací zabývajících se různými metodami léčby post-covidového syndromu, kterých již bylo nalezeno výrazně méně, natož v případě odborných studií se zaměřením na aplikaci MLS laseroterapie u pacientů s post-covidovým syndromem, které k dispozici nejsou téměř žádné. Důvodem může být to, že vzhledem k aktuálnosti problematiky dlouhodobých následků infekce covid-19 ještě není tato záležitost dostatečně probádaná a v současné době existuje jen relativně málo vědeckých důkazů, které by uváděly jednoznačná doporučení pro terapeutickou intervenci po koronavirovém onemocnění. Možnosti léčby a její dlouhodobé účinky jsou stále předmětem zkoumání. Jasně pokyny týkající se zvládnání dlouhodobých následků onemocnění COVID-19 pomohou do budoucna odstranit nejasnosti mezi poskytovateli zdravotní péče.

Výše uvedené skutečnosti se spolupodílely na zisku motivu k zabývání se touto problematikou, který byl navíc podpořen i tím, že se současně aplikaci MLS laseroterapie věnují i akademičtí pracovníci z FBMI. Z hlediska toho, že získaná

data prozatím nebyla obdobnou formou zpracována, by mohla být tato práce jistým přínosem v uvedené problematice.

V rámci interpretace výsledků této práce a jejich diskuze je nejprve vhodné přiblížit vývoj využití MLS laseroterapie u pacientů s covidovou pneumonií celosvětově i u nás v České republice.

MLS je inovativní laserovou terapií, která svou synchronizovanou modulací dvou vlnových délek a unikátním nastavením dosahuje výrazného protizánětlivého a analgetického účinku, má také efekt antiedematózní či stimulační. Disponuje mnoha výhodami, mezi které lze řadit širokou indikační škálu, rychle nastupující a dlouhou dobu přetrvávající efekt terapie, a především krátkou aplikační dobu v řádu několika minut. Právě časová nenáročnost a zároveň potenciální efekt se zkrácením doby léčby v rámci terapie prostřednictvím této metody je jedním ze zásadních kritérií, která by mohla hrát roli při snížení neúměrné vytíženosti kapacit zdravotnických zařízení, avšak při současném zachování kvality a účinnosti léčby. Jako další výhody MLS laseroterapie lze zmínit při správném nastavení a aplikaci laseru minimum kontraindikací a nežádoucích účinků léčby [55].

Na základě výborných výsledků aplikace MLS laseru u akutních zánětů a jeho vynikajícímu bezpečnostnímu profilu se odborníci, především americký doktor Scott Sigman, rozhodli použít tento laser u pacientů s onemocněním covid-19. Vhodné dávkování potřebné k ovlivnění plicní tkáně společně stanovili Dr. Sigman s doktorkou Monici, vedoucí vědeckého výzkumu v ASA Campusu na Florentské univerzitě, a dále také s odborníky na laser, doktorkami Mokmeli a Vetrici. Vzhledem k vývoji pandemie se MLS laser začal používat nejprve u pacientů s akutní covidovou pneumonií. Již výsledky in vitro a in vivo studií v rámci výzkumů společnosti ASA s Florentskou univerzitou v čele s Dr. Monici předurčily nadějně účinky MLS laserové terapie na plíce ve smyslu zmírnění zánětu, útlumu cytokinové bouře, podpory regenerace plicní tkáně

a celkového snížení perzistentních respiračních obtíží, což se následně potvrdilo i v rámci klinického testování u pacientů v akutní fázi onemocnění covid-19. Na základě příznivých výsledků této léčby, která se mimo jiné ukázala jako velmi bezpečná a efektivní, a dále vzhledem ke zvýšenému počtu pacientů s přetrvávajícími příznaky, byla terapie rozšířena doktorem Sigmanem také na pacienty v časně post-covidové fázi a pacienty s post-covidovým syndromem. I v tomto případě bylo dosaženo úspěchu a respirační symptomy pacientů se zmírnily. S ohledem na pozitivní zkušenosti doktora Sigmana se této problematice začal věnovat také MUDr. Cibulka, který MLS laseroterapii v rámci péče o covidové pacienty využíval v České republice jako první. Postupně se k němu přidávali další lékaři a jiní odborníci z Čech. Jedním z nich byl také MUDr. Rokos, primář oddělení anesteziologie a resuscitace v kladenské nemocnici, který jako první na celém světě aplikoval MLS laser u zaintubovaných pacientů, a to s velmi dobrým efektem. Primář MUDr. Cibulka vytvořil ucelené protokoly pro aplikaci MLS laseru při covidové pneumonii a post-covidovém syndromu, včetně kombinace s dalšími rehabilitačními metodami jako je individuální kinezioterapie s důrazem na prvky respirační fyzioterapie či vysokoindukční magnetoterapie, vycházející z jeho osobních zkušeností v rámci klinické praxe a také z doporučení zahraničních odborníků. Tyto protokoly prezentují konkrétní aplikační parametry MLS laseru u post-akutní fáze covidu a u post-covidového syndromu. Parametry přístroje byly v rámci této práce nastaveny shodně a jejich konkrétní podoba je popsána na straně 41 až 42 v kapitole metodiky, zároveň odpovídají i aplikačním hodnotám uváděným ve studiích týkajících se ošetření MLS laserovou terapií v rámci péče o covidové pacienty. Rozdíl mezi aplikací MLS laseru v zahraničí a v České republice je pouze v jejím počtu, kdy Dr. Sigman ošetřoval pacienty v rámci jedné série běžně čtyřikrát, zatímco MUDr. Cibulka tento počet aplikací zvýšil na pět. Avšak celkový počet aplikací u jednotlivých pacientů vždy závisí na posouzení přínosu terapie, v případě viditelného potenciálu na zlepšování zdravotního stavu

jedince lze navýšit ošetření MLS laserem až na tři série po pěti aplikacích, tedy celkově maximálně patnáct terapií. U této indikace by pacient při ozařování laserem měl zaujmout pronační polohu, tedy polohu na břicho, avšak dle zkušeností MUDr. Cibulky je ke kýženému efektu léčby dostačující také tzv. polopronační poloha. V našem případě byl MLS laser primárně aplikován pacientům v již zmíněné pronační poloze, pokud ale jejich zdravotní stav neumožňoval tuto polohu zaujmout, byli ošetřeni laserem vsedě. Je zřejmé, že se nejedná o zcela ideální pozici k aplikaci této metody, přesto benefity léčby i při tomto způsobu aplikace převažují nad případnou celkovou absencí využití laseroterapie [46; 55; 56; 57].

Po předcházejícím přiblížení problematiky vývoje aplikace MLS laserové terapie u covidových a post-covidových pacientů se dostáváme k interpretaci výsledků dosažených v rámci této práce a zároveň i k jejich diskuzi s ohledem na faktory charakterizující soubor zkoumaných pacientů. Součástí výzkumu této práce bylo celkem čtyřiasedmdesát pacientů složených ze třiačtyřiceti žen a jednatřiceti mužů, u kterých přetrvávaly různé respirační obtíže v důsledku prodělání infekce covid-19. V několika studiích [7; 8] je na základě doposud zjištěných celosvětových údajů zmiňována větší pravděpodobnost postižení post-covidovým syndromem u ženského pohlaví. Větší zastoupení měly ženy i v našem poměrně malém vzorku pacientů, avšak je těžké určit, zda bylo toto genderové rozložení opravdu dáno častějším výskytem u žen, nebo zda se jedná pouze o náhodné složení výzkumného souboru.

Hlavním vstupním kritériem pro zařazení pacientů do výzkumu, a především pro indikaci k léčbě MLS laserem, byla diagnóza post-covidový syndrom s minimálně dvanáctidenním odstupem od prodělání infekce covid-19. Pacienti zároveň museli být sužováni respiračními příznaky různého charakteru, nejčastěji jimi byly zátěžová i klidová dušnost, zahlenění, kašel, bolest na hrudi či únava. S těmito symptomy se v rámci péče o post-covidové pacienty setkávali

ve své klinické praxi i MUDr. Cibulka a MUDr. Falc, a rovněž je udávali jako ty, které se vyskytují nejčastěji [55].

