

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol

Bc. Vanda Šilhová

**Postupně navyšovaný maximální nádechový
odpor při tréninku respiračních svalů a jeho
vliv na dechové funkce u chronické
tetraplegie**

Diplomová práce

Praha 2023

Autor práce: Bc. Vanda Šilhová

Vedoucí práce: Mgr. Petra Laštůvková

Oponent práce: Mgr. Zuzana Našincová

Datum obhajoby: červen 2023

Bibliografický záznam

ŠILHOVÁ, Vanda. *Postupně navyšovaný maximální nádechový odpor při tréninku respiračních svalů a jeho vliv na dechové funkce u chronické tetraplegie*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta. Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2023, 92 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Petra Laštůvková.

Abstrakt

Teoretická část práce se zaměřuje na míšní léze, zpracovává problematiku respiračních poruch spojených s poraněním míchy a využití respirační fyzioterapie s důrazem na dechové trenažery. Praktická část práce se zabývá efektem šestitýdenního odporového dechového tréninku pomocí nádechového trenažeru Threshold IMT nebo Powerbreathe na respirační funkce u pacientů s tetraplegií v chronickém stádiu, dále porovnáním výsledků studie s dostupnými pracemi zabývajícími se stejnou problematikou. Součástí výzkumu byla jedna experimentální skupina sestávající z 15 probandů, všichni probandi byli spirometricky vyšetřeni před terapeutickou intervencí a po skončení – po šesti týdnech dechového tréninku. Hodnoceno bylo celkem 6 dechových parametrů (FVC, FEV1, PEF, PCF, MIP, MEP). Z výsledků práce lze konstatovat, že dechový trénink prokázal pozitivní vliv na všechny tyto parametry, statisticky významný rozdíl byl prokázán pouze u parametrů hodnotících sílu nádechového (MIP) a výdechového (MEP) svalstva.

Klíčová slova

míšní léze, respirační systém, spirometrie, respirační fyzioterapie, dechové trenažery

Bibliographical record

ŠILHOVÁ, Vanda. *Gradually increasing maximum inspiratory resistance during respiratory muscle training and its effect on respiratory function in chronic tetraplegia*. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2023. 92 p. Thesis supervisor Mgr. Petra Laštůvková.

Abstract

The theoretical part of the thesis describes basic mechanisms of spinal cord injuries, summarizes respiratory complications of spinal cord injuries and the use of respiratory physiotherapy with emphasis on breathing trainers. The practical part of the thesis focuses on the effect of 6 week long inspiratory muscle training using the Threshold IMT or Powerbreathe breathing trainer on respiratory functions in patients with chronic tetraplegia, as well as comparing the results of the study with available research exploring the same issue. The research included one experimental group consisting of 15 probands. All probands underwent measurement of spirometry parameters prior to the therapeutic intervention and again after six weeks of breathing training. A total of six respiratory parameters were evaluated (FVC, FEV1, PEF, PCF, MIP, MEP). From the results of the study, it can be concluded that breathing training showed positive effects on all of these parameters, but statistically significant difference was demonstrated only in the parameters evaluating the strength of the inspiratory (MIP) and expiratory (MEP) muscles.

Keywords

spinal cord injury, respiratory system, spirometry, respiratory physiotherapy, breathing trainers

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Petry Laštůvkové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 10.5.2023

Bc. Vanda Šilhová

Poděkování

V první řadě bych velmi ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce Mgr. Petře Laštůvkové za podporu, odborné vedení a cenné rady. Další poděkování patří týmu fyzioterapeutů z Centra Paraple o.p.s. za poskytnutí pomoci s výběrem probandů, za odborné vedení jejich vyšetření a za předání cenných připomínek k mému výzkumu. Dále děkuji svým probandům za projevenou důvěru, ochotu a čas být součástí mé studie. Velmi si toho vážím.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

NLI	Neurological Level of Injury
ASIA	American Spinal Injury Association
ASIS	ASIA Impairment Scale
ISNCSCI	International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury
ISCoS	International Spinal Cord Society
SCIM	Spinal Cord Independence Measure
DPR	Delayed plantar reflex
ČIAK	intermitentní (auto)katetrizace
PMK	permanentní močový katetr
FVC	forced vital capacity
FEV1	forced expiratory volume in one second
FEV6	forced expiratory volume in six seconds
MVV	maximal voluntary ventilation
PEF	peak expiratory flow
PCF	peak cough flow
MIP	maximal inspiratory pressure
MEP	maximal expiratory pressure
ERV	expiratory reserve volume
IRV	inspiratory reserve volume
RV	residual volume
VT	tidal volume
FRC	functional residual capacity
IC	inspiratory capacity
VC	vital capacity
TLC	total lung capacity
ACT	airways clearance techniques
PEP	positive expiratory pressure
IMT	inspiratory muscle training

OBSAH

ÚVOD	7
1 TEORETICKÉ POZNATKY	9
1.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY SPINÁLNÍHO PORANĚNÍ	9
1.2 ANATOMIE A FYZIOLOGIE PÁTEŘE A MÍCHY	10
1.3 TRANSVERZÁLNÍ MÍŠNÍ LÉZE.....	12
1.3.1 Klasifikace míšních lézí.....	12
1.3.2 Mechanismus a patofyziologie míšního poranění.....	16
1.3.3 Klinický obraz míšního poranění.....	18
1.3.4 Komplikace míšního poranění	21
1.4 RESPIRAČNÍ PROBLEMATIKA	24
1.4.1 Fyziologie dýchání.....	24
1.4.2 Patofyziologie a komplikace dýchání u tetraplegie	26
1.4.3 Spirometrie.....	28
1.5 RESPIRAČNÍ FYZIOTERAPIE	31
1.5.1 Základní metodické postupy	31
1.5.2 Terapie hygieny dýchacích cest.....	34
1.5.3 Dechové trenažery	36
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY	39
2.1 CÍL PRÁCE	39
2.2 HYPOTÉZY	39
3 PRAKTICKÁ ČÁST	40
3.1 METODIKA PRÁCE.....	40
3.1.1 Design studie a výběr probandů.....	40
3.1.2 Vstupní kritéria	40
3.1.3 Vyšetření a sběr dat.....	41
3.1.4 Terapie	43
3.1.5 Použité nástroje a metody pro analýzu dat	46
3.2 VÝSLEDKY	47
3.2.1 Charakteristika vybraného souboru	47

3.2.2	Výsledky měření a test hypotéz	49
4	DISKUZE.....	58
4.1	VLIV MÍŠNÍ LÉZE NA RESPIRAČNÍ FUNKCE.....	58
4.2	VÝSLEDKY PRÁCE	60
4.3	LIMITY STUDIE.....	66
	ZÁVĚR.....	67
	REFERENČNÍ SEZNAM	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM GRAFŮ	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84
	PŘÍLOHY	85

ÚVOD

Poranění míchy je druh vysoce invalidizujícího postižení, které má za následek různý stupeň motorického, senzoryckého a autonomního deficitu. Pacienti jsou často odkázáni na každodenní pomoc druhých a jejich kvalita života je významně snížena. Ačkoliv existuje řada léčebných metod, které mají příznivý klinický účinek, žádnou z nich nelze plně poškození míchy vyléčit. Právě proto je multidisciplinární přístup léčby základním předpokladem v péči o tyto pacienty, a to jak samotného poranění, tak především komplikací, které ho doprovází.

Pravidelná rehabilitace pozitivně ovlivňuje kvalitu pacientova života, lze zlepšit nejen motorické funkce, ale správně vedenou respirační fyzioterapií můžeme pozitivně ovlivnit i dechové funkce, které bývají výrazně sníženy. Dle studií je prokázáno, že pacienti se spinálním poraněním v oblasti krční míchy mají vitální kapacitu plic sniženou až o 70 %, mají výrazně zhoršenou schopnost odkašlávání, sníženou poddajnost hrudní stěny a plic a celkově v důsledku ztráty schopnosti aktivace respiračního svalstva je dechová mechanika neefektivní a neekonomická. (Kumar, 2017)

Při nedostatečné léčbě a péči o dýchací systém bývají respirační komplikace nejčastější příčinou mortality a morbidit těchto pacientů. Přesto nebývá na respirační fyzioterapii tetraplegiků brán dostatečný důraz, ačkoliv by v celkové rehabilitační léčbě měla hrát nezastupitelnou roli.

V dnešní době existuje řada dechových trenažerů, které mají prokazatelně pozitivní efekt na respirační parametry a mohou významně ovlivnit dechové funkce, případně i předejít vzniku dechových komplikací. Výhodou těchto trenažerů je kromě jiného jejich jednoduché použití. Po řádném zaučení a edukaci může pacient trénovat dechové svalstvo s pomocí zmíněných trenažerů bez odborného dohledu. I přes to nebývá zařazení dechových trenažerů do celkové péče o pacienty běžné a značná část jedinců o nich nemá doposud povědomí. Využití dechových trenažerů v celém kontextu respirační fyzioterapie se může stát díky snadnému použití pravidelnou součástí léčby a prevence vzniku respiračních dysfunkcí u pacientů s tetraplegií.

Práce je rozdělena na dvě části; teoretická část je zaměřena na problematiku spinálního poranění a jsou zde shrnuty existující poznatky o respirační problematice, komplikacích dechového systému těchto pacientů včetně rehabilitace a respirační

fyzioterapie. Praktická část se věnuje experimentální studii, jejímž cílem bylo zjistit, zda dechový trénink pomocí respiračního trenažeru má pozitivní efekt na dechové parametry u pacientů s tetraplegií v chronickém stádiu onemocnění; jsou zde shrnuty cíle práce, hypotézy, průběh studie a následně analyzovány výsledky výzkumu, na závěr jsou výsledky porovnány s odbornými studiemi zabývajícími se stejnou problematikou.

1 TEORETICKÉ POZNATKY

1.1 Úvod do problematiky spinálního poranění

Poranění míchy patří mezi jedno z nejzávažnějších a nejvíce devastujících zdravotních poškození, které se výrazně podepisuje na kvalitě života jedince a přináší řadu sociálních, psychických i zdravotních problémů. I přes to, že se medicína a technologie stále posouvají, může vést poranění míchy k fatálním následkům. (Kang, 2018)

Ročně vznikne v České republice přibližně 250–300 míšních zranění. Průměrný věk těchto pacientů je kolem 50 let s postupným trendem zvyšování průměrného věku jedinců do vyšších věkových kategorií. (Kříž, 2019, s.59) Ibarra ve své publikaci z roku 2019 uvádí, že v roce 2017 byla světová prevalence spinálního poranění mezi 440 a 526 případy na milion obyvatel, nově tedy ročně vznikne 130 000 případů poranění míchy. Dále zde uvádí, že průměrný věk pacientů se spinálním postižením je 37 let. (Ibarra, 2019, s.3)

Adaptace na nové podmínky je velmi náročný proces pro všechny zúčastněné, tedy nejen pro samotného pacienta, jeho rodinu a blízké, ale také pro zdravotní systém. Kromě toho, že dochází k velmi závažnému zdravotnímu postižení, poranění přináší významné ekonomické náklady. I přes velmi pokročilou medicínu a technologie neexistuje žádný přímý léčebný plán. Jedná se o problematickou patologii nejen pro pacienta, ale i pro celý zdravotní systém. (Ibarra, 2019, s.13)

Bezprostředně po úrazu míchy je pacient převezen na spondylochirurgické oddělení, kde mu je provedena urgentní operace, konkrétně dekomprese míchy a následná stabilizace páteře. Už zde bývá zahájena první rehabilitace. V případě pacientů, kteří jsou kardiálně i pulmonálně stabilní, následuje překlad na oddělení spinální jednotky. Spinální jednotky jsou v České republice celkem čtyři, a to konkrétně ve Fakultní nemocnici Motol v Praze, v Krajské nemocnici Liberec, Fakultní nemocnici Brno a ve Fakultní nemocnici Ostrava. Na spinální jednotce je pacient v rukou komplexního týmu a je mu poskytována péče ošetrovatelská, lékařská, rehabilitační, psychologická a sociální. Léčebná rehabilitace se v tomto akutním stádiu poranění zaměřuje především na maximální obnovu postižených funkcí, fyzioterapeut se snaží pracovat se zbylým svalovým

potenciálem jedince a napomoci pacientovi k postupnému dosažení co možná nejvyššího stupně soběstačnosti. (Kříž, 2013)

Po přibližně 2-3 měsících pacient pokračuje v léčbě v rehabilitačním ústavu. V České republice jsou konkrétně 3 ústavy, které se zaměřují na spinální pacienty – Kladruby, Luže – Košumberk a Hrabyně. Kromě intenzivní rehabilitační péče zde probíhá i ergoterapie, která je zaměřena především na nácvik zvládnání denních činností, které jsou pro pacienta nezbytné pro soběstačnost po návratu domů. V těchto ústavech pacient stráví dalších zhruba 4-6 měsíců a následně je propuštěn do domácí péče. (Kříž, 2013; Česká společnost pro míšní léze, 2022)

V chronické fázi je velice důležité zajistit pacientům co možná nejlepší kvalitu života. V ČR je několik neziskových organizací, které se zaměřují na pomoc pacientům po poranění míchy a nabízejí jim různé služby včetně poradenství, sociálních služeb, zapůjčení pomůcek, osobní asistenci, případně i společenské, sportovní či pracovní aktivity. Mezi společnostmi, které pracují se spinálními pacienty patří Česká asociace paraplegiků, Centrum Paraple v Praze a Paracentrum Fenix v Brně. (Kříž, 2013)

Pro spinální pacienty je nejdůležitější multidisciplinární přístup, klíčová je také návaznost pracovišť v poúrazovém období a kvalitní péče o jedince, která mu umožní návrat do života v co nejvyšší možné kvalitě.