Primárním cílem diplomové práce bylo zjistit efekt vysokovýkonné laserové terapie, konkrétně aplikací MLS laseru, na respirační funkce u pacientů s post-covidovým syndromem. Jak již bylo výše uvedeno, ony zmíněné respirační funkce a jejich úroveň u jednotlivých pacientů jsou v rámci této práce reprezentovány spirometrickým parametrem FVC. Za účelem splnění hlavního cíle práce a zodpovězení otázky efektu aplikované MLS laseroterapie byla stanovena první hypotéza a výsledkům jejího statistického testování se věnuje podkapitola 5.2. V rámci těchto výsledků byl prokázán signifikantní vliv vysokovýkonné MLS laseroterapie na respirační funkce pacientů s post-covidovým syndromem, přičemž průměrné zlepšení parametru FVC u celé skupiny pacientů dosahovalo téměř 10 %.

Při interpretaci studií dosažených výsledků bývá pro jakési posílení a podložení jejich významu přínosné tyto výsledky porovnat se závěry obdobných studií. Takových, které by byly zaměřeny na efekt laseroterapie u pacientů s post-covidovým syndromem, je však bohužel poskrovnu a jak již bylo výše uvedeno, na základě literární rešerše se nepodařilo dokonce dohledat žádnou. S čím se nicméně výsledky této práce alespoň orientačně porovnat dají, jsou studie zaměřené na efekt aplikace MLS laseroterapie u pacientů v akutní fázi covidové infekce. Jedná se konkrétně o studie Sigmana [42; 43], Cibulky [44], dále o Mokmelinu [38] a Vetricinu [39] studii. Zároveň je třeba podotknout, že většina zmíněných autorů vzájemně na uvedených studiích spolupracovala, což jen potvrzuje fakt, že se tématu laseroterapie u pacientů s infekcí covid-19 doposud věnoval obecně nízký počet autorů.

Zatímco výzkumný soubor v rámci této práce tvořilo čtyřiasedmdesát pacientů, u nichž byl pozorován výsledný efekt aplikované léčby, studie Sigmana [42; 43] a Cibulky [44] jsou kazuistického rázu. Vetricina studie [39] byla

sestavena na základě vzorku deseti lidí, kteří byli randomizovaně rozděleni do dvou skupin, z nichž jedna podstoupila terapii s využitím MLS laseru, druhé, tedy kontrolní skupině, bylo podáváno placebo. Mokmelina studie [38] je spíše prezentací výsledků subklinického výzkumu efektů vysokovýkonné laseroterapie a návrhem léčebného schématu pacientů s akutní covidovou pneumonií právě prostřednictvím laseru. Co do počtu probandů, je tedy tato práce z ostatních porovnávaných studií nejobsáhlejší. Z pohledu průměrného věku pacientů v jednotlivých studiích pouze Cibulkova studie prezentuje případ pacienta staršího (muž, 70 let), než byl průměrný věk pacientů v rámci této práce, tedy 59,2 let. V ostatních studiích figurují pacienti mladšího věku či věkového průměru.

Nejen co do počtu pacientů, ale i způsobů hodnocení efektu terapie jsou si podobné kazuistické případové studie Cibulky [44] a obě Sigmanovy [42; 43]. Zatímco v této práci bylo hlavním testovacím panelem spirometrické vyšetření s hodnotou parametru FVC a její změny, ve výše uvedených studiích byla před a po aplikované MLS laseroterapii hodnocena změna saturace krve kyslíkem prostřednictvím oxymetrů, dále RTG nález na prostých snímcích plic, změna klinických příznaků, u Sigmanových studií také změna hodnot různých skórovacích systémů a dotazníků užívaných u pneumonií ke zhodnocení její závažnosti. Z pohledu krevních testů byly rovněž hodnoceny hladiny takzvaných reaktantů akutní fáze. U Cibulkovy studie se jednalo o sérový ferritin, u Sigmanových studií o CRP a u druhé navíc o interleukin 6 a rovněž ferritin. Velmi podobným způsobem byl hodnocen i efekt MLS laseroterapie u pacientů v rámci Vetriciny studie [39], ve které navíc díky většímu počtu pacientů a jejich randomizovanému rozdělení přibyly hodnocené faktory v podobě případné nutnosti hospitalizace na jednotce intenzivní péče s připojením k ventilátoru.

Na tomto místě je vhodné se pozastavit a zamyslet právě nad zvolenými kritérii sloužícími jako nástroje k hodnocení efektu terapie, ať už ve zmíněných porovnávaných studiích, či přímo v rámci této práce. Rozdíl ve výběru těchto kritérií je nevyhnutelně podmíněn právě stádiem nemoci, během kterého výzkumy či studie probíhaly, a rovněž i podmínkami prostředí, které bylo u pacientů v akutní fázi infekce covid-19 nemocniční, zatímco u pacientů s post-covidem se jednalo o terapii v ambulantním rehabilitačním, potažmo lázeňském prostředí. U pacientů s akutní covidovou pneumonií lékaři přirozeně zvolili a do svých studií zařadili výše uvedené parametry (saturace krve kyslíkem, RTG obraz plic, laboratorní hladiny reaktantů akutní fáze, skórovací systémy hodnotící závažnost pneumonie), jelikož poměrně dobře a objektivně odráží klinický stav pacienta v akutním stádiu infekce, a tedy i jejich změny ve smyslu zlepšení či zhoršení reálně vyjadřují efekt aplikované terapie. Navíc vzhledem k tomu, že se v této fázi jednalo o nemocniční terapii se všemi jejími náležitostmi, byly veškeré tyto parametry jednoduše dostupné. To se však nedá říci o terapii pacientů s post-covidovým syndromem, probíhající v prostředí rehabilitační či lázeňské ambulance tak, jako tomu bylo i u skupiny pacientů, od kterých byla získána data do této práce. V těchto podmínkách se přirozeně pacientům neodebírají vzorky krve, neprovádí RTG snímky a podobně. Musel být tedy zvolen parametr, který by byl jednak v rámci práce fyzioterapeuta relativně dobře dostupný, ale zároveň stále kvalitně odrážel efekt laseroterapie na plíce post-covidových pacientů, se kterými se ostatně právě fyzioterapeut ve své praxi setká častěji. Tato skutečnost je zároveň i jedním z důvodů, proč byla tato práce zaměřena na efekt terapie u post-covidových pacientů. Dosavadní práce a studie zaměřené na využití MLS laseru v akutních stádiích covidu mnohdy zahrnovaly i pacienty hospitalizované na jednotkách intenzivní péče či odděleních ARO, kam pro fyzioterapeuta není jednoduché se dostat, natož o těchto pacientech získat k výzkumu potřebná data.

Pokud se vrátíme zpět k potřebě volby vhodného, dostupného parametru k objektivnímu hodnocení efektu MLS laseroterapie na respirační funkce u post-covidových pacientů, byl akademickými pracovníky FBMI vybrán právě spirometrický parametr FVC. Jistě by bylo zajímavé hodnotit například i případné změny v RTG nálezů na snímcích plic léčených pacientů, nicméně, jak již bylo zmíněno, logisticky by bylo získávání těchto materiálů velmi složité. Vzhledem k níže uvedeným faktům nemůže být o vhodnosti hodnocení právě parametru FVC pochyb, a co se jeho dostupnosti týče, i ta byla relativně snadno zajištěna díky spirometru, výše popsanému na stranách 38 až 40, který byl na rehabilitačních a lázeňských ambulancích k dispozici.

Obecně spirometrie slouží ke zjištění statických a dynamických plicních objemů a na základě spirometricky získaných výsledků je následně možné stanovit, jestli pacient trpí nějakou plicní poruchou a jestli je případně tato porucha obstrukční, nebo restriktivní. Nejdůležitějším manévrem k rozlišení typu poruchy je právě zjištění hodnoty dynamického parametru FVC. U obstrukčních poruch je průtok vzduchu dýchacími cestami limitován, tedy i zpomalen částečnou, případně úplnou obstrukcí. K tomu dochází u onemocnění jako je astma, bronchitida nebo chronická obstrukční plicní nemoc. U těchto poruch může být hodnota FVC normální, nebo mírně snižena, nicméně u obstrukčních plicních onemocnění je z řad spirometrických parametrů dominantním nálezem snížení hodnoty FEV₁, tedy usilovného expiračního objemu za jednu sekundu. Oproti tomu u poruch restriktivních dochází přímo ke snížení objemu funkční plicní tkáně následkem například resekčních plicních operací, ale také zejména u pneumonií a fibrotických plicních onemocnění, ke kterým oběma mají covidová pneumonie a její následky ve formě respiračních příznaků post-covidového syndromu nejbliže. U těchto restriktivních plicních poruch je výsledná hodnota FVC snižena. Zároveň je FVC i nejvhodnějším spirometrickým parametrem k hodnocení efektu MLS laseroterapie u post-covidových pacientů,

která je aplikována na plicní tkáň s cílem reparace jejích pozánětlivých změn a tím i obnovy její funkce v rámci samotné respirace. Se zvýšením objemu funkční plicní tkáně následně dochází i ke zvýšení hodnoty FVC [58].

Na základě předcházející části diskuze můžeme tedy označit zvolené parametry hodnotící efekt MLS laseroterapie jak ve studiích u pacientů s akutní covidovou pneumonií, tak i u pacientů s post-covidovým syndromem v rámci této práce, za vhodně zvolené, a jejich výsledně dosažené změny mezi sebou porovnat, přestože terapie probíhala v jiné fázi onemocnění. Autoři uvedených porovnávaných studií se ve svých výsledcích shodují v pozitivním efektu MLS laseroterapie, po jejíž aplikaci došlo u pacientů ke zlepšení zvolených sledovaných objektivních parametrů, to znamená ke zvýšení hodnoty saturace krve kyslíkem, k regresi patologických změn na RTG snímcích plic, ke snížení hladiny reaktantů akutní fáze v krvi a konečně ke snížení stupně závažnosti pneumonie v rámci skórovacích systémů. Tyto výsledky jsou tedy ve shodě s výsledky prezentovanými v této práci s ohledem na první hypotézu, jejíž statistické testování rovněž potvrzuje příznivý efekt MLS laseroterapie [39; 42; 43; 44].

Současně jsou tyto výsledky i ve shodě s informacemi a fakty uváděnými v online dostupném odborném panelu s názvem „Využití MLS laseru pro léčbu post-covidového syndromu a akutní covidové pneumonie“ [55], kde jsou hosty primář MUDr. Cibulka, MUDr. Falc a Ing. Příhoda, kteří se terapii prostřednictvím MLS laseru věnují a zároveň se podíleli na rozvoji využití této metody v České republice. V tomto panelu jsou zmíněna data o ošetřených pacientech MLS laserem v celkem sedmi tuzemských nemocnicích a devatenácti zdravotnických zařízeních k datu 15. 9. 2021. U 331 pacientů s akutní covidovou pneumonií bylo sledováno v rámci terapie s aplikací MLS laseru zlepšení klinického stavu u 246 pacientů, beze změny se klinický stav jevil u 73 pacientů, u 5 došlo ke zhoršení a u 23 dokonce k úmrtí. Autoři však zmiňují, že do těchto

počtu byli zavzati i pacienti se vstupně velmi závažným stavem, hospitalizovaní na odděleních JIP a ARO. Dále jsou v online panelu ke stejnému datu prezentovány i výsledky efektu aplikace MLS laseru u post-covidových pacientů, kdy z celkového počtu 405 pacientů bylo sledováno zlepšení klinického stavu u 379 z nich, beze změny zůstal u 26 a ke zhoršení nedošlo u žádného z pacientů.

S ohledem na výsledky zmíněných studií, dále na výsledky prezentované v popsaném online panelu a konečně na výsledky dosažené v této práci lze MLS laseroterapii označit za účinnou metodu v rámci léčby infekce covid-19 a jejích následků v podobě post-covidového syndromu. Určitým limitem této práce teoreticky může být absence kontrolní skupiny, která figurovala například ve zmíněné Vetricině studii [39]. Její výsledky předkládají ve skupině pacientů s akutní covidovou pneumonií, která podstoupila MLS laseroterapii, rychlé zotavení všech pěti pacientů, přičemž u žádného z nich nevznikla potřeba umístění na intenzivní lůžko, potažmo připojení k ventilátoru, a dále nebyly u žádného pacienta této skupiny sledovány zdravotní následky po uplynutí pěti měsíců od terapie. Naproti tomu u kontrolní pětičlenné skupiny s terapií bez využití laseru vznikla u 60 % nutnost hospitalizace na intenzivním lůžku s připojením k ventilátoru, celkově byla v této skupině 40% mortalita a dalších 40 % pacientů trpělo zdravotními následky i po uplynutí pěti měsíců od terapie. V rámci této studie tedy kontrastně horší výsledky kontrolní skupiny značně podporují závěr pozitivního přínosu aplikace MLS laseroterapie.

Z pohledu této práce však absence kontrolní skupiny pacientů s post-covidovým syndromem, u které by MLS laser nebyl aplikován, nemusí být vnímána negativně, což můžeme vysvětlit následujícím předpokladem. Pacienti, jejichž data jsou v této práci zpracována, se nacházeli v různém časovém odstupu od prodělání akutní covidové infekce. Tento odstup byl však časově několikanásobně vyšší než samotná doba terapie prostřednictvím MLS laseru. Hodnota FVC se u pacientů po aplikaci MLS laseroterapie během pouhých pěti

po sobě jdoucích dní zvýšila o téměř 10 %. Dá se oprávněně předpokládat, že pokud bychom provedli u jiné, nebo dokonce i u stejné skupiny pacientů s post-covidovým syndromem spirometrické vyšetření v rozestupu pěti dnů, a to bez aplikace laseroterapie, výsledné hodnoty parametru FVC by zůstaly po oněch pěti dnech téměř stejné, nebo pouze s minimálními změnami, číselně tedy někde v oblasti hodnot červených sloupců viz Obrázek 8.

Dalším dílčím záměrem bylo při zpracování získaných dat, pokud možno odhalit či ozřejmit potencionální faktory, které by mohly hrát roli v ovlivnění efektu terapie. Za tímto účelem byly stanoveny hypotézy H2 a H3. V rámci testování druhé z nich bylo účelem zohlednit případný vliv časového faktoru na efekt MLS laseroterapie. Pacienti byli tedy pro potřeby ověření druhé hypotézy rozděleni na dvě skupiny, přičemž hranicí mezi oběma skupinami byl stanoven časový interval šesti měsíců uplynulých od prodělání akutní fáze infekce covid-19. Tato hranice byla zvolena z několika důvodů. Jednalo se o co do počtu měsíců nejbližší celou číslovku průměrné doby od prodělání akutního stádia, která v celé skupině činila 6,3 měsíců. Dále byl zohledněn fakt, že jako akutní a subakutní stádium covidové infekce bývají označovány první tři měsíce trvání příznaků, bylo tedy zajímavé zjistit, jaký vliv na vývoj příznaků mohou mít rovněž první tři měsíce ve fázi post-covidu. A konečně, některými autory [55] je období po uplynutí šesti měsíců od akutní fáze infekce označováno jako období chronického post-covidu.