1.2 Anatomie a fyziologie páteře a míchy

Osový skelet člověka se mimo jiné skládá z páteře, která je tvořena 33-34 obratli. Jednotlivé obratle se potom segmentálně dělí dle toho, ve které oblasti se nachází. Krční páteř se skládá celkem ze 7 krčních obratlů, hrudní segment se skládá ze 12 hrudních obratlů, které mají mohutnější tělo než kranálněji uložené krční obratle, bederní oblast je složená z 5 bederních obratlů, které mají nejmohutnější těla. Volně na bederní část navazuje křížová kost, která je tvořena srostlými křížovými obratli. Konec páteře je potom tvořen kostrčí. Jsou to nejmenší obratle, je jich 4-5 a společně tvoří zakončení páteře. (Karimi, 2012, s. 11)

Každý obratel se skládá ze tří hlavních částí – tělo, oblouk a výběžky. Obratlové tělo má především nosnou funkci; oblouky obratlů jsou důležité zejména pro ochranu

míchy a k tělu jsou připojeny zezadu; výběžky obratlů slouží hlavně k pohyblivosti páteře. (Čihák, 2016, s.103)

Mezi jednotlivými obratlovými těly se nachází meziobratlové destičky (discus intervertebralis), mají tedy tvar stejný jako obratlová těla a jsou tvořené vazivovou chrupavkou. Dohromady jich je na páteři 23, první se nachází mezi druhým a třetím krčním obratlem a poslední destička je mezi pátým bederním obratlem a prvním sakrálním obratlem. Každý disk se skládá ze dvou částí – anulus fibrosus a nucleus pulposus. Anulus fibrosus je prstencovitá struktura tvořená vlákny vazivové chrupavky a fibrosního vaziva a je na okraji destičky. Uprostřed disku se nachází nucleus pulposus, což je kulaté jádro složené z rosolovité vodnaté hmoty. (Kočiš, 2012, s.6)

Uzavřením spojení oblouku a těla vzniká obratlový otvor – foramen vertebrale. Všechny tyto otvory jednotlivých obratlů, foramina vertebralia, spolu se zadní částí meziobratlového disku vytváří páteřní kanál – canalis vertebralis. Páteřním kanálem prochází mícha, medulla spinalis, která je uzavřena v durálním vaku společně s dalšími obaly míchy. Mícha začíná v úrovni foramen magnum, mezi okcipitální kostí a atlasem, přímo navazuje na prodlouženou míchu a končí u druhého bederního obratle, přičemž její distální část je zúžena v conus medullaris. Ještě distálněji se pak nachází cauda equina neboli pokračování míšních kořenů v durálním vaku. (Čihák, 2016, s. 103)

Mícha je nervová trubice dlouhá přibližně 40-50 cm, která společně s mozkem tvoří centrální nervový systém. Její tvar je oválný a v průřezu můžeme vidět několik struktur. Uprostřed míchy je uložen canalis centralis, ve kterém se nachází mozkomíšní mok, kolem něj se nachází šedá hmota míšní tvořená těly neuronů, která na průřezu připomíná tvar motýla. V šedé hmotě míšní můžeme dále diferencovat míšní rohy – přední míšní rohy (conua ventralia), zadní rohy (conua dorsalia) a postranní rohy (conua lateralia). Blíže k povrchu se nachází bílá hmota míšní, která je naopak tvořená nervovými vlákny. Nervová vlákna jsou pak dále rozdělena na provazce (funiculi posterior, lateralis a anterior), ve kterých probíhají senzitivní a motorické dráhy a dále dráhy autonomního nervového systému. Dále na průřezu míchy vidíme vpředu zářez, vzadu se nachází žlábek a další dva žlábků se nachází na každém boku (zadní a přední žlábek postranní). Z těchto postranních žlábků vycházejí kořeny míšní (přední a zadní), které se následně spojují a vytváří jeden míšní nerv. (Hudák, 2013, s. 399)

Mícha je segmentálně rozdělena na 31 částí a vychází z ní celkem 31 párů míšních nervů, díky kterým dochází k přenosu informací mezi mozkem a periferní nervovou soustavou. Celkem máme 8 párů krčních nervů, 12 párů hrudních nervů, 5 párů bederních nervů, 5 párů křížových nervů a 1 pár kostrčního nervu, přičemž každý segment je důležitý pro inervaci jiné části těla. (Dylevský, 2009, s. 456-457)

V krční a bederní oblasti je mícha lehce rozšířena v krční a bederní intumescenci. Intumescence krční (C3-Th2) inervuje horní končetiny, kaudálněji uložena bederní intumescence (TH9-L1) zajišťuje inervaci dolních končetin. (Čihák, 2016, s. 270)

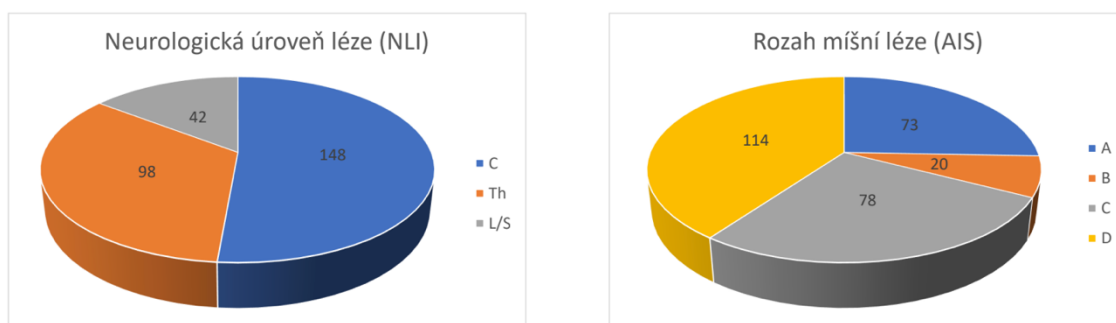
V případě poranění míchy dochází k poruše hybnosti, citlivosti a autonomních funkcí. Rozsah poškození je dán výškou poranění míchy a porucha se pak vyskytuje vždy kaudálně od místa poranění. Krční nervy inervují motoricky a senzitivně horní končetiny, krk a hlavu; hrudní segmenty a jejich nervy zajišťují inervaci mezižeberních svalů a svalů a kůže v oblasti zad a hrudníku; 5 párů bederních nervů slouží pro inervaci kůže i svalů břicha a stehna a kůže v oblasti pohlavních orgánů; křížové nervy vedou vlákna pro dolní končetiny a svaly sedací. (Luk a Souter, 2017, s. 88-95)

1.3 Transverzální míšní léze

1.3.1 Klasifikace míšních lézí

Spinální léze je definována jako akutní poranění míchy, které má za následek různý stupeň motorické, senzorycké a autonomní poruchy. Traumatické poranění může zapříčinit dlouhodobou dysfunkci orgánových soustav a spolu s trvalou změnou funkce může vést k vyšší morbiditě a nižší kvalitě života. (Hagen, 2015)

Krční úsek míchy bývá poškozen nejčastěji – celkově tvoří přibližně polovinu všech míšních lézí právě poranění krční míchy; naopak bederní mícha bývá poškozena nejméně často. (Česká společnost pro míšní léze, 2022) Statistika počtu pacientů na spinálních jednotkách v ČR za rok 2021 dle neurologické úrovně léze a rozsahu míšní léze je vizuálně zobrazena na obrázku 1.



Obrázek 1: vizuální reprezentace počtu míšňích lézí dle NLI a AIS (Česká společnost pro míšňí léze, 2022)

Klinické obrazy míšňí léze se dělí podle výšky poškození – pentaplegie (poškození na úrovni C4 a výše), tetraplegie (poškození mezi C5-Th1) a paraplegie (poškození od segmentu Th2 a níže) (Kolář, 2009, s. 352)

Pentaplegie je nejzávažnější stav, dochází k ochrnutí všech čtyř končetin, trupového svalstva a bránice. Pacienti jsou indikováni k zavedení umělé plicní ventilace či jiné ventilační podpoře, která zajistí dechové funkce. (Kolář, 2009, s. 352)

Klinický obraz tetraplegie se projevuje poruchou hybnosti horních končetin, kdy závažnost a rozsah poruch na horních končetinách je dán přesnou výškou léze, dochází k úplné ztrátě hybnosti trupu a dolních končetin. (Karimi, 2012, s. 16)

Obraz paraplegie se vyznačuje ztrátou hybnosti na dolních končetinách, částečně i na trupu a zachovalou funkcí horních končetin. Dělí se na vysokou paraplegii a nízkou paraplegii, kdy u obou typů převažuje porucha na dolních končetinách a dle výšky je přítomný deficit hybnosti trupu. (Karimi, 2012, s. 16)

Na základě vyšetření motorických a senzorických funkcí se určuje neurologická úroveň léze NLI (neurological level of injury) a její rozsah AIS (ASIA impairment scale), přičemž vše je definováno mezinárodním standardem pro neurologickou klasifikaci poranění míchy (ISNCSCI – International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury) (viz Příloha č. 1). (Vialle, 2017)

První mezinárodní standardy byly publikovány v roce 1982 Americkou asociací spinálního poranění (ASIA – American Spinal Injury Association) a Mezinárodní společností míšňího poranění (ISCoS – International Spinal Cord Society), kdy jejich hlavním cílem bylo sjednotit a standardizovat vyšetření pacientů po poranění míchy a zlepšit tak vzájemnou komunikaci mezi zdravotníky a dalšími pracovníky. Mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci poranění míchy představují zlatý standard pro dokumentaci úrovně a závažnosti poranění míchy. Od té doby stále probíhají revize

standardů pro co nejjednodušší vyhodnocení a pro zajištění co nejvyšší validity a spolehlivosti. Pořádají se pravidelné ISNCSCI workshopy, což výrazně přispívá ke správné interpretaci výsledků vyšetření. Nejnovější revize z roku 2019 je založena především na komentářích, dotazech a návrzích lékařů a výzkumníků, zároveň byla brána v potaz zpětná vazba ze školících kurzů a workshopů. (ASIA and ISCoS International Standards Committee, 2019)

U každého pacienta se určuje neurologická úroveň poškození, která je daná motorickou a senzitivní dysfunkcí. Motorickou úroveň lze zjistit na základě vyšetření tzv. klíčových svalů (Kříž, 2019, s.19):

- C5 – flexory lokte
- C6 – extenzory zápěstí
- C7 – extenzory lokte
- C8 – flexory prstů
- Th1 – abduktor malíku
- L2 – flexory kyčle
- L3 – extenzory kolene
- L4 – extenzory nohy
- L5 – extenzory palce
- S1 – flexory nohy

Každý klíčový sval je nutné vyšetřit v přesně definované poloze a jeho síla se následně hodnotí stupni 0-5 (ASIA, 2019):

- 0 – úplná paralýza,
- 1 – palpovatelná nebo viditelná svalová kontrakce,
- 2 – aktivní pohyb v plném rozsahu s vyloučením gravitace,
- 3 – aktivní pohyb v plném rozsahu proti gravitaci,
- 4 – aktivní pohyb v plném rozsahu proti gravitaci a s mírným odporem ve specifické poloze,
- 5 – aktivní pohyb v plném rozsahu proti gravitaci a proti plnému odporu.

Úroveň senzitivity je dána pomocí klíčových bodů, kterých je 28, přičemž každý bod představuje odpovídající dermatom. Součástí senzitivního vyšetření je lehký dotyk a diskriminační cití. Lehký dotyk je prováděn štětíčkou na určitý dermatom, referenčním bodem je místo na obličeji. Diskriminační cití se vyšetřuje pomocí píchnutí špendlíkem

(jeho ostrým a tupým koncem), opět se aplikuje na určitý dermatom a stejně jako u lehkého dotyku je zde referenčním bodem místo na obličeji (nejčastěji tvář). Úroveň senzitivity se pak hodnotí stupni 0-2 (Kříž, 2019, s.19-21):

- 0 – úplná absence cití, pacient necítí aplikaci dotyku ani špendlíku,
- 1 – pacient správně uvádí pocit dotyku (rozliší mezi tupým a ostrým špendlíkem), ale vnímá tento vjem odlišně oproti vjemu na obličeji,
- 2 – pacient uvádí pocit doteku (rozliší mezi ostrým a tupým špendlíkem) a intenzita je pro něj stejná jako na referenčním bodě.

Na základě motorické a senzitivní úrovně se poté určuje konečná neurologická úroveň, která je daná nejkaudálnějším segmentem s normální senzitivní i motorickou funkcí bilaterálně.

- AIS A = kompletní léze – není zachovaná motorická ani senzitivní funkce v segmentech S4-S5,
- AIS B = senzitivně nekompletní léze – je zachovaná senzitivní funkce v segmentech S4-S5, ale ne motorická funkce více než 3 segmenty pod motorickou úrovní léze bilaterálně,
- AIS C = motoricky nekompletní léze – zachována motorická funkce v nejkaudálnějších segmentech pro volní anální kontrakci nebo je jedinec podle kritérií senzitivně nekompletní + má zachované alespoň nějaké motorické funkce více než tři úrovně pod ipsilaterální motorickou úrovní; pod neurologickou úrovní léze je méně než polovina klíčových svalů na stupni svalové síly 3 a více,
- AIS D = motoricky nekompletní léze – zachována motorická funkce pod neurologickou úrovní léze a minimálně polovina klíčových svalů pod neurologickou úrovní léze je hodnocena svalovým stupněm 3 a více,
- AIS E = normální – v případě, že je motorická i senzitivní funkce vyhodnocená jako normální ve všech segmentech (ale původně jedinec vykazoval deficit). (Kříž, 2019, s. 22)

Pro kompletnost vyšetření se využívá škála SCIM (Spinal Cord Independence Measure) pro zhodnocení nezávislosti a soběstačnosti pacienta. Vyšetřovací test sestává ze čtyř hlavních oblastí, přičemž v každé jsou 4 dotazy, celkem tedy 16 otázek. První část je zaměřená na základní sebeobsluhu pacienta (hygiena, oblékání, příjem potravy); druhá skupina dotazů je mířená na oblast dýchání, schopnost ovládat močový měchýř a střeva;

další část se zabývá pohyblivostí pacienta, tedy dotazy na mobilitu na lůžku a přesuny na invalidní vozík; poslední část vyšetřovacího testu se týká pohyblivosti na krátké a dlouhé vzdálenosti, mobilitu v exteriéru, schopnost zvládnout schody a přesuny do auta. (Kříž, Chvostková, 2009)

1.3.2 Mechanismus a patofyziologie míšního poranění

V České republice dochází k míšnímu poranění zhruba u 250 jedinců za rok. Nejčastější příčinou míšního poškození bývají úrazy spojené se současným poraněním páteře. Mezi nejčastější příčiny spinálního poranění patří pády z výšky, autonehody, sportovní úraz (především jízda na lyžích, jízda na kole, skoky do vody) či pracovní úrazy. (Kolář, 2009, s. 352)

Míšní poranění tedy nejčastěji vzniká v důsledku traumatického nárazu na páteř, při kterém dojde ke zlomení či luxaci obratle. Následně dojde k pohmoždění či úplnému roztržení míšní tkáně vysunutým kostním fragmentem. Celkově byly popsány čtyři hlavní mechanismy poranění míchy, a to: náraz s následnou přetrvávající kompresí; náraz s přechodnou kompresí; distrakce; tržná rána/ přetětí míchy. Nejčastějším mechanismem je náraz s následnou přetrvávající kompresí, k čemuž dochází typicky při zlomeninách obratle s následným stlačením míchy kostním fragmentem, případně při dislokačních poraněních. Náraz s přechodnou kompresí bývá nejčastěji důsledkem hyperextenzního poranění. V případě, že jsou dva sousední obratle odtrženy od sebe, dojde k natažení páteře v axiální rovině a následně k distrakčnímu poranění míchy. Poslední mechanismus poranění, tržná rána, vzniká při střelných zraněních, těžkých luxacích nebo jako důsledek luxace ostrého kostního úlomku. Může tak dojít k menšímu poranění, ale i ke kompletnímu přetětí míchy. (Alizadeh, 2019)

Míšní poranění se dělí na primární a sekundární. Poranění primární je důsledkem přímého poškození míchy vlivem různých mechanismů poranění; ty mohou být penetrující nebo tupá. Sekundární zranění zahrnuje nejrozličnější biochemické extracelulární a intracelulární poškození. Vaskulární narušení má za následek akutní krvácení a následnou ischemii míchy; dochází k řadě biomechanických změn, což vede k přenosu velkého množství cytotoxických produktů do míšního prostředí a následkem je buněčná smrt. (Hachem, 2017)

Prvotní trauma způsobí mechanické poranění míchy s porušením vaskulárního systému, dochází k progresivnímu edému, k ischemii a spouští se proapoptická signalizace. To vše vede k narušení hematomišní bariéry, přílivu zánětlivých buněk a vazoaktivních peptidů a uvolnění koagulačních faktorů. Všechny tyto procesy podporují trombózu a spasmus cév, což vede k další hypoxii. Konečný rozsah poškození míchy je pak důsledkem primárních a sekundárních mechanismů, které začínají v okamžiku poranění a trvají dny až týdny. (Rouanet, 2017)

Bezprostředně po poranění míchy vzniká míšní šok, který je definován jako úplná ztráta motorických a sensorických funkcí distálně od místa poranění, dochází ke ztrátě hlubokých reflexů včetně chybějícího svěračového reflexu s hyporeflexií nebo areflexií a hypotonií, postupně v průběhu týdnů se tento stav mění a nastává obnova reflexů, která může vést naopak až k hyperreflexii. Za ukončení stádia spinálního šoku se považuje návrat reflexů, někdy obnova reflexní aktivity svěrače, případně přítomnost spasticity. (Hachem, 2017)

Obecně lze stádium míšního šoku rozdělit do tří fází. První nastává fáze hyporeflexie až areflexie, což je pravděpodobně způsobeno hyperpolarizací neuronů, tedy snížením jejich excitability z důvodu absence descendní facilitace, k čemuž dochází ihned po poranění míchy, kdy jsou neurony míchy distálně od místa léze odděleny od descendentních vzruchů. Právě snížení excitability může být důvodem ztráty reflexů. U pacienta ve stádiu první fáze míšního šoku najdeme snížené reflexy, případně úplnou ztrátu míšních reflexů kaudálně od místa léze, pseudochabou parézu nebo plegii příčně pruhovaných svalů, dále jsou poškozeny funkce senzitivní a autonomní pod místem léze. První fáze se projevuje hned v prvním dni po poranění míchy. (Kříž, 2019, s.10)

Druhá fáze míšního šoku, fáze návratu reflexů, trvá většinou několik dní. Obnova reflexů je způsobena denervační hypersenzitivitou, jejíž hlavní příčinou je tzv. up-regulace – zvýšená syntéza receptorů (především excitačních glutamátových receptorů) na postsynaptické membráně. DPR (delayed plantar reflex) neboli opožděná plantární odpověď je většinou první reflex, který lze po poranění míchy vybavit. V případě, že je tento reflex přítomný déle než 48 hodin po úrazu, svědčí to o špatné prognóze onemocnění. První fyziologický vybavitelný reflex je obvykle jeden z polysynaptických kožních receptorů, šlachookosticové reflexy se objevují později. (Ko, 2018)

V případě kompletní míšní léze není obnova reflexů spojena s návratem motorických funkcí; u nekompletního míšního poranění je návrat reflexní aktivity provázen i návratem volní motoriky. (Kříž, 2019, s.10)

Fáze hyperreflexie je posledním stádiem míšního šoku. Postupně dochází k návratu hybných funkcí a změně výbavnosti reflexů díky tvorbě nových nervových spojů interneuronů a axonů reflexních oblouků i axonů zachovaných sestupných motorických drah. Pro tvorbu nových synapsí je nezbytná zvýšená proteosyntéza, k čemuž dochází v oblasti zakončení axonu i v těle neuronu. Šlachookosticové reflexy se postupně objevují mezi 4. až 30. dnem po úrazu míchy, zároveň dochází k reorganizaci motorických drah, které nebyly porušeny, což může přispět ke zlepšení hybných funkcí. Autonomní funkce se také postupně dostávají do aktivity, převažuje zmírněná vagová bradykardie a hypotenze. (Kříž, 2019, s.11)

V souvislosti se spinálním šokem je obvykle zmiňován i neurogenní šok, který je charakterizován sníženým krevním tlakem s bradykardií a je spojen s nerovnováhou autonomního nervového systému. (Hagen, 2015) Objevuje se již v prvních hodinách po poranění a může být přítomen až několik týdnů. Postupně dochází ke srovnání hodnot krevního tlaku, ale typicky zůstávají na nižších úrovních. V případě velké hypotenze může dojít k ischemii míchy a následnému rozvoji sekundárního spinálního poranění, které ještě víc přispěje k poškození nervové tkáně. Snahou je minimalizovat riziko vzniku sekundárního poškození míchy, proto se využívají všechny dostupné možnosti zvýšení krevního tlaku pro zlepšení prokrvení míchy. (Galerias, 2017)

1.3.3 Klinický obraz míšního poranění

Klinický obraz pacienta po spinálním poranění je dán výškou míšní léze (vertikálně), ale také rozsahem poškození míchy (horizontálně). Na základě těchto dvou parametrů dochází k poruše senzitivní, autonomní a motorické. Dle vertikální neurologické úrovně léze dělíme míšní poranění na pentaplegii, tetraplegii, paraplegii, syndrom míšního konu a syndrom caudy equiny. Na základě rozsahu míšního poranění se určuje, zda se jedná o kompletní či nekompletní lézi. Do kategorie nekompletních lézí patří syndrom centrální míšní šedi, Brown-Séquardův syndrom, syndrom přední míšní arterie a syndrom zadních míšních provazců. (Kříž, 2019, s. 39-42)

Pacienti s poraněním míchy v úrovni C3 a výše mají úplné ochrnutí horních končetin, trupu i dolních končetin; nejsou schopni samostatné ventilace, jsou indikováni k ventilační podpoře. Nejsou schopni samostatně vykašlávat, může být narušena nebo snížena schopnost fonace. Takovýto jedinec vyžaduje kompletní asistenci druhé osoby při každodenních činnostech a je plně závislý na okolí. (Shepherd Center, 2019)

Pacient s postižením míchy v úrovni C4 může být již schopen dýchat bez ventilátoru, jinak je zcela závislý na svém okolí. Ke svému životu potřebuje elektrický vozík, který ovládá ústy; na horních končetinách bývá zachován pouze pohyb ramen do elevace. (Kříž, 2019, s. 48; Pfeiffer, 2007, s. 178-179)

Míšní léze v úrovni C5 je specifická zachovanou funkcí m. biceps brachii – pacient svede flexi lokte a je schopen ovládnutí mechanického vozíku. Většina pacientů potřebuje asistenci při každodenních činnostech. Kvůli plegii interkostálního svalstva mají velmi nízkou vitální kapacitu plic. V rehabilitaci je pro ně velmi důležitý trénink rozsahu pohybu a protahovací cvičení jako prevence flekčních či supinačních kontraktur lokte, dále respirační fyzioterapie pro zlepšení dýchání a vykašlávání. (Kříž, 2019, s. 49; Karimi, 2012, s.21)