Výsledky dosažené u obou skupin pacientů byly při nejmenším zajímavé. Průměrné zlepšení hodnot FVC po aplikaci MLS laseroterapie u skupiny s kratším časovým odstupem od akutní fáze covidu činilo 7,9 %, pacienti s delším odstupem dosáhli průměrného zlepšení FVC dokonce o 11,3 %. I z pohledu statistického testování bylo tedy průměrné zlepšení významnější u druhé skupiny pacientů, z čehož může vyplývat, že je efektivnější aplikovat terapii MLS laserem u pacientů, kteří prodělali akutní covid před delší dobou. I zde je však

třeba se nad získanými výsledky zamyslet a hlouběji je rozebrat, jelikož mohou být interpretovány různým způsobem, zvláště s odkazem na graf viz Obrázek 8, kde jsou průměrné vstupní a výstupní hodnoty FVC zobrazeny u obou skupin i číselně. Můžeme zde názorně vidět již zmíněný větší rozdíl průměrných hodnot FVC před a po terapii u druhé skupiny pacientů, ale zároveň i zaznamenat, že vstupní hodnoty FVC u druhé skupiny jsou o téměř 5 % nižší. A co je neméně důležité, z grafu je rovněž patrné, že celková průměrná hodnota FVC po aplikované MLS laseroterapii je vyšší u první skupiny pacientů. Je tedy otázkou, co by mělo být reálně považováno za větší úspěch terapie, zda větší výsledný rozdíl v hodnotách FVC před a po terapii u skupiny s delším odstupem, nebo právě již zmíněná celkově vyšší dosažená hodnota FVC po terapii pacientů s odstupem kratším.

Ať již tak, či onak, z výše uvedených faktů vyplývají skutečnosti, které je třeba brát v rámci interpretace výsledků testování druhé hypotézy v potaz. Na jejich základě totiž můžeme říci, že je vhodné MLS terapii aplikovat u všech pacientů s post-covidovým syndromem bez ohledu na časový odstup od prodělání akutní fáze covidu, jelikož efekt léčby na zlepšení respiračních parametrů byl u obou skupin příznivý. To, že byl rozdíl v dosažené průměrné hodnotě FVC u skupiny pacientů s delším časovým intervalem od akutního stádia vyšší, dle mého názoru neznamena, že je vhodnější aplikovat MLS laseroterapii později, a už vůbec ne ji z tohoto důvodu jakýmkoliv způsobem odkládat, pokud je možné ji aplikovat dříve. Můžeme totiž předpokládat, že případné oddalování terapie by mohlo vést k horším vstupním respiračním parametrům pacientů, jak ostatně vyplývá z grafu viz Obrázek 8, což by bylo přirozeně nežádoucí. A vzhledem k celkově vyšší dosažené průměrné hodnotě FVC po MLS terapii u pacientů v kratším časovém odstupem můžeme rovněž usuzovat na o něco větší potenciál plicní tkáně dostat se na respiračně lepší úroveň v tomto časově dřívějším stádiu post-covidu. Z tohoto pohledu se tedy do jisté míry přikláním k názoru

MUDr. Cibulky, který ve svých protokolech udává, že jako rozhodující se ukazuje včasnost podání terapie – čím dříve je podána, tím lepší jsou efekty a potřebný menší počet ošetření [55].

V rámci testování třetí hypotézy této práce bylo účelem zohlednit případný vliv věkového faktoru na efekt MLS laseroterapie. V souladu s WHO stanovenou hranicí dospělosti a stáří byli pacienti rozděleni pro účely ověření této hypotézy na dvě skupiny, a to do šedesáti let věku (včetně) a nad šedesát let. Tato hranice zároveň poměrně dobře korelovala i s průměrným věkem probandů, který činil 59,2 let.

Výsledky ukazují, že průměrná hodnota FVC po aplikaci MLS laseroterapie byla u mladší skupiny o 11 % vyšší, u starší skupiny potom o 8,3 %. Přestože věkový faktor nebyl v jiných výše uvedených studiích uváděn jako kritérium výběru pacientů, a není tedy v tomto ohledu s čím porovnávat, můžeme s odkazem na výsledky testování třetí hypotézy říci, že MLS laseroterapie je efektivnější u mladších pacientů. Tato skutečnost může být dána mimo jiné častějším výskytem komorbidit u starších pacientů, které potenciálně mohly plicní tkáň negativně ovlivňovat již v předchorobí covidu. Dále můžeme zmínit předpoklad obecně lepších mechanismů hojení u mladších pacientů. Rovněž je známo, že hojení jako takové probíhá obtížněji například u pacientů s diabetem, jehož prevalence je také vyšší u pacientů staršího věku. S ohledem na tyto výše uvedené faktory je však vhodné poznamenat, že jakkoliv mohou být pro účinky různých terapeutických metod u starších pacientů limitující, došlo i přesto u pacientů skupiny nad šedesát let věku po aplikaci MLS laseroterapie k poměrně značnému a nezanedbatelnému zlepšení výsledných hodnot FVC. A jak můžeme vidět v grafu viz Obrázek 9, ke zlepšení došlo dokonce i u nejstarší skupiny pacientů od pětasedmdesáti do devadesáti let věku. Na základě těchto skutečností je tedy možno tvrdit, že přestože je efekt MLS laseroterapie na respirační funkce mladších post-covidových pacientů významnější, je

jednoznačně příznivý i u těch starších, a proto například nevzniká žádný důvod k vyřazení těchto pacientů z indikace využití MLS laseroterapie na podkladě pokročilejšího věku.

V rámci testování čtvrté hypotézy této práce bylo účelem zohlednit případný vliv na MLS laseroterapii navazující respirační fyzioterapie na respirační funkce post-covidových pacientů. Přestože hodnocení efektu respirační fyzioterapie nebylo stanoveno jako primární cíl této práce, může být považováno za zajímavé mimo jiné v kontextu toho, že právě návaznost technik respirační fyzioterapie odlišuje poskytovanou léčbu na rehabilitačním a lázeňském pracovišti, ze kterých byla získána data pro tuto práci, od péče s využitím MLS laseru v některých dalších zdravotnických zařízeních.

Data získaná za účelem testování čtvrté hypotézy byla získána od nižšího počtu pacientů z celkového původního souboru, který absolvoval MLS laseroterapii. Navazující respirační fyzioterapii z různých důvodů nedokončilo šestnáct pacientů, na výsledcích se tedy v tomto případě podílely hodnoty zbylých padesáti osmi probandů. Absence části pacientů opticky ovlivnila graf viz Obrázek 10, znázorňující efekt navazující terapie na hodnoty FVC, ve srovnání s přechozími grafy. Nicméně i zde je dobře patrné zlepšení dosažených průměrných hodnot, navíc ve všech věkových skupinách, což se odráží i v samotných výsledcích testování čtvrté hypotézy, kdy byl prokázán statisticky významný vliv navazující respirační fyzioterapie po předchozí aplikaci MLS laseroterapie na zlepšení respiračních funkcí u pacientů s post-covidovým syndromem. Zajímavé je i číselné vyjádření tohoto zlepšení, kdy byla průměrná vstupní hodnota FVC u vzorku pacientů v rámci této hypotézy 87,7 %, výstupní pak činila pozoruhodných 97 %.