Úroveň postižení C6 umožňuje jedinci hybnost v ramenních kloubech, je zachovaná plná síla flexe v lokti a funkce m. extensor carpi radialis, díky kterému pacient může trénovat aktivní funkční úchop. Jedinci jsou často nezávislí v denních činnostech jako je sebesycení, hygiena či oblékání horní části těla. (Kříž, 2019, s. 50; Nas, 2015)

Při postižení v míšním segmentu C7-8 je pacient schopen aktivní extenze lokte díky zachované funkci m. triceps brachii, což jedinci umožňuje kvalitní oporu o horní končetiny. Hybnost v ramenou, loktech i zápěstích je plně zachována. Dále jedinec svede flexi i extenzi všech prstů ruky i abdukci palce. Úchop a obratnost jsou ovšem limitované kvůli částečné dysfunkci vnitřních krátkých svalů ruky. (Kříž, 2019, s. 51; Karimi, 2012, s.22)

Klinický obraz pacienta s postižením míchy v úrovni Th1 je specifický zachovanou funkcí m. flexor digitorum profundus a m. abduktor digiti minimi – pacient tak má částečně zachovanou jemnou motoriku díky aktivní flexi prstů, která zlepšuje kvalitu i efektivnost záběru a propulze. Pacient je již schopen samostatných přesunů, nakládání vozíku či samostatného řízení auta. (Kříž, 2019, s. 52)

Jedinci s postižením v úrovni Th2-5 jsou schopni vykonávat běžné denní činnosti v upraveném prostředí bez pomoci druhé osoby. Pohybují se na mechanickém vozíku. Léze v oblasti Th6-12 jedince limituje omezenou hybnost hrudní a břišní stěny, držení a stabilita trupu je ovlivněná výškou míšní léze (čím nižší úroveň léze, tím je trup stabilnější). Nižší léze v úrovni L1-S2 jsou specifické schopností stoje či chůze s oporou o pomůcku. Kvůli nedostatečné stabilizaci pánve je důležité střídat chůzi s pohybem na vozíku. (Pfeiffer, 2007, s. 182; Ehler et al., 2017)

V případě vzniku léze na úrovni prvních dvou bederních obratlů dochází k syndromu míšního konu. Klinický obraz tohoto postižení se projevuje ztrátou senzomotorických a autonomních funkcí odpovídajících lézi v míšních segmentech S3-S5. Typicky dochází ke sfinkterovým poruchám, poruše cití v perianální a perigenitální oblasti, součástí syndromu nebývá zjevný motorický deficit. (Ambler, 2011, s. 84-85)

K syndromu kaudy equiny dochází při extradurální kompresi bederních a křížových míšních kořenů při akutním mediálním výhřezu disku. V klinickém obrazu poranění dominují kořenové bolesti, porucha cití sedlovitého rázu, sfinkterové poruchy a motorické poruchy v místě radikulární inervace. (Mrňka, 2019)

Dle horizontálního rozsahu léze se poranění dělí na základní dvě skupiny – kompletní a nekompletní léze. Pacient s kompletním míšním poraněním bude mít plegii distálně od místa poranění, ztrátu všech modalit cití pod úrovní léze a poruchu autonomních funkcí dle neurologické úrovně. (Kříž, 2019, s. 41-42)

Do skupiny nekompletních míšních poranění patří syndrom centrální míšní šedi. Vzniká typicky po hyperextenzním poranění s poraněním měkkých struktur v oblasti krční páteře se zúžením páteřního kanálu. Dominantní je porucha motoriky na horních končetinách. (Kříž, 2019, s. 41-42)

Brown-Séquardův syndrom neboli hemisekce míšní je důsledkem přímého míšního poranění. Na straně léze dochází k centrální paréze, poruše hlubokého cití; na kontralaterální straně je disociovaná porucha cití pro teplo a bolest; v místě léze se můžou vyskytovat kořenové bolesti. (Ambler, 2011, s. 87)

Syndrom zadních míšních provazců vzniká po poranění v oblasti zadní části míchy a projevuje se poruchou vibračního a diskriminačního cití a poruchou propiocepce distálně od místa léze. (Ambler, 2011, s. 87)

1.3.4 Komplikace míšního poranění

Traumatické poranění míchy je spojeno s řadou zdravotních důsledků a komplikací, které mohou výrazně snižovat kvalitu života jedince a komplikovat následnou, nejen rehabilitační léčbu. Spolu se sensorickým a motorickým deficitem jsou pro pacienty se spinální lézí typické dysfunkce kardiovaskulárního, termoregulačního, bronchopulmonálního systému, dále dochází k poruchám urogenitálního a gastrointestinálního systému a k sexuálním dysfunkcím. Krční léze a vysoké hrudní léze míchy jsou spojeny s neurogenním šokem, bradyarytmií, hypotenzí, abnormální termoregulací, poruchami pocení a autonomní dysreflexií. Důsledkem dlouhodobé imobilizace a nečinnosti dochází ke změně hemostázy, což je spojeno s vyšším rizikem vzniku žilního tromboembolismu; dále vznikem kožních komplikací – dekubitů. Mezi časté komplikace, které je vždy potřeba řešit patří bolestivé stavy a spasticita. Respirační funkce bývají také velmi často postiženy a jejich porucha představuje jednu z nejčastějších příčin mortality a morbidit. (Hagen, 2015)

Mezi nejčastější komplikace pacientů se spinální lézí patří:

- Autonomní dysreflexie – jedná se o stav, který se vyskytuje u pacientů s míšní lézí Th6 a výše a je způsoben reflexními mechanismy, které se spouští na podkladě určitého podnětu (nejčastějším spouštěcím faktorem je distenze močového měchýře) vstupujícího do míchy pod úroveň míšního léze. Dochází k hyperreaktivitě sympatiku a tedy vazokonstrikci, na což organismus reaguje reflexní bradykardií a vazodilatací. Pacient si stěžuje na bolesti hlavy, dochází ke zrudnutí, pocení a úzkosti. (Sezer, 2015)
- Ortostatická hypotenze – k tomuto stavu dochází zejména u krčních a vyšších hrudních lézí a je způsoben nízkou sympatickou aktivitou a ztrátou reflexní vazokonstrikce při změně z polohy vleže do vzpřímené polohy. Dochází ke snížení systolického krevního tlaku o 20 mmHg nebo více a ke snížení diastolického krevního tlaku o 10 mmHg nebo více. Mezi symptomy spojené s ortostatickou hypotenzí patří závratě, bolesti hlavy, bledost, pocení, svalová slabost, případně synkopa. (Fehlings et al., 2012, s.21)
- Tromboembolická nemoc – z důvodu zpomalení průtoku krve dolními končetinami jsou pacienti ohroženi výskytem tromboembolické nemoci a jsou tak indikováni k dlouhodobé farmakologické léčbě heparinem či warfarinem.

Předpokládá se, že generalizované užívání tromboprolaxe stojí za snížením úmrtí na plicní tromboembolie. (Mourello, 2017)

- Poruchy močení – mortalita spojená s urologickými problémy u pacientů po míšní lézi se v posledních dekádách výrazně snížila, ale i přesto patří problémy dolních močových cest mezi nejčastější příčiny mortality u pacientů po míšní lézi. (Kříž, 2019, s. 188) Mezi nejčastější formy evakuace močového měchýře patří intermitentní katetrizace (ČIAK), dále se využívá epicystostomie či permanentní uretrální katetr (PMK). Dlouhodobé zavedení PMK s sebou nese vyšší riziko vzniku dekubitů a dalších komplikací (např. striktura uretry či absces). Prioritou je převedení na ČIAK, pokud to není možné, je indikováno zavedení epicystostomie. Další metodou evakuace moči je ČIAK přes vesikostomii (vývod močového měchýře na povrch podbřišku). (Doležel, 2004) Infekce močových cest jsou u pacientů s míšní lézí velmi časté a jsou významnou příčinou morbidit. (Dionyssiotes, 2018, s. 92-93)
- Poruchy sexuálních funkcí – u mužů se jedná o poruchy erekce a ejakulace, ženy trpí především poruchou dosažení orgasmu a poruchou lubrikace. Vlivem poranění míchy ale nedochází u žen k poruše plodnosti. (Kolář, 2009, s. 354)
- Poruchy vyprazdňování – porucha střevní funkce nebo neurogení střev se liší podle výšky míšní léze. Dochází ke zpomalení peristaltiky střev a pro vyprázdnění se využívají rektální stimulancia, klyzmata nebo digitální evakuace. (Štětkařová, 2019, s. 225) 27 % až 62 % pacientů s míšní lézí uvádí, že trpí střevními problémy, kdy mezi nejčastější patří zácpa, distenze a bolesti břicha, případně i rektální krvácení, hemoroidy, inkontinence. (Hagen, 2015)
- Poruchy kožního krytu – vlivem imobilizace a poruchy citlivosti dochází k narušení kožního krytu, nejčastěji k dekubitům. Je nezbytné časté polohování, antidekubitní podložky a pravidelné odlehčování pro prevenci vzniku těchto komplikací. (Štětkařová, 2019, s. 226)
- Septické stavy – mezi nejčastější příčiny vzniku septického stavu patří infekce urogenitálního a respiračního systému. Všechny tyto stavy ohrožují pacienta na životě a je nezbytné je ihned řešit medikamentózní léčbou. (Kolář, 2009, s. 354)
- Bolestivé stavy – chronická bolest je velmi častou komplikací a může vést k funkčnímu postižení a emočnímu nepohodlí, výrazně se tak podepisuje na

kvalitě života jedince. Mezi typické bolestivé stavy patří nociceptivní bolest (chronická muskuloskeletální bolest způsobená nejčastěji přetížením ramenních kloubů při ovládání invalidního vozíku) a neuropatická bolest (vznikají komplexní regionální bolestivé syndromy a obecně se projevuje pocitem pálení, brnění nebo bodání). (Sezer, 2015)

- Spasticita – jedná se o stav zvýšeného svalového napětí, hyperreflexie a klonu. Léčba spasticity je především rehabilitační, v případě zhoršení stavu se přistupuje k medikamentózní léčbě. Ta se liší podle toho, zda se jedná o tonický nebo fázičkový typ spasticity; baklofen je lékem první volby u tonického typu spasticity, u vzoru fázičkého typu se podává pregabalin. (Kříž, 2019, s. 243–247) Dle studií se rozvíjí až u 70 % pacientů se spinální lézí a obvykle se objevuje po 2-6 měsících po poranění. (Hagen, 2015)
- Paraartikulární osifikace – je novotvorba kostní tkáně v kloubním pouzdru a jeho okolí. Jedná se o častou ireverzibilní změnu po spinální lézi. Incidence se v různých studiích pohybuje mezi 10 % až 53 % a rozvoj začíná většinou během prvních 2-3 týdnů po poranění. (Hagen, 2015) Tato komplikace může vést k omezení pohybu v kloubu, v nejhorším případě až ankylóze kloubu; řeší se především častou rehabilitační léčbou. (Kolář, 2009, s. 354)
- Osteoporóza – jedná se o stav charakterizovaný nízkou kostní hustotou a zhoršenou mikroarchitekturou kostí, což může vést ke zvýšenému riziku vzniku zlomenin. (Sezer, 2015) Demineralizace kostí je následně spojena i s hyperkalcemií, renální urolithiázou a vznikem konkrementů v močovém měchýři, což může v konečném důsledku vést až k selhání ledvin. (Hagen, 2015) Podle dostupné literatury se osteoporóza vyskytuje u 75 % pacientů s kompletní míšní lézí. (Dionyssiatis, 2011)
- Psychické komplikace – úzkosti a deprese provází většinu pacientů se spinální lézí, kdy reakce pacienta je většinou ovlivněna příčinou a rozsahem zranění a aktuální životní situací jedince. Výzkumy naznačují, že až 30 % pacientů s míšním poraněním má klinicky významné formy deprese či úzkosti. (Akanda, 2012, s. 9) Pro minimalizaci či prevenci psychických problémů by měl mít jedinec k dispozici farmakologickou léčbu a psychologickou intervenci (Hagen, 2015)

Znalost možných komplikací zdravotního stavu u jedinců s míšní lézí je velmi důležitá, protože mohou být život ohrožující a/nebo mohou vést k delší době hospitalizace. Zejména chronické komplikace negativně ovlivňují funkční nezávislost pacienta a jeho kvalitu života, a proto je prevence, včasná diagnostika a následná terapie sekundárních komplikací rozhodující pro zlepšení soběstačnosti jedince a dosažení co nejlepší kvality života. (Hagen, 2015; Sezer 2015)

1.4 Respirační problematika

1.4.1 Fyziologie dýchání

Hlavní funkcí dýchacího systému je nepřetržitá výměna ventilačních plynů mezi atmosférou a krví; krev je následně okysličena a dále rozváděna do tkání. Respirace zahrnuje tyto hlavní děje – ventilace (výměna dýchacích plynů mezi atmosférou a plicemi, jedná se o tzv. zevní dýchání a je uskutečněno díky dýchacím svalům); difúze (děj, při kterém dochází k výměně kyslíku a oxidu uhličitého mezi alveoly a krví přes alveolokapilární membránu); transport (doprava kyslíku a oxidu uhličitého krví, konkrétně v plazmě a červených krvinkách). (Rokyta, 2016, s. 95)

Plicní ventilace probíhá díky změně objemu plic a hrudníku během dechového cyklu. Proudění vzduchu vždy probíhá po tlakovém gradientu – v klidu (na konci výdechu) je tlak atmosférický roven tlaku v plicích a dýchacích cestách celkově. Při nádechu dochází ke snižování alveolárního tlaku pod hodnotu atmosférického následkem zvětšování objemu plic a vzduch tak může proudit dovnitř. Na konci nádechu jsou opět tlaky vyrovnané. Při výdechu je tomu naopak než při nádechu – tlak alveolární se zvyšuje nad hodnotu atmosférického, objem plic a hrudníku klesá a vzduch proudí z plic ven. (Slavíková, 2012, s.14-15)

Změna objemu hrudníku je následkem dvou dějů – poklesem bránice a změnou polohy žeber. V klidové poloze je bránice vyklenutá směrem do hrudní dutiny, žebra směřují dopředu a dolů. Při nádechu dochází ke kontrakci bránice, ta se oploští, což umožní zvětšení objemu hrudní dutiny, dojde ke stlačení břišních orgánů a břišní stěna se vyklenuje. (Peracchia, 2014, kap. Mechanisms of inspiration and expiration)

Pohyb bránice při každém dechu je přenášen do břišní dutiny, které tvoří shora ohraničení. V případě, že je břišní stěna dostatečně aktivní, bránice se o ní s každým nádechem opírá a dolní hrudník se rozšiřuje. Naopak v případě nedostatečně aktivní břišní stěny dochází k jejímu vytlačení bráničním pohybem, hrudník se nerozvíjí a břišní orgány tak nemají žádnou pevnou schránku a posunují se volně prostorem bez opory. Bránice tedy slouží jako ohraničení prostoru trupu a to, co se děje v břišní dutině pod bránicí, má významný vliv na dýchání. (Lewitová, 2017)

Zároveň dochází ke kontrakci zevního mezižeberního svalstva (mm. intercostales externi), což způsobí posun žeber nahoru a dopředu a sternum se oddaluje od páteře směrem ventrálním. Celý nádech je aktivní děj, který je umožněn díky kontrakci zmíněných, ale i dalších svalů, přičemž kontrakce je důsledkem aktivity motoneuronů, které dané svaly inervují. Bránice je inervována nn. phrenici z plexus cervicalis; jedná se o silné míšní nervy s převahou motorických vláken, které odstupují z míchy v rozsahu C3-C5. Mm. intercostales externi jsou inervovány z nn. intercostales, které odstupují z míchy v hrudní oblasti (Th1-Th11). Mezi další pomocné nádechové svaly patří m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni, m. pectoralis major et minor, m. subclavius, m. serratus anterior, m. levator scapulae a horní část m. trapezius. (Slavíková, 2012, s.16-18)

Výdech je pasivní děj, tudíž při klidném neusilovném výdechu dochází pouze k relaxaci bránice a vnitřních mezižeberních svalů a hrudník a plíce se díky své elasticitě opět stahují do původního objemu. V případě usilovného výdechu se již jedná o aktivní proces, při kterém musí být aktivní kontrakce výdechového svalstva, díky čemuž dojde ke zmenšení objemu hrudníku. Mm. intercostales interni (vnitřní mezižeberní svaly) stahují žebra směrem dolů, dalšími výdechovými svaly jsou břišní svaly (m. rectus abdominis, m. obliquus abdominis internus et externus, m. transversus thoracis et abdominis), jejichž kontrakce způsobí zvýšení nitrobřišního tlaku a bránice je tak tlačena směrem kraniálním do dutiny hrudní. (Slavíková, 2012, s.18-19; McConnell, 2013)

Dýchací svaly vykonávají dechovou práci a musí překonávat síly plic a hrudníku, které se obecně označují jako statické (elastické) a dynamické (proudové) odpory dýchání. Celková ventilace tedy záleží na poddajnosti, compliance plic a hrudníku a odporech dýchacích cest. (Rokyta, 2015, s. 196)

1.4.2 Patofyziologie a komplikace dýchání u tetraplegie

Dle neurologické úrovně léze a rozsahu poškození míchy lze určit závažnost a rozsah poškození dýchacího systému. Větší dysfunkce respiračního systému je pozorována u vyšších lézí míchy a riziko selhání dechového systému je přímo spojeno s úrovní poranění. (Berlowitz, 2016)

V případě léze C1 a C2 mají pacienti úplnou paralýzu bránice a většiny dýchacích svalů, tudíž jsou závislí na dechové podpoře. Zachované jsou pouze některé pomocné dechové svaly, jako například m. sternocleidomastoideus, který je inervován z n. accessorius. U jedince s lézí C3 bude přítomná částečná paralýza bránice a zároveň mají zachovanou určitou schopnost dýchání pomocných nádechových svalů mm. scalenii, nicméně i tito pacienti jsou většinou odkázáni na určitou formu ventilační podpory. U léze C4 je přítomná částečná paralýza bránice s totální paralýzou mezižeberních a břišních svalů, ale většina pacientů s lézí C4 již může dýchat samostatně bez ventilační podpory. Mají zhoršenou schopnost kašle a vitální kapacita plic bývá v průměru třetinová oproti zdravým jedincům. Jedinci s lézí C5-C8 mají zachovanou funkci bránice, ale přetrvává paralýza mezižeberních a břišních svalů, schopnost kašle se zlepšuje a vitální kapacita plic je zhruba poloviční ve srovnání se zdravými jedinci. Hrudní paraplegie je typická plnou funkcí bránice, ale podle výšky léze může přetrvávat určitá forma paralýzy mezižeberních a břišních svalů, někteří jedinci mají již normální vitální kapacitu. V případě léze pod Th12 lze hovořit o normální funkci respiračního systému. (Harvey, 2008)

V prvním roce po zranění může dojít ke zlepšení dechových funkcí díky spontánní částečné obnově respiračních svalů. Například Bluehardt et al. ve své studii uvádí výrazné zlepšení dechových parametrů FEV1 (forced expiratory volume in one second) a FVC (forced vital capacity) mezi 90. a 210. dnem po vzniku poranění míchy u pacientů s kompletním motorickým postižením, kdy takové zlepšení přičítají zlepšení výkonu bránice. (Bluehardt et al, 1992) V jiné studii Axen et al. porovnávají u 36 tetraplegiků změny ve vitální kapacitě plic 10 měsíců po poranění, kdy došlo ke zlepšení ze 45 % předpokládané hodnoty na 58 % předpokládané hodnoty, přičemž k nejvýraznějšímu zlepšení došlo v prvních 3 měsících po poranění. Data ukazují, že ke zvýšení vitální kapacity došlo díky zlepšení inervace bránice. (Axen et al, 1985)

Respirační komplikace jsou jednou z nejčastějších příčin mortality a morbidit u spinálních pacientů. Pacienti jsou vůči dechovým komplikacím nejzranitelnější v prvním roce po vzniku míšní léze, ale respirační komplikace je provází celý život. Dle studie Savic et al. byly hlavní příčinou smrti u spinálních pacientů, kteří přežili první rok po poranění a byla u nich spolehlivě zjištěna příčina úmrtí, respirační komplikace (29,3 %), následně oběhové příčiny včetně kardiovaskulárních a cerebrovaskulárních onemocnění (26,7 %), novotvary (13,9 %), urogenitální (11,5 %), zaživací (5,3 %) a jiné vnější příčiny zahrnující sebevraždy (4,5 %). (Savic et al., 2017)

Mezi časté respirační komplikace u spinálních pacientů patří hypoventilace, atelektáza, bronchospasmus, hypersekrece bronchů, plicní edém, pneumonie, zhoršená schopnost kašle, poruchy dýchání ve spánku až vznik spánkové apnoe. (Kříž, 2019, s. 141-143; Berlly et al., 2016; Brown, 2006)

Kolaps plice (nebo části plice) neboli atelektáza bývá uváděna jako nejčastěji se vyskytující komplikace akutní míšní léze. V důsledku oslabení dechového svalstva dochází k nedostatečné produkci surfaktantu, což působí nedostatečnou roztažnost plic. Rozvoj atelektázy způsobuje i zhoršení oxygenace, zvýšení dechové práce, čímž se mechanika dýchání stává velmi neefektivní a v nejhorším případě může celý tento proces vést až k respiračnímu selhání. (Kříž, 2019, s. 142)

Bronchospasmus vzniká v důsledku poruchy autonomní inervace hladké svaloviny ve stěně bronchu. U lézí v oblasti krční míchy dochází k poruše sympatických nervových drah, parasympatická část autonomního systému je intaktní, klinicky pak pacient trpí bronchokonstrikcí, bradykardií, vazodilatací a obstrukcí dýchacích cest. Dle řady studií je prokázáno, že podávání bronchodilatací může výrazně přispět ke zlepšení respiračních parametrů u pacientů s lézí krční míchy. (Kříž, 2019, s. 141)

Hypersekrece bronchů je podobně jako výše zmíněný bronchospasmus způsobena nadměrnou aktivitou parasympatiku za současné ztráty sympatického tonu. Dle studie se tato komplikace vyskytuje u 40 % pacientů s akutní tetraplegií. (Berlly et al., 2016)

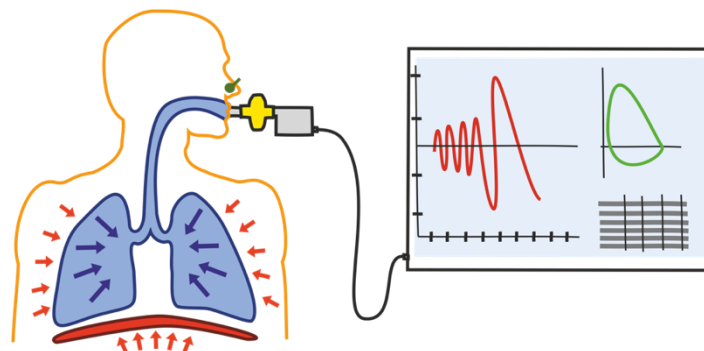
Plicní edém je definován jako zvýšené množství extravazální tekutiny v plicích. Příčin vzniku existuje řada, za nejčastější se uvádí hyperhydratace způsobená poruchou sympatické inervace, kvůli které dochází k hypotenzi. Snahou organismu je následně vyrovnat krevní tlak zvýšením intravaskulárního objemu, což může vyústit v plicní hypertenzi a následně rozvoj plicního edému. (Kříž, 2019, s. 142)

Bronchopneumonie neboli zánět plicní tkáně je nejčastěji způsoben infekcí. Výskyt se výrazně zvyšuje u intubovaných pacientů, kdy se riziko vzniku pneumonie zvyšuje s každým dnem intubace o 1 % až 3 %. (Berlly et al., 2016)

Tyto komplikace způsobují změnu poddajnosti plic, je zhoršený pohyb hrudní stěny, zhoršená schopnost odkašlávání a celkově se dýchání pro tyto pacienty stává velmi neefektivním, neekonomickým a energeticky náročným. Proto je potřeba již v počátečních stádiích poranění zařadit do terapie o tyto pacienty péči o respirační systém, aby došlo k co největší úpravě dechových funkcí, a zároveň pro prevenci onemocnění a vzniku komplikací dechového systému je vhodné, aby respirační terapie byla součástí pacientova dalšího života. (Brown, 2006)