Čtvrtá hypotéza byla zároveň stanovena s dílčím cílem nějakým způsobem zhodnotit práci samotných fyzioterapeutů, dalším důvodem byla i skutečnost, že v rámci rešerše nebyla vyhledána žádná jiná studie obdobného léčebného

designu, tedy na podkladě kombinace MLS laseroterapie s navazující respirační fyzioterapií. Dosažené pozitivní výsledky jistě stojí za zmínku a mohou stavět fyzioterapeuty s ohledem na tuto problematiku do pozice velmi potřebných odborníků, kterými jistě jsou. I na tomto místě je však žádoucí se nad interpretací výsledků pozastavit. Otázkou totiž zůstává, do jaké míry byl efekt navazující terapie na respirační funkce post-covidových pacientů skutečně zapříčiněn právě samotnou respirační fyzioterapií, případně na kolik mohlo být výsledné zlepšení průměrných hodnot FVC ovlivněno na podkladě doznívajícího účinku předchozí aplikace MLS laseru. Ve prospěch této úvahy, tedy časově delšího působení účinků laseru, můžeme uvést i skutečnosti mimo jiné prezentované v Mokmelině studii [38], kde je popisován efekt MLS laseru na jakési nastartování procesu hojení ve smyslu aktivace protizánětlivě působících cytokinů a dalších reparačních mechanismů, které v těle pacienta pravděpodobně mohou probíhat delší dobu, než je samotný časový úsek pěti dnů, po které byla MLS laseroterapie aplikována. Dalším faktorem, který by mohl případně výsledky navazující respirační fyzioterapie u pacientů v rámci této práce ovlivnit, je vedení fyzioterapie rozdílnými terapeuty. To však přirozeně vycházelo již z podstaty různých lokalit pracovišť, ve kterých terapie probíhala. Vzhledem k tomu, že ke zlepšení FVC došlo u pacientů bez ohledu na léčebné pracoviště, tedy i konkrétního terapeuta, může být určitý doznívající efekt předchozí MLS laseroterapie na další zlepšení parametru FVC u pacientů po navazující respirační fyzioterapii oprávněně předpokládán.

Případné pochybnosti v rámci otázky diskutované v předchozím textu, tedy jaká je míra pokračujícího účinku MLS laseru ve srovnání s efektem technik respirační fyzioterapie, by mohly být poměrně kvalitně zodpovězeny zařazením kontrolní skupiny pacientů s post-covidovým syndromem. A to buď takové, která by absolvovala shodnou MLS laseroterapii bez navazující respirační

fyzioterapie, nebo naopak takové, která by absolvovala pouze respirační fyzioterapii bez předchozí aplikace laseru.

Dalším ze záměrů práce bylo porovnat objektivně dosažené výsledky aplikované terapie se subjektivním vnímáním případné změny zdravotního stavu pacientů. Jak znázorňuje graf viz Obrázek 11, téměř 90 % pacientů subjektivně vnímalo svůj stav jako zlepšený. 46,8 % probandů uvádělo alespoň částečné, dalších 40,4 % dokonce výrazné zlepšení. U obou těchto skupin jsou udávané výsledky v souladu s objektivním zlepšením dosažených hodnot FVC po terapii MLS laserem, které vzrostly u pacientů se subjektivně výrazným zlepšením stavu v průměru o 10 %, u pacientů s částečným zlepšením pak o průměrných 6,7 %. Beze změny hodnotilo svůj zdravotní stav subjektivně 12,8 % probandů, u kterých však tyto výsledky nekorelují s těmi objektivními. U této skupiny pacientů totiž došlo k nejvyššímu průměrnému zlepšení FVC, a to konkrétně o 13,8 %. O faktorech, které by mohly zdůvodnit tento výsledek, se můžeme pouze domnívat. Nicméně je zřejmé, že na subjektivní stav pacienta může mít vliv mnoho různých proměnlivých okolností. Obecně velmi příznivé výsledky efektu terapie zároveň korelují se subjektivním hodnocením stavu pacienty, z nichž ani jeden neshledával po terapii svůj stav jako jakkoliv zhoršený.

Na základě všech výše diskutovaných výsledků této práce lze označit aplikaci MLS laseru za účinnou a velmi bezpečnou terapeutickou metodu k příznivému ovlivnění nejen respiračních funkcí u post-covidových pacientů, ale i subjektivního vnímání jejich zdravotního stavu. Efekt tohoto způsobu léčby je navíc příznivý bez ohledu na časový odstup od prodělání akutní fáze infekce covid-19 nebo na věk pacienta. Jedná se tak o metodu, která by mohla zdokonalit management terapeutického přístupu a intervencí u pacientů s post-covidovým syndromem. Nicméně faktem zůstává, že tento typ léčby není alespoň prozatím u této indikace běžně využíván.

Na tomto místě je vhodné znovu zdůraznit, že k docílení širšího využití a zvýšení dostupnosti MLS laseroterapie v rámci péče o post-covidové pacienty je zapotřebí dalších a dalších studií zaměřených na toto téma se snahou přinášet do dané problematiky obsáhlejší data z klinického testování. Ta by měla být ideálně prezentována cestou článků v odborných časopisech, ale také třeba formou videokonferencí či jiných panelů, jako tomu bylo například v březnu roku 2021, kdy se uskutečnila tisková konference pojednávající o prvních výsledcích léčby covid pneumonií a post-covid syndromu [56], která byla zároveň první svého druhu. Záměrem bylo právě informovat pacienty o možnosti podstoupit tento způsob léčby v případě potíží v souvislosti s proděláním infekce SARS-CoV-2 a celkově vytvořit širší povědomí nejen odborné, ale i laické veřejnosti o vývoji této podpůrné a efektivní terapie, která již tehdy přinášela velmi nadějně výsledky [46].

Další příznivé výsledky by zároveň jistě byly motivací, jak pro lékaře tuto terapii indikovat, tak i pro samotné pacienty ji následně podstupovat. Zde je vhodné zmínit fakt, který může být jistou limitací dostupnosti této péče. V současné době se totiž stále jedná o zdravotními pojišťovnami nehraný typ léčby a pacienty tak samotná terapie laserem vyjde celkově na minimálně jeden tisíc korun. Příznivé výsledky dalších potenciálních klinických studií by mohly změnit pohled na tuto skutečnost a ošetření laserem by tak mohlo být alespoň u této indikace částečně hrazeno ze zdravotního pojištění. Zároveň by se mohl tento léčebný přístup stát i dostupnějším co se týče počtu zdravotnických zařízení, která ošetření MLS laserem u pacientů s post-covidovým syndromem nabízejí.

Obecně lze říci, že samotnému vývoji péče o post-covidové pacienty jistě pomáhají postupně zřizovaná post-covidová centra a poradny, které vznikají primárně při krajských a univerzitních nemocnicích, a jejichž náplní je cílené vyšetření a nastavení individuální léčby. S ohledem na záměr rozšíření využití

MLS laseroterapie u diagnózy post-covidového syndromu je zapotřebí, aby byli lékaři v těchto centrech, ale i praktičtí lékaři s přínosy MLS laseru adekvátně obeznámeni. Jak totiž zmiňuje MUDr. Falc [55], mnoho obvodních lékařů bohužel vůbec netuší, že je tato možnost terapie post-covidovým pacientům k dispozici.

Pokud by měl být s ohledem na v této práci prezentované výsledky navržen terapeutický protokol léčby post-covidových pacientů s respiračními příznaky, jeho design by mohl být totožný s tím, který byl aplikován u sledovaného souboru pacientů v rámci tohoto výzkumu. Jelikož se nastavené parametry nejen přístroje, ale i celkové léčby ukázaly jako vhodně zvolené a efektivní, nebyl shledán důvod k jejich změně. Eventuální úpravy především respirační fyzioterapie by mohly přicházet v úvahu s ohledem na poznatky získané dalšími případnými studiemi, nebo zařazením kontrolních skupin pacientů s cílem celkový protokol ještě více zdokonalit. Z tohoto úhlu pohledu se tedy otevírá prostor k navázání na výsledky této práce, jejíž přínos vidím zejména v přiblížení problematiky využití MLS laseroterapie u pacientů s post-covidem a také v prezentaci výsledně značně pozitivní efektivity jejích účinků, přínosných v boji s post-covidovým syndromem jako takovým.

7 ZÁVĚR

Infekce covid-19 a její následky v podobě post-covidového syndromu jsou v současné době stále aktuálním tématem a všeobecně tak přetrvává snaha o minimalizaci a léčbu perzistentních příznaků proběhlé infekce. S ohledem na dílčí cíl této práce byla problematika post-covidového syndromu spolu s možnostmi jeho léčby přiblížena na základě provedené literární rešerše.