1.4.3 Spirometrie

Spirometrie je fyziologický test, který měří jednotlivé nádechové a výdechové objemy vzduchu a jejich funkci v čase. Mezi primární parametry, které se během spirometrického vyšetření získávají jsou objemy a toky vzduchu. Jedná se o velmi podstatný screeningový test zjišťující respirační parametry, nicméně výsledek spirometrického vyšetření sám o sobě nevede přímo k etiologické diagnóze, ale je potřeba přihlídnout k dalším diagnostickým metodám. Pro měření se využívá přístroj zvaný spirometr, do kterého jedinec dýchá. Vzduchem dojde k roztočení turbíny uvnitř spirometru a k vytvoření tlaku, který je roven objemu vzduchu. Výsledkem je změření času, rychlosti proudu vzduchu a průtoku. Záznam je nejčastěji vyhodnocen digitálně ve formě flow-volume křivky (křivka průtok-objem) – viz obrázek 2. (Barreiro, 2004; Miller, 2005)



Obrázek 2: schéma spirometrického vyšetření (wikiskripta, 2023)

Spirometrické vyšetření je důležité pro hodnocení celkového respiračního zdraví, umožňuje změřit vliv onemocnění na funkce plic, hodnotit citlivost dýchacích cest,

sledovat průběh choroby nebo výsledky terapeutických intervencí, zhodnotit předoperační rizika, stanovit prognózu plicních onemocnění, posoudit pacienty v rámci rehabilitačních programů, sledovat nežádoucí reakce na léky, u nichž je případně možná plicní toxicita a celkově tedy sledovat progresi daného onemocnění. (Graham, 2019)

Samotné spirometrické vyšetření může být pro některé pacienty fyzicky náročné, a tak je potřeba vždy přihlížet k aktuálnímu stavu pacienta. Jedná se o manévr, kdy se pacient snaží o usilovný maximální nádech a výdech, což může zvýšit nitrohruďní, intraabdominální či intrakraniální tlak, proto je potřeba větší opatrnosti u jedinců se zdravotním stavem, který by mohl být nepříznivě ovlivněn těmito následky. Mezi relativní kontraindikace spirometrického vyšetření patří stavy, kde je nežádoucí zvýšení požadavků myokardu či zvýšení nebo snížení krevního tlaku (akutní infarkt myokardu, systémová hypotenze či těžká hypertenze, některé druhy arytmií a další); dále stavy, u kterých by mohlo zvýšení intrakraniálního tlaku způsobit další komplikace (mozkové aneurysma, nedávný otřes mozku); nežádoucí může být i zvýšení tlaku v dutinách a ve středním uchu, proto je relativní kontraindikací operace nosních dutin nebo středního ucha nebo jiná infekce v této oblasti v posledním týdnu. Dále jsou to stavy, kdy by zvýšení nitrobřišního tlaku mohlo vést k nežádoucím reakcím (pneumothorax, nedávná operace břicha či hrudníku, pozdní těhotenství). (Graham, 2019; Langan, 2020)

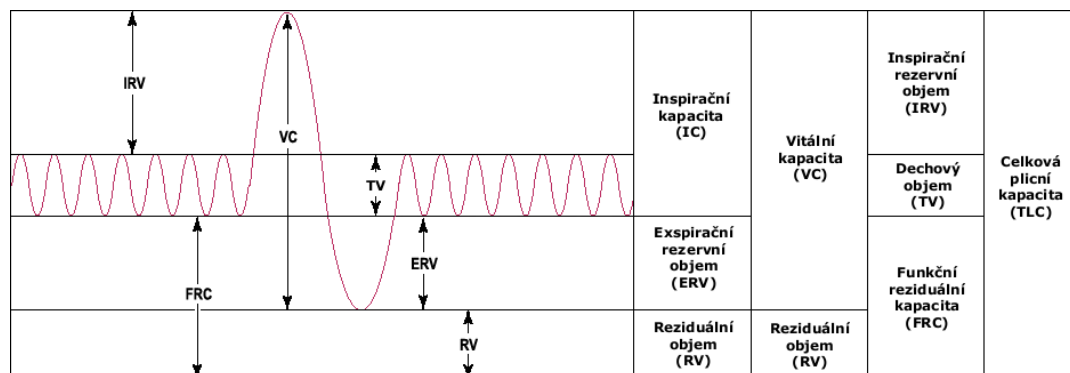
Prostřednictvím spirometrického vyšetření lze získat velké množství dat ohledně dechových parametrů jedince, které můžeme obecně rozdělit do tří skupin. První skupinou jsou základní spirometrické hodnoty, druhou objemy plic a poslední kategorií jsou kapacity plic. (Barreiro, 2004)

První a zároveň jednou z nejdůležitějších spirometrických hodnot je FVC (forced vital capacity) neboli vynucená vitální kapacita. Jedná se o celkový objem vzduchu, který jedinec vydechne během maximálního usilovného výdechu. Další měřenou jednotkou je FEV1 (forced expiratory volume in one second) – vynucený výdechový objem za jednu vteřinu. Pacient se maximálně nadechne a následně se měří objem vzduchu, který je vydechovaný v první vteřině výdechu, který je opět usilovný. Z těchto dvou hodnot se následně určuje poměr FEV1/FVC; jedná se o procento FVC, které vypršelo za jednu vteřinu. Dalšími spirometrickými hodnotami jsou FEV6 (forced expiratory volume in six seconds) – usilovný objem vzduchu vydechovaný během prvních šesti vteřin, či MVV (maximal voluntary ventilation) neboli maximální dobrovolná ventilace. (Barreiro, 2004)

Mezi další základní parametry patří PEF (peak expiratory flow) neboli vrcholový výdechový průtok, to znamená nejvyšší průtok na vrcholu usilovného výdechu, který je měřený 0,1 sekundy (Kociánová, 2017). Parametr PCF (peak cough flow) nám ukazuje maximální průtok kašle. (Gauld, 2005) Pro vyšetření síly dechového svalstva lze vyčíst ze spirometrie parametry MIP (maximal inspiratory pressure) a MEP (maximal expiratory pressure) neboli tlak generovaný během maximálního nádechového nebo výdechového úsilí proti uzavřenému systému. (Wood, 2022)

Díky spirometrii lze získat informace o plicních objemech (viz obrázek 3). Prvním z nich je ERV (expiratory reserve volume) – expirační rezervní objem neboli objem vzduchu, který lze po normálním výdechu ještě usilovně dovydechnout; dále IRV (inspiratory reserve volume) – inspirační rezervní objem vzduchu, což je objem vzduchu usilovně vdechnutý po normálním výdechu. Dále sem patří zbytkový objem nebo RV (residual volume), čili objem, který zůstává v plicích i přes maximální usilovný výdech, protože nejsme schopni plíce vyprázdnit úplně. Posledním plicním objemem je TV (tidal volume), což je dechový objem vzduchu, který je nadechován a vydechován během každého dechového cyklu. (Singh, 2019, s.15-17)

Poslední kategorií hodnot, které lze ze spirometrie vyčíst, jsou plicní kapacity. (viz obrázek 3). FRC (functional residual capacity) je funkční zbytková kapacita plic, která zůstává v plicích na konci klidového výdechu. IC (inspiratory capacity) je inspirační kapacita, to znamená maximální objem vzduchu, který lze nadechnout z klidové výdechové úrovně. VC (vital capacity) je vitální kapacita plic – součet dechového objemu (TV), inspiračního rezervního objemu (IRV) a expiračního rezervního objemu (ERV), to znamená největší objem naměřený při úplném výdechu po maximálním nádechu. TLC (total lung capacity) neboli celková kapacita plic je součet vitální kapacity (VC) a reziduálního objemu (RV). (Barreiro, 2004)



Obrázek 3: plicní objemy (wikiskripta, 2023)

Ačkoliv je spirometrie spíše vyšetřovací metodou, lze ji využít i k terapeutické intervenci. Incentivní spirometr je zařízení, které měří objem vzduchu vdechovaného do plic během nádechu. Využívá se ve fyzioterapii, řečové, fyzické i respirační rehabilitaci, kdy výhodou tohoto přístroje je, že motivuje pacienta k lepším výkonům prostřednictvím vizuální zpětné vazby. Bylo prokázáno, že trénink inspiračních svalů pomocí incentivního spirometru udržuje nebo zlepšuje objem vzduchu vdechovaného do plic, zlepšuje expektoraci sputa, zabraňuje infekci a celkově pomáhá k prevenci sekundárních komplikací dýchacích cest. (Franklin, 2022)

V roce 2002 byla provedena studie, která zkoumala, zda může stimulační spirometrie pomocí incentivního spirometru zvýšit inspirační tlak, expirační tlak, vrchol kašle a rychlost výdechového průtoku u tetraplegiků. Celkem se do studie zapojilo 50 pacientů s lézí krční míchy, kteří byli náhodně rozděleni do dvou skupin (výzkumné a kontrolní). Výzkumná skupina absolvovala spirometrický trénink trvající 15 minut 7 dní v týdnu po dobu 6 měsíců. Po šesti měsících bylo provedeno kontrolní vyšetření, ze kterého vyplývá, že ke zlepšení došlo jak u pacientů z výzkumné skupiny, tak u probandů z kontrolní skupiny; nicméně zlepšení dechových parametrů ve výzkumné skupině bylo statisticky mnohem významnější. Závěrem lze tedy říci, že spirometrický trénink může zlepšit respirační parametry zvýšením síly inervovaných svalů a může tak pomoci ke snížení plicních komplikací. (Joshi, 2002)

1.5 Respirační fyzioterapie

1.5.1 Základní metodické postupy

Respirační fyzioterapie je soubor technik dechové rehabilitace a je součástí komplexní péče o jedince s primárním postižením dýchacích cest, ale i o pacienty, jejichž onemocnění ovlivňuje respirační systém a přináší s sebou řadu obtíží (tam řadíme právě pacienty po úrazu míchy). Jedná se o souhrn vyšetřovacích i diagnostických metod, jejichž primárním cílem je zlepšení výkonnosti respiračního systému. (Ali Mir, 2019, s.11)

Respirační fyzioterapie tvoří spolu s pohybovou terapií hlavní součásti léčebné rehabilitace pro všechny jedince, u nichž došlo k onemocnění dechové soustavy, a to

v akutní i chronické fázi choroby. Všechny techniky spadající pod respirační fyzioterapii lze uplatnit u jedinců všech věkových kategorií, dají se využít u spolupracujících i nespolepracujících pacientů. (Atef, 2015, s. 5-6)

Pomocí jednotlivých technik patřících do respirační fyzioterapie lze přispět k snadnějšímu dýchání, aktivovat respirační svalstvo, upravit dechový stereotyp jedince, usnadnit odkašlávání, ovlivnit mobilitu hrudníku, pracovat na odstranění dušnosti a celkového pocitu úzkosti jedince a v neposlední řadě ovlivnit i jednotlivé ventilační parametry. Vždy by se k pacientovi mělo přistupovat individuálně a nastavit mu terapii na míru, edukovat o nemoci a seznámit ho s jednotlivými částmi terapie, popsat mu fyziologické a patofyziologické děje dýchání, a to především z hlediska jeho onemocnění, a vysvětlit mu, že fyzioterapie obecně hraje velmi důležitou roli v celém komplexním pojetí péče jedince. (Zdařilová, 2005)

Obecně lze respirační fyzioterapii rozdělit na tři základní metodické postupy:

1. korekční fyzioterapie posturálního systému
2. respirační fyzioterapie – korekční edukace motorických vzorů dýchání
3. relaxační průprava (Smolíková a Máček, 2010, s.41)

Každá terapie by měla být zahájena korekční fyzioterapií a ovlivněním držení těla, neboť je to stěžejní pro další techniky. Mezi hlavní aktivity patřící do korekční terapie patří úprava pohybové osy respirace, korekce pánve, úprava bederní páteře, hrudní páteře a hrudníku, krční páteře s korekcí postavení hlavy, upravení nadměrné kyfotizace či lordotizace páteře. (Smolíková a Máček, 2010, s. 43)

Samotná změna postavení hlavy a různá pozice končetin mohou ovlivnit reflexně bránci, čímž dochází k ovlivnění i dechových pohybů (Čumpelík, 2017). Tyto korekční aktivity jsou doprovázeny mobilizačními technikami včetně náviku automobilizací a stimulací měkkých tkání (především ovlivnění svalových skupin a vazivových struktur). (Smolíková a Máček, 2010, s. 43)

Zásadní vliv na správný dechový stereotyp, na prevenci sekundárního poškození, usnadnění zapojení dechového svalstva, ovlivnění oxygenace či prevenci vzniku atelektáz a jiných plicních zkratů, má polohování pacienta. Samotná změna polohy má významný proprioceptivní stimul, čímž lze ovlivnit funkci posturálního svalstva, proto by již od začátku měl být pacient správně a často polohován, čímž lze již od počátku pacientova

poranění, kdy není zatím schopen vyšších pozic, alespoň částečně napomoci ideálnímu dýchání a prevenci komplikací. (Bastlová, 2017)

Fyzioterapeut pacienta nastaví do správné výchozí polohy a do ideální postury a v průběhu terapie ho dále edukuje o ideálním nastavení jednotlivých tělesných segmentů, aby byl jedinec schopen následné autokorekce. K posturální korekci se využívají různé metody a techniky – Klappovo lezení, metoda dle K. Schrottové, Brüggerův princip a další. (Kolář, 2009, s. 253-254)

Druhá technika, respirační fyzioterapie s korekční reedukací motorických vzorů dýchání, je zaměřená na specificky prováděné postupy modifikovaného dýchání, jenž by měly přinášet pozitivní efekt na dýchací cesty a zároveň plnit preventivní funkci. *„Metodika představuje modifikaci dýchání, ke kterému přistupujeme jako k pohybové funkci, vyplývající z přesných zákonitostí neurofyziologických aspektů dechových posturálních a motorických vzorů a vycházejících z fylogenetických zákonitostí vývoje člověka a jeho dýchání“* (Smolíková a Máček, 2010, s. 50).

Hlavním cílem této metody je zlepšení průchodnosti cest dýchacích a zvýšení hodnot ventilačních parametrů, zároveň by měla sloužit jako preventivní technika před zhoršením plicních funkcí a v neposlední řadě je zaměřena na zvýšení fyzické zdatnosti a adaptaci na fyzickou zátěž. (Smolíková a Máček, 2010, s. 50)

Respirační fyzioterapie s korekční reedukací vzorů dýchání by měla pomoci k reedukaci stereotypu dýchání, k čemuž se využívají pasivní i aktivní techniky. Mezi aktivní techniky se řadí dechová gymnastika (ta se dělí na statickou, dynamickou a mobilizační), usilovný výdech, ústní brzda či brániční dýchání. Do pasivních technik lze zařadit neurofyziologickou facilitaci dýchání (nejčastěji využívanými technikami jsou reflexně modifikované dýchání a kontaktní dýchání), přičemž při těchto metodách pacient aktivně nespolupracuje. Dalším cílem je ovlivnění odkašlávání, kdy v případě, že pacient nemá efektivní nádechovou fázi kašle, tak se využívají cviky na zlepšení pružnosti hrudníku; lze využít nádechové trenažery s cílem zlepšit sílu inspiračních svalů či využití přístroje Cough Assist, kdy dochází k mechanické insuflaci vystřídané exsuflací s podporou expektorace. Naopak při neefektivní výdechové fázi kašle se využívá autogenní drenáž; huffing neboli technika silového výdechu, nebo se dají využít výdechové trenažery, jejichž primárním cílem je zvýšení síly expiračního svalstva; dále oscilační trenažery nebo trenažery bez vibrace. Mezi další cíle fyzioterapie zaměřené na

reedukaci dýchání patří aktivace dechového svalstva, k čemuž se nejčastěji využívají trenažery, které se vyberou podle toho, na kterou skupinu svalů (inspirační/expirační) chceme zacílit. V rámci této skupiny respirační fyzioterapie by měl být fyzioterapeut schopen pacienta edukovat ohledně inhalace a nacvičovat s ním inhalační techniky, k čemuž se využívají nebulizéry či jiné inhalační systémy. (Neumannová, et al., 2014)

Třetí a neméně podstatnou součástí respirační fyzioterapie je relaxační průprava. Techniky patřící do této kategorie působí především na uvolnění svalů a kloubů, pacienti se učí vědomě relaxovat – snižovat psychické i fyzické napětí celého těla. Většina pacientů trpících respiračními obtížemi má často predispozici k nejrůznějším svalovým dysbalancím, a především k hypertonii svalů hrudníku a dalších sekundárních respiračních svalů v kombinaci s hypotonií těch primárních. Relaxační techniky by měly být zahájeny masážním hlazením přetížených svalů s uvolněním kůže, podkoží a následně i svalů; dále protažení kůže a podkožního vaziva. Vždy by se mělo k pacientům přistupovat individuálně a brát v potaz to, že každý má jinak nastavenou citlivost na dotek, a tak musí být intenzita relaxačních technik vždy uzpůsobena individuálním potřebám každého jedince. (Smolíková a Máček, 2010, s. 60)

1.5.2 Terapie hygieny dýchacích cest

Airways clearance techniques (ACT) neboli moderní metody a techniky hygieny dýchacích cest jsou součástí respirační fyzioterapie a pro pacienty, kteří trpí problémy s respiračním systémem, představují velmi důležitou součást fyzioterapie. Obecně k těmto technikám řadíme:

- aktivní cyklus dechových technik,
- autogenní drenáž,
- PEP (positive expiratory pressure) systém dýchání,
- respirační fyzioterapie pomocí dechových trenažerů,
- intrapulmonální perkusivní ventilace,
- inhalační léčba,
- tělesné cvičení. (Kolář, 2009, s. 260)

Aktivní cyklus dechových technik se skládá ze tří samostatných jednotek, které se mohou v rámci terapie prolínat a volí se vždy dle aktuálních individuálních potřeb jedince. Cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku je první technikou, která se zaměřuje

především na nádech. Základem je aktivace kolaterální alveolární ventilace, díky které dochází ke zlepšení ventilačních parametrů. Pacienti se snaží nadechovat maximální množství vzduchu nosem či ústy s následným pasivním výdechem ústy. Tato metoda vede ke zvětšení objemu plic a ke snížení odporu proudu vzduchu. Druhou technikou je silový výdech a huffing (prudký výdech prováděný co nejkratší dobu pro odstranění hlenu, nahrazuje odkašlávání). Ta se zaměřuje naopak na nácvik výdechu, který je zakončen huffingem nahrazujícím kašel. Poslední technikou aktivního cyklu dechových technik je kontrolované dýchání, které by mělo být uvolněné, cílené do oblasti břicha a dolní hrudní oblasti, bez záměrného zaktivování výdechových břišních svalů. (Zdařilová, 2005; Kolář, 2009, s.260)

Další technikou je autogenní drenáž – jedná se o záměrné, pacientem modifikované dýchání. Začíná se pomalým nádechem nosem, na konci inspiria by měla být krátká inspirační pauza, po které následuje pomalý, ale aktivní a svalově podpořený výdech ústy. Hlavním cílem autogenní drenáže je odlepit, posbírat a následně odstranit uvolněné hleny z dýchacích cest. (Rodriguee et al., 2020)

Další drenážní techniky se využívají pro minimalizaci rizika hromadění hlenu v dýchacích cestách. Využívá se vibrace, komprese hrudníku či poziční drenáž. Terapeut přikládá dlaně na pacientovu hrudní stěnu a vytváří tak pomocí rukou vibrace, prsty terapeuta by měly přesně kopírovat interkostální prostory a během výdechu se terapeut snaží o lehkou kompresi hrudníku se současnou vibrací. Cílem těchto technik je posun hlenu z periferních částí dýchacích cest směrem k centrálnímu bronchu a dále do hrtanu, odkud ho lze přístrojově odsát. (Bastlová, 2017)

PEP systém dýchání nebo pozitivní výdechový tlakový systém dýchání řadíme v podstatě do instrumentálních technik. Jedná se o pomůcky, které kladou odpor při dýchání s cílem zlepšit průchodnost dýchacích cest a ovlivnit expektoraci s odhlením. (Belli et al., 2021)

Další metodou podporující dýchání jsou instrumentální techniky, kam řadíme dechové trenažery. Ty se dělí dle jejich působení na nádech či výdech na inspirační a expirační. Jejich hlavním cílem je efektivně zapojit dechové svalstvo a zlepšit tak celkově dechový stereotyp jedince. (Zdařilová, 2005)

Intrapulmonální perkusivní ventilace je kombinací inhalace aerosolu s opakovaným vtlačáním vzduchu do dýchacích cest, který je zprostředkovaný tryskovým

kompresorem. Díky vzniklým tlakovým vlnám v dýchacích cestách dochází k rozšíření bronchiálních struktur, což významně usnadňuje vstup inhalačních látek do periferních cest dýchacích. (Kolář, 2009, s. 262)

1.5.3 Dechové trenažery

Dechové trenažery jsou pomůcky, které slouží pro usnadnění expektorace a odstranění nadměrné bronchiální sekrece, zlepšení ventilace, zvýšení průchodnosti cest dýchacích či posílení nádechového nebo výdechového svalstva. Dle toho, který cíl je pro pacienta klíčový se poté volí pomůcka, jež bude využívat. Obecně lze trenažery dělit na nádechové a výdechové. Dále se dělí dle nastavení nádechového/výdechového prahového tlaku nebo dle nádechové/výdechové velikosti průtoku. (Dosbaba et al., 2021, s. 147-149)

V terapii jsou využívány tři typy pozitivních výdechových tlakových trenažerů (PEP systém) – PEP s nízkým tlakem (odpor o velikosti 10-20 cm vodního sloupce); PEP s vysokým tlakem (využívá tlaku mezi 40-100 cm H₂O, v praxi se ovšem u nás příliš nepoužívá); oscilující PEP (pomůcky, které využívají vibračního a oscilujícího výdechového tlaku). V praxi patří mezi nejčastěji využívané pomůcky pracující na systému PEP dýchání Flutter a Acapella, přičemž oba tyto trenažery pracují na principu vibračních efektů uvnitř dýchacích cest. (Žurková, 2012)

Nádechové trenažery slouží pro zlepšení nádechu, celkově zlepšují ventilaci a jsou vhodné i v pooperačním období k podpoře pohybů hrudníku. Expirační trenažery se využívají pro podporu expektorace, zlepšení dechových funkcí periferních cest dýchacích a jsou vhodné i jako preventivní metoda před kolapsem bronchiálních struktur. (Kolář, 2009, s. 262)

Nádechové trenažery lze rozdělit do 3 skupin podle toho, zda je hlavním cílem ovlivnit objem, průtok nebo přímo sílu dechového svalstva:

- nádechové trenažery zaměřené na dosažený objem (volume oriented)
- nádechové trenažery zaměřené na průtok (flow oriented)
- nádechové trenažery zaměřené na respirační svalový trénink – IMT trenažery (inspiratory muscle trainers) (Smolíková a Máček, 2010, s. 87 - 88)

IMT (inspiratory muscle training) neboli odporový trénink nádechového svalstva je poměrně nová tréninková strategie, která slouží k posílení nádechového svalstva

především u pacientů s respiračními obtížemi. Pacienti musí překonat přednastavenou úroveň tlaku na trenažeru, čímž dojde k otevření jednocestného ventilu, který umožní inspirační průtok. Trénink je vhodné začínat na nižších hodnotách tlaku a s postupným zlepšováním síly nádechového svalstva tlak na trenažeru zvyšovat. (Ali Mir, 2019, s.32)

Mezi trenažery, jejichž hlavním cílem je oslovit dechové svaly a zlepšit jejich sílu patří mimo jiných nádechové pomůcky PowerBreathe či Threshold IMT a výdechová pomůcka Threshold PEP. Velikost odporu je volně nastavitelná dle individuálních potřeb jedince, stejně tak frekvence cvičení a počet opakování. Mezi hlavní výhody těchto trenažerů patří i to, že s nimi lze trénovat téměř v jakékoliv poloze, lze je využít v dětské i v dospělé fyzioterapii, a díky bakteriologickému filtru lze Threshold IMT i Threshold PEP napojit na tracheostomickou kanylu, tudíž lze provést trénink inspiračního/expiračního svalstva i u pacientů, kteří mají provedenou tracheostomii. Trénink dechového svalstva pomocí trenažeru se využívá nejen u pacientů s respiračními obtížemi, ale i u sportovců, kteří jsou limitováni ve svém sportovním výkonu dechovou obtíží. Trénink by měl začínat v posturálně jednodušších pozicích, s menším počtem opakování, s nižším odporem a pod vedením zkušeného fyzioterapeuta, abychom eliminovali patologické pohyby (např. pohyb ramen do elevace během nádechu, kyfotizace trupu při expirační fázi dechu). V momentě, kdy je pacient schopen dýchat přes pomůcku s minimálním odporem v základní pozici v optimálním dechovém stereotypu, lze postupně přecházet do posturálně složitějších poloh, zvyšovat postupně odpor kladený při nádechu/výdechu a postupně přidávat počet opakování. V jedné sérii by neměl počet opakování přesáhnout 30 silových dechů a vždy hodnoty nastavujeme dle individuálních potřeb pacienta. Po zaučení je pacient schopen dýchat sám bez dozoru. (Neumannová, 2017)

Studiemi bylo prokázáno, že trénink dechového svalstva s pomocí těchto trenažerů u pacientů po transverzální míšní lézi C3–C7 po dobu šesti týdnů vede ke zlepšení vytrvalosti a zároveň dochází ke zvýšení aerobní cvičební kapacity. U pacientů, kteří trpí dysfunkcí dechového svalstva je zvýšené riziko vzniku dechových komplikací. Aplikace těchto trenažerů může vést ke zlepšení kvality života, posílení šíjového svalstva, svalů horní hrudní apertury; u tetraplegiků byl prokázán pozitivní efekt na vitální kapacitu plic, čímž může efektivně pomoci ventilaci a zkrátit tak dobu hospitalizace či zkrátit dobu ventilace s dechovým přístrojem. (Zdařilová, 2005)

V roce 2019 proběhla studie pod vedením Raab et al. (2019) zabývající se vlivem intenzity a objemu tréninku s dechovým trenažerem na zlepšení síly dechového svalstva u pacientů se spinální lézí. K tréninku byl využit nádechový trenažer Threshold IMT a každý proband absolvoval celkem 10 tréninků. Před a po terapii bylo provedeno vyšetření pomocí měřiče dechového tlaku. Z výsledků vyplývá, že pro zlepšení síly dechového svalstva je relevantnější intenzita tréninku než objem tréninku; po zvýšení intenzity tréninku došlo ke zlepšení síly nádechového svalstva o 7 %, a proto by četnost tréninků měla být co největší.