Vzhledem k příznivým výsledkům studií s využitím MLS laseroterapie u pacientů v akutní fázi infekce covid-19 bylo hlavním záměrem této práce ověřit efekt tohoto typu terapie také u pacientů ve fázi post-covidové. S ohledem na zmíněný hlavní cíl byl v rámci ověřování stanovených hypotéz potvrzen statisticky signifikantní efekt vysokovýkonné MLS laseroterapie na zlepšení respiračních parametrů u pacientů s post-covidovým syndromem. Dosažený efekt aplikované terapie byl shledán významnějším u skupiny pacientů do šedesáti let věku včetně, a také u probandů, kteří prodělali akutní stádium infekce covid-19 před více než půl rokem. Další statisticky významné zlepšení bylo zjištěno i po navazující respirační fyzioterapii.

Na základě diskutovaných výsledků a vzhledem k faktu, že příznivého efektu bylo dosaženo u celého zkoumaného souboru pacientů, se MLS laseroterapie jeví jako vhodná a účinná terapeutická metoda u pacientů s respiračními symptomy post-covidového syndromu, kterým by měla být aplikována bez ohledu na jejich věk či dobu od prodělání infekce covid-19. Celkový pozitivní přínos této léčebné metody dokládá i subjektivní zlepšení zdravotního stavu, které uvádělo téměř devadesát procent pacientů. Výsledky této práce by tedy mohly vést k širšímu využití a snazší dostupnosti MLS laserové terapie v rámci péče o pacienty s post-covidovým syndromem.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADL – aktivity denního života (activities of daily living)

ARO – anesteziologicko-resuscitační oddělení

ATP – adenosintrifosfát

CRP – C-reaktivní protein

CT – počítačová tomografie (computed tomography)

ČR – Česká republika

ČVUT – České vysoké učení technické

DNA – deoxyribonukleová kyselina

FBMI – Fakulta biomedicínského inženýrství

FVC – usilovná vitální kapacita (forced vital capacity)

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

H_0 – nulová hypotéza

H_A – alternativní hypotéza

HILT – vysokointenzivní laserová terapie (High-Intensity Laser Therapy)

HPLT – vysokovýkonná laserová terapie (High-Power Laser Therapy)

JIP – jednotka intenzivní péče

LLLT – nízkovýkonná laserová terapie (Low Level Laser Therapy)

MLS® (MLS) – Multiwave Locked System

např. – například

NICE – Národní institut pro zdraví a klinickou kvalitu (National institute for health and clinical excellence)

ORL – otorhinolaryngologie

OSN – Organizace spojených národů

PBMT – fotobiomodulační terapie (Photobiomodulation Therapy)

RFT – respirační fyzioterapie

RTG – rentgen

SARS-CoV-2 – koronavirus asociovaný s vážným akutním respiračním syndromem (Severe Acute Respiratory Syndrome-related Coronavirus)

tzv. – takzvaně

USB – univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)

WHO – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

6MWT – šestiminutový chůzový test (Six Minute Walk test)

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. WHO COVID-19 Dashboard. Geneva: World Health Organization, 2020 [online]. [cit. 2023-02-18] Dostupné z: <https://covid19.who.int/>
2. DEMECO A., MAROTTA N., BARLETTA M., et al. Rehabilitation of patients post-COVID-19 infection: a literature review. *Journal of International Medical Research* [online]. 2020, 48(8), 1-10 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1473-2300. Dostupné z: doi.org/10.1177/0300060520948382
3. ALWAN N.A. The road to addressing Long Covid. *SCIENCE* [online]. 2021, 373(6554), 491-493 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1095-9203. Dostupné z: [doi: 10.1126/science.abg7113](https://doi.org/10.1126/science.abg7113).
4. FERNÁNDEZ-DE-LAS-PENAS, C. PALACIOS-CENA, et al. Defining Post-COVID Symptoms (Post-Acute COVID, Long COVID, Persistent Post-COVID): An Integrative Classification. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2021, 18(5), 2621 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi.org/10.3390/ijerph18052621
5. RAVEENDRAN A.V., R. JAYADAVEN, S. SASHIDHARAN. Long COVID: An overview. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* [online]. 2021, 15(3), 869-875 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1871-4021. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.dsx.2021.04.007.
6. SHWETA Gore, J. KEYSOR. COVID-19 Postacute Sequela Rehabilitation: A Look to the Future Through the Lens of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Pulmonary Rehabilitation. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation* [online]. 2022, 000:100185 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2590-1095. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.arrct.2022.100185
7. SOVOVÁ E., S. GENZOR, M. SOVA a další. COVID-19 and post-COVID – Jekyll and Hyde of modern medicine. *Vnitřní lékařství* [online]. 2022, 68(4), 208-211 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1801-7592. Dostupné z:

<https://www.prolekare.cz/casopisy/vnitri-lekarstvi/2022-4-9/covid-19-a-post-covid-jekyll-a-hyde-moderni-mediciny-131965>

8. KOPECKÝ M., M. SKÁLA, K. NEUMANNOVÁ, V. KOBLÍŽEK. Post-covid syndrom/postižení – definice, diagnostika a klasifikace. Stručný poziční dokument ČPFS ČLS JEP (aktualizace předchozího dokumentu, červen 2021) *Studia Pneumologica et Phthiseologica* [online]. 2021, 81(5), 215-223 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1213-810X. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/casopis/?potvrzeni1=1&potvrzeni2=1&potvrzeni3=1&potvrzeni4=1&potvrzeni5=1&potvrzeni6=1&potvrzeni7=1&potvrzeni8=1&potvrzeni9=1&potvrzeni10=1&potvrzeni11=1&potvrzeni12=1&potvrzeni13=1&potvrzeni14=1&potvrzeni15=1&potvrzeni16=1&potvrzeni17=1&potvrzeni18=1&potvrzeni19=1&potvrzeni20=1&potvrzeni21=1&potvrzeni22=1&potvrzeni23=1&potvrzeni24=1&potvrzeni25=1&potvrzeni26=1&potvrzeni27=1&potvrzeni28=1&potvrzeni29=1&potvrzeni30=1&potvrzeni31=1&potvrzeni32=1&potvrzeni33=1&potvrzeni34=1&potvrzeni35=1&potvrzeni36=1&potvrzeni37=1&potvrzeni38=1&potvrzeni39=1&potvrzeni40=1&potvrzeni41=1&potvrzeni42=1&potvrzeni43=1&potvrzeni44=1&potvrzeni45=1&potvrzeni46=1&potvrzeni47=1&potvrzeni48=1&potvrzeni49=1&potvrzeni50=1&potvrzeni51=1&potvrzeni52=1&potvrzeni53=1&potvrzeni54=1&potvrzeni55=1&potvrzeni56=1&potvrzeni57=1&potvrzeni58=1&potvrzeni59=1&potvrzeni60=1&potvrzeni61=1&potvrzeni62=1&potvrzeni63=1&potvrzeni64=1&potvrzeni65=1&potvrzeni66=1&potvrzeni67=1&potvrzeni68=1&potvrzeni69=1&potvrzeni70=1&potvrzeni71=1&potvrzeni72=1&potvrzeni73=1&potvrzeni74=1&potvrzeni75=1&potvrzeni76=1&potvrzeni77=1&potvrzeni78=1&potvrzeni79=1&potvrzeni80=1&potvrzeni81=1&potvrzeni82=1&potvrzeni83=1&potvrzeni84=1&potvrzeni85=1&potvrzeni86=1&potvrzeni87=1&potvrzeni88=1&potvrzeni89=1&potvrzeni90=1&potvrzeni91=1&potvrzeni92=1&potvrzeni93=1&potvrzeni94=1&potvrzeni95=1&potvrzeni96=1&potvrzeni97=1&potvrzeni98=1&potvrzeni99=1&potvrzeni100=1>
9. KOPECKÝ M. Multioborové pracoviště pečující o pacienty, kteří trpí postCOVID obtížemi. *Scan* [online]. 2021, 8-9 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1211-295X. Dostupné z: https://www.fnhk.cz/data/casopis/2021_2.pdf
10. WADE, D. T. Rehabilitation after COVID-19: an evidence-based approach. *Clinical medicine* (London, England) [online]. 2020, 20(4), 359–365 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.7861/clinmed.2020-0353>
11. MLS@LASER THERAPY & COVID-19. eBook created by ASA [online]. 2021 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.asalaser.com/en/research-training>
12. ASLY M., A. HAZIM. Rehabilitation of post-COVID-19 patients. *Pan African Medical Journal* [online]. 2020, 36 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1937-8688. Dostupné z: [doi:10.11604/pamj.2020.36.168.23823](https://doi.org/10.11604/pamj.2020.36.168.23823)
13. NEUMANNOVÁ K., J. ZATLOUKAL, M. KOPECKÝ a další. Doporučený postup plicní rehabilitace u onemocnění COVID-19. 2021 Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/novinka/1813/doporuceny-postup-plicni-rehabilitace-u-onemocneni-covid-19/>
14. GRÜNEROVÁ LIPPERTOVÁ M., J. PĚTIOKÝ, S. ŠILHAVÁ a další. Možnosti rehabilitace pacientů s onemocněním COVID-19. *Praktický lékař* [online]. 2021, 101(1), 27-31 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1805-4544. Dostupné z:

<https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2021-1-14/moznosti-rehabilitace-pacientu-s-onemocnenim-covid-19-126426>

15. NOPP STEPHAN, F. MOIK, et al. Outpatient Pulmonary Rehabilitation in Patients with Long COVID Improves Exercise Capacity, Functional Status, Dyspnea, Fatigue, and Quality of Life. *Respiration* [online]. 2022, 24, 1-9 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1423-0356. Dostupné z: doi.org/10.1159/000522118
16. SPIELMANN MARC, A.M. PEKACKA-EGLI, et al. Effects of a Comprehensive Pulmonary Rehabilitation in Severe Post-COVID-19 Patients. *Int. J. Environ. Res. Public Health* [online]. 2021, 18(5), 1-13 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi.org/10.3390/ijerph18052695
17. MCNARRY A. MELITTA, R.M.G. BERG, et al. Inspiratory Muscle Training Enhances Recovery Post COVID-19: A Randomised Controlled Trial. *Eur Respir J.* [online]. 2022, 2 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1399-3003. Dostupné z: doi.org/10.1183/13993003.03101-2021
18. CAHALAN R., C. MEADE, S. MOCKLER. SingStrong—A singing and breathing retraining intervention for respiratory and other common symptoms of long COVID: A pilot study. *Canadian Journal of Respiratory Therapy* [online]. 2022, 58, 20-27 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2368-6820. Dostupné z: [doi:10.29390/cjrt-2021-074](https://doi.org/10.29390/cjrt-2021-074)
19. BOTEK Michal, Jakub KREJČÍ, Michal VALENTA et al. Molecular Hydrogen Positively Affects Physical and Respiratory Function in Acute Post-COVID-19 Patients: A New Perspective in Rehabilitation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, 19, no. 4 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph19041992>
20. UDUT V. V., NAUMOV, S. A., UDUT, E. V. et al. Mechanisms of the Effects of Short-Term Inhalations of Xe and O₂ Gas Mixture in the Rehabilitation of Post-COVID Ventilation Failure. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2022, 172(3), 364–367 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10517-022-05393-7>

21. STEJSKAL Pavel. *Proč a jak se zdravě hýbat*. Břeclav: Presstempus, 2004. ISBN 80-903350-2-0.
22. NAMBI G., ABDELBASSET, W.K., ALRAWAILI, S. M. et al. Comparative effectiveness study of low versus high-intensity aerobic training with resistance training in community-dwelling older men with post-COVID 19 sarcopenia: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil* [online]. 2021, 36(1):59-68 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/02692155211036956>
23. BARBARA C., CLAVARIO, P., DE MARZO, V. et al. Effects of exercise rehabilitation in patients with long coronavirus disease 2019. *Eur J Prev Cardiol* [online]. 2022 May 25; 29(7) [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwac019>
24. WAGNER B., STEINER, M., MARKOVIC., L. et al. Successful application of pulsed electromagnetic fields in a patient with post-COVID-19 fatigue: a case report. *Wien Med Wochenschr* [online]. 2022, 227-232, [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10354-021-00901-2>
25. PostCOVID syndrom – první zkušenosti pneumologů z FN Olomouc. 2022. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/medicina/postcovid-syndrom-prvni-zkusenosti-pneumologu-z-fn-olomouc/>
26. PRESOVÁ Eva. Postcovidový syndrom pronásleduje mnoho vyléčených. *FarmiNews* [online]. 2021(1), 24-25 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1214-5017. Dostupné z: <http://www.edukafarm.cz/v160-casopis-farminews-2021-1>
27. SOVA M., O. ZELA. Postcovidové plicní postižení v ordinacích praktických lékařů. *Medicína pro praxi* [online]. 2022, 19(1), 32-34 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1214-8687. Dostupné z: <https://doi.org/10.36290/med.2022.004>
28. ROBBINS T., M. GONEVSKI, C. CLARK, et al. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of long COVID: early evaluation of a highly promising intervention. *Clinical Medicine* [online]. 2021, 21(6), e629-e632 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1470-2118. Dostupné z: [doi:10.7861/clinmed.2021-0462](https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0462)

29. VERONESE N., R. BONICA, S. COTUGNO, et al. Interventions for Improving Long COVID-19 Symptomatology: A Systematic Review. *Viruses* [online]. 2022, 14(9) [cit. 2023-02-18]. ISSN 1999-4915. Dostupné z: doi:10.3390/v14091863
30. JIANG Dan. Guidelines for Patient-Practitioner Contact and TCM Management in Post-COVID Syndromes. *Journal of Chinese Medicine* [online]. 2021 (125), 71-79 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1438-042. Dostupné z: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=HRC&u=googlescholar&id=GALE|A653458303&v=2.1&it=r&sid=googleScholar&asid=23bec0e5>
31. GHODGE SIDDHI, P. TILAYE, S. DESHPANDE, et al. Effect of Pulmonary Telerehabilitation on Functional Capacity in COVID Survivors; an Initial Evidence. *International Journal of Health Sciences and Research* [online]. 2020, 10(10), 123-129 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2249-9571. Dostupné z: https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.10_Issue.10_Oct2020/18.pdf
32. LI J., W. XIA, et al. A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial. *Thorax* [online]. 2021, 1-10 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1468-3296. Dostupné z: doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217382
33. MACCARONE M. CH., S. MASIERO. Spa therapy interventions for post respiratory rehabilitation in COVID-19 subjects: does the review of recent evidence suggest a role? *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2021, 28(33), 46063-46066 [cit. 2023-02-18]. ISSN 0944-1344. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-021-15443-8
34. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR: *Přehled základních léčebných procedur používaných při lázeňské léčbě pro účely podpory COVID – Lázně* [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/cs/narodni-dotace/covid-lazne-2021>
35. NAVRÁTIL, Leoš. *Nové pohledy na neinvazivní laser*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN978-80-247-1651-0.