Další studie zkoumající vliv dechového trenažeru na dechové funkce u tetraplegiků proběhla v roce 2015. Tato studie se zabývala tím, zda trénink dechového svalstva s trenažerem může být účinný pro zlepšení plicních funkcí a zda může ovlivnit spánkovou apnoe u pacientů s lézí krční míchy. Výsledky ukazují, že u všech účastníků došlo ke zlepšení vitální kapacity plic a inspirační kapacity plic oproti výchozím hodnotám, u dvou třetin probandů došlo ke zlepšení síly dechového svalstva, zároveň dvě třetiny probandů vykazovaly zlepšení v indexu obstrukční apnoe a taktéž ve stupnici ospalosti. (Boswell-Ruys, 2015)

Berlowitz a Tamplin (2013) se zabývali ve své studii účinností respiračního tréninku ve srovnání se standardní péčí nebo placebo léčbou u pacientů s poškozením krční míchy. Shromáždili veškerá data, články a přehledy literatury, které se týkaly tohoto tématu. Do analýzy bylo zahrnuto celkem 11 studií s 212 účastníky s míšní lézí v oblasti krční páteře. Výsledky metaanalýzy naznačují, že trénink dechového svalstva je účinný pro zvýšení síly dechového svalstva a pravděpodobně i dechových objemů. V diskusi se ovšem shodují, že je zapotřebí další výzkum k vyhodnocení parametrů jako je dušnost, kašel, respirační komplikace, hospitalizace a další. Kromě toho jsou zapotřebí dlouhodobější studie, aby se zjistilo optimální dávkování a identifikovaly se všechny přínosy tréninku dechového svalstva na respirační funkce, kvalitu života, respirační morbiditu a mortalitu.

Pro pacienty, kteří prodělali poškození míchy, je tedy fyzioterapie nezbytná. Z většiny dostupných zdrojů vyplývá, že jakékoliv pasivní či aktivní pohyby, polohování, metody pracující na neurofyziologickém podkladě či právě respirační fyzioterapie jsou klíčové pro zlepšení zdravotního stavu jedince a mohou výrazně pomoci k soběstačnosti, redukci zdravotních komplikací a důsledků onemocnění a ke zlepšení kvality života pacienta s míšní lézí. (Harvey, 2016)

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit efekt tréninku respiračního svalstva pomocí dechového trenažeru, založeného na postupně navyšovaném nádechovém odporu maximální intenzity, na respirační funkce (FVC, FEV1, PEF, PCF, MIP, MEP) u pacientů s tetraplegií v chronické stádiu.

2.2 HYPOTÉZY

H1: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru bude mít pozitivní vliv na usilovnou vitální kapacitu plic (FVC) u pacientů s chronickou tetraplegií.

H2: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru bude mít pozitivní vliv na vynucený výdechový objem za jednu sekundu (FEV1) u pacientů s chronickou tetraplegií.

H3: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru bude mít pozitivní vliv na vrcholový výdechový průtok (PEF) u pacientů s chronickou tetraplegií.

H4: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru bude mít pozitivní vliv na maximální průtok kašle (PCF) u pacientů s chronickou tetraplegií.

H5: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru bude mít pozitivní vliv na sílu nádechového a výdechového svalstva (MIP a MEP) u pacientů s chronickou tetraplegií.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 METODIKA PRÁCE

3.1.1 *Design studie a výběr probandů*

Případové studie se zúčastnilo dohromady 15 pacientů se spinálním poraněním, všichni byli v experimentální skupině, do studie tedy nebyla zařazena kontrolní skupina probandů. Všichni probandi podstoupili vstupní vyšetření pomocí spirometrie a následně konečné vyšetření opět pomocí spirometrie. V rámci terapie byl využit nádechový trenažer Threshold IMT nebo Powerbreathe. Výběr trenažeru pro šestitýdenní dechový trénink se řídil respiračními parametry zjištěnými při prvním spirometrickém vyšetření (konkrétně dle hodnot MIP); probandi, kteří měli již při počátečním vyšetření hodnoty vyšší, dostali trenažer Powerbreathe, kde lze nastavovat odpor kladený při nádechu na vyšší hodnoty (až do 186 cm vodního sloupce) než je tomu u Thresholdu IMT (ten má nejvyšší hodnotu odporu pouze 41 cm vodního sloupce)

3.1.2 *Vstupní kritéria*

Kritéria pro zahrnutí probandů do studie:

- pacient s míšní lézí s klinickým obrazem tetraplegie
- pacient s míšní lézí s neurologickou úrovní AIS A nebo AIS B
- pacient v chronickém stádiu míšního poranění (alespoň 1 rok po poranění)
- pacient v dlouhodobě stabilizovaném stavu
- pacient nevyužívající žádnou ventilační podporu

Vylučující kritéria studie:

- akutní stavy po operacích
- závažná akutní onemocnění omezující výkon dechového tréninku

Probandi na začátku studie podepsali informovaný souhlas. (viz příloha č. 2)

3.1.3 Vyšetření a sběr dat

Spirometrické vyšetření probandů proběhlo celkově dvakrát – před započítím šestidenního dechového tréninku a následně po jeho ukončení. Vyšetření se vždy uskutečnilo v Centru Paraple o.p.s. v Praze a bylo pod vedením zkušeného fyzioterapeuta, obě vyšetření každého probanda byla provedena stejným terapeutem.

Probandi dále uváděli základní osobní údaje (věk, váha), informace o jejich aktuálním zdravotním stavu, včetně prodělaných onemocněních. Otázky byly cíleny především na potíže respiračního charakteru – zda se léčí s nějakým respiračním onemocněním, zda prodělali covid-19 a v případě, že ano, tak kdy onemocnění prodělali a jaký byl jejich průběh onemocnění; dále otázky ohledně kuřáctví.

Další údaje, které pacienti uváděli, se týkaly jejich postižení, tedy výška míšní léze, stupeň AIS, datum poranění a mechanismus vzniku poranění.

Pro klinické vyšetření byla klíčová spirometrie, kde jsme zjišťovali tyto dechové parametry:

- FVC – usilovná vitální kapacita; jedná se o maximální objem vzduchu, který je jedinec schopen prudce vydechnout po maximálním nádechu; proband vedený slovními instrukcemi terapeuta provedl na začátek tři normální nádechy a výdechy, následně provedl maximální nádech a poté usilovný maximální výdech. Pacient měl k dispozici obrazovku, kde mohl pozorovat během vyšetření svou flow-volume křivku (křivku průtok-objem).
- FEV1 – vynucený výdechový objem za 1 sekundu; jde o objem vzduchu, který je vydechnutý po maximálním nádechu s největším možným úsilím během 1 sekundy; vyšetřováno společně s FVC.
- PEF – vrcholový výdechový průtok; jedná se o nejvyšší průtok na vrcholu usilovného výdechu; vyšetřováno společně s předchozími dvěma parametry.
- PCF – maximální průtok kašle; jedná se o parametr, který se již provádí jiným manévrem než předchozí tři parametry (FVC, FEV1 a PEF); pacient je opět podrobně instruován o průběhu vyšetření terapeutem, na začátek provede tři

klidové nádechy a výdechy, při posledním výdechu se snaží „vyprázdnit“ plíce, následuje maximální usilovný nádech, po kterém pacient do náustku usilovně zakašle.

- MIP – maximální inspirační tlak; pro vyšetření tohoto parametru se využívá jiného náustku, pacient opět na začátku provede tři klidné nádechy a výdechy. Při posledním výdechu se snaží vydechnout co největší množství vzduchu a následuje usilovný nádech držený pár sekund, pacient má k dispozici obrazovku s vizuálním zaznamenáním jeho dechu a s křivkou, která mu ukazuje, jak dlouho má usilovný nádech držet. Po signalizaci může volně vydechnout; využívá se zde zpětné vazby z obrazovky spirometru, což pacienta může motivovat k lepšímu výkonu.
- MEP – maximální expirační tlak; vyšetření probíhá velmi podobně jako u předchozího parametru MEP, jen se měří naopak usilovný výdech, proband tedy po počátečních klidných nádeších a výdeších provede maximální nádech a poté maximální usilovný výdech, kdy opět na obrazovce může sledovat křivku, která kopíruje jeho dech.

Každý parametr byl testován třikrát, pro studii byl využit nejlepší výkon ze tří pokusů. Před samotným spirometrickým vyšetřením byl proband edukován o principu spirometrie, a dále o tom, jak bude celé vyšetření probíhat. Terapeut probanda celým vyšetřením slovně provázel. Vyšetření probíhalo vsedě na invalidním vozíku, horní končetiny měl jedinec volně podél těla nebo volně položené na stehnech, pro eliminaci dýchání nosem byl využit nosní klip, do úst byl pacientovi vložen speciální náustek, skrze který prováděl nádech a následný výdech podle pokynů fyzioterapeuta. Stejně probíhalo vstupní i závěrečné spirometrické vyšetření.

3.1.4 *Terapie*

Pro zjištění efektu dechového tréninku na respirační parametry probandi podstoupili terapeutický trénink s ventilační pomůckou, který trval 6 týdnů. Jako ventilační pomůcka byl zvolen nádechový trenažer Threshold IMT či Powerbreathe; každému probandovi byl vybrán trenažer, dle vstupních spirometrických hodnot.

Trénink probíhal 3-4 krát týdně, každý proband byl zpočátku zaučen a edukován, jak se ventilační pomůcka využívá, k čemu slouží, a jak bude celý terapeutický program probíhat. Edukace probíhala v Centru Paraple o.p.s. v Praze, kde byli probandi na tři týdenním rekondičním pobytu nebo v centru pravidelně absolvovali ambulantní fyzioterapie. První trénink tedy probíhal vždy s fyzioterapeutem, který pacienta zaškolil, aby následně mohl trénink provádět sám, případně s pomocí asistenta/rodiny.

Pro kontrolu, zda trénink proband provádí a zda je dechová pomůcka aplikována správně, byla zvolena varianta online tréninku, to znamená, že jsem se s probandy spojovala přes webkameru a trénink tak prováděla na dálku s nimi. Jedna terapeutická intervence trvala zhruba 15 minut. Pro první trénink byl zvolen nádechový odpor na trenažeru, který odpovídal 50 % hodnoty MIP vyšetřené při vstupní spirometrii. Proband vyhodnotil po skončení terapeutické intervence, jak subjektivně trénink vnímal, jak byl pro něj náročný, a to na podkladě subjektivního škálování vnímaného úsilí dle Borga (viz tabulka 1).

Následně po skončení každého dechového tréninku proband zhodnotil, jak to pro něj bylo náročné, a podle toho se postupně zvyšoval maximální nádechový odpor na trenažeru. Pro vyhodnocení náročnosti