36. NAVRÁTIL, Leoš, ed. *Fyzikální léčebné metody pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-0478-9.
37. PODĚBRADSKÝ, Jiří a Radana PODĚBRADSKÁ. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2899-5.
38. MOKMELI S., M. A. VETRICI. Low level laser therapy as a modality to attenuate cytokine storm at multiple levels, enhance recovery, and reduce the use of ventilators in COVID-19. *Canadian Journal of Respiratory Therapy* [online]. 2020, 56(33), 25-31 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2368-6820. Dostupné z: doi:10.29390/cjrt-2020-015
39. VETRICI M. A., S. MOKMELI, A. R BOHM, M. MONICI a S. A SIGMAN. Evaluation of Adjunctive Photobiomodulation (PBMT) for COVID-19 Pneumonia via Clinical Status and Pulmonary Severity Indices in a Preliminary Trial. *Journal of Inflammation Research* [online]. 2021, 14(33), 965-979 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1178-7031. Dostupné z: doi:10.2147/JIR.S301625
40. ALAYAT M. S., A. M. ELSOUDANY a M. E. ALI. Efficacy of Multiwave Locked System Laser on Pain and Function in Patients with Chronic Neck Pain: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Photomedicine and Laser Surgery* [online]. 2017, 35(8), 450-455 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1557-8550. Dostupné z: doi:10.1089/pho.2017.4292
41. DE MATOS B. T. L., D. V. BUCHAIM, K. T. POMINI, et al. Photobiomodulation Therapy as a Possible New Approach in COVID-19: A Systematic Review. *Life* [online]. 2021, 11(6) [cit. 2023-02-18]. ISSN 2075-1729. Dostupné z: doi:10.3390/life11060580
42. SIGMAN S. A., S. MOKMELI, M. MONICI, M. A. VETRICI. A 57-Year-Old African American Man with Severe COVID-19 Pneumonia Who Responded to Supportive Photobiomodulation Therapy (PBMT): First Use of PBMT in COVID-19. *American Journal of Case Reports* [online]. 2020, 21(33), 965-979 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1941-5923. Dostupné z: doi:10.12659/AJCR.926779

43. SIGMAN S. A., S. MOKMELI, M. A. VETRICI. Adjunct low level laser therapy (LLLT) in a morbidly obese patient with severe COVID-19 pneumonia: A case report. *Canadian Journal of Respiratory Therapy* [online]. 2020, 56(33), 52-56 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2368-6820. Dostupné z: doi:10.29390/cjrt-2020-022
44. CIBULKA L., V. PETRTÝLOVÁ. Use of the MLS® Laser Therapy in the management of SARS-CoV-2 infection: a case report. *Energy for Health* [online]. 2021, 4-7 [cit. 2023-02-18]. ISSN 2421-2210. Dostupné z: <https://www.asalaser.com/en/research-training/asa-research-library/use-mlsr-laser-therapy-management-sars-cov-2-infection-case-report>
45. ČVUT v Praze – FBMI. *Akademičtí pracovníci z Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT pomáhají pomocí laserové terapie minimalizovat následky covidového zápalu plic*. Tisková zpráva [online]. 2021 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.fbmi.cvut.cz/cs/node/2268>
46. Unie fyzioterapeutů České republiky. *MLS Laserová terapie – POSTCOVID SYNDROM, COVID PNEUMONIE* [online]. Dostupné z: <https://www.unify-cr.cz/obrazky-soubory/mls-laserova-terapie-postcovid-syndrom-covid-pneumonie-14-5-2021-1-c26fa.pdf?redir>
47. ASALASER Research and Therapeutic Solutions, ©2019. *MLS® 3rd millennium Laser Therapy* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.asalaser.com/en/mlsr-laser-therapy>
48. MLS® LASERTHERAPY EXCEEDS ITSELF. *MLS® Terapie* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://mlsterapie.cz/>
49. KOCIÁNOVÁ JANA. Spirometrie – základní vyšetření funkce plic. *Vnitřní lékařství* [online]. 2017, 63(11), 889-894 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1801-7592. Dostupné z: <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2017/11/18.pdf>
50. CELSPAC pro zdravou budoucnost. Masarykova univerzita, ©2023. *Kolik toho udýcháte?* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.celspac.cz/youngadults/co-merime/spirometrie>

51. MIR – Medical International Research, ©2022. Spirobank II Advanced [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://spirometry.com/en/products/spirobank-ii-advanced/>
52. MACHOVÁ L., R. PODĚBRADSKÁ, M. STEPAŇUKOVÁ. Základy respirační fyzioterapie pro praktické lékaře. Praktický lékař [online]. 2019, 98(2), 104-108 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1805-4544. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2018-3-4/zaklady-respiracni-fyzioterapie-pro-prakticke-lekare-104919/download?hl=cs>
53. ZDAŘILOVÁ E., K. BURIANOVÁ, M. MAYER, O. OŠŤÁDAL. Techniky plicní rehabilitace a respirační fyzioterapie při poruchách dýchání u neurologicky nemocných. *Neurologie pro praxi* [online]. 2005, 5, 267-269 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1803-5280. Dostupné z: <https://solen.cz/pdfs/neu/2005/05/09.pdf>
54. PAVLÍK, Tomáš a Ladislav DUŠEK. *Biostatistika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-782-6.
55. APPLAUS TV, 2021, *Využití MLS laseru pro léčbu post-covidového syndromu a akutní covidové pneumonie*, YouTube video [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=_ThdMlm8fjw
56. Kardioline, 2021, *Tisková konference MLS laser léčba zápalu plic COVID 19 a POSTCOVID SYNDROM 22 Březen 2021 video*, YouTube video [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=x5JBzaPZgYg>
57. Kardioline, 2021, *Záznam odborného panelu – MLS laserem proti covidové pneumonii a postcovid syndromu 8 4 2021*, YouTube video [online]. [cit. 2023-04-11] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=tfCk-68gg0Q>
58. 37.Spirometrie. *Fyziologie – teorie k praktickým cvičením* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2021 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js21/fyziologie/web/pages/37_spiro

metrie.html?fbclid=IwAR25KwZNU5Snk5COJM9nmw5su5Hq1uzSAYTXje
M-xd9aAYg-zII5CSVWhhpQ

Použité obrázky:

1. WHO COVID-19 Dashboard. Geneva: World Health Organization, 2020 [online]. [cit. 2023-02-18] Dostupné z: <https://covid19.who.int/>
2. ASALASER Research and Therapeutic Solutions, ©2019. *MLS® 3rd millennium Laser Therapy* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.asalaser.com/en/mlsr-laser-therapy>
3. MLS® LASERTHERAPY EXCEEDS ITSELF. *MLS® Terapie* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://mlsterapie.cz/>
4. MIR – Medical International Research, ©2022. *Spirobank II Advanced* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://spirometry.com/en/products/spirobank-ii-advanced/>
5. Heal with Laser, ©2023. *Mphi 5 Multidiode Large Target Area* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.healwithlaser.com.au/products/mphi-five/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Mapa znázorňující počet celosvětově potvrzených případů covid-19 ke dni 17.2.2023 [1]	12
Obrázek 2 – Zobrazení složek MLS laseru (původní angl. verze obrázku [47]).	30
Obrázek 3 – Logo označující pracoviště v ČR poskytující MLS laseroterapii na post-covidový syndrom [48]	35
Obrázek 4 – Přístroj Spirobank II Advanced [51].....	39
Obrázek 5 – Vysokovýkonný MLS laser Mphi 5 [5]	42
Obrázek 6 – Výšečový graf genderového rozložení pacientů [vlastní zdroj]	45
Obrázek 7 – Výšečový graf vyjadřující početní zastoupení pacientů dle věkových skupin [vlastní zdroj].....	46
Obrázek 8 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC před a po laseroterapii dle časového intervalu od prodělání infekce [vlastní zdroj]	47
Obrázek 9 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC před a po laseroterapii dle věku pacientů [vlastní zdroj].....	48
Obrázek 10 – Sloupcový graf vyjadřující hodnoty FVC po laseroterapii a kinezioterapii dle věku pacientů [vlastní zdroj].....	49
Obrázek 11 – Výšečový graf subjektivního zhodnocení zdravotního stavu pacientů po laseroterapii [vlastní zdroj].....	50

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Přehled studií literární rešerše [vlastní zdroj].....	17
Tabulka 2 – Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu – efekt MLS laseroterapie [vlastní zdroj]	52
Tabulka 3 – Dvouvýběrový F-test pro rozptyl [vlastní zdroj]	53
Tabulka 4 – Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů – efekt MLS laseroterapie v závislosti na časovém intervalu od prodělání infekce covid-19 [vlastní zdroj]	53
Tabulka 5 – Průměrné hodnoty zlepšení FVC u dvou věkových skupin pacientů [vlastní zdroj].....	54
Tabulka 6 – Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu – efekt respirační fyzioterapie navazující na MLS laseroterapii [vlastní zdroj]	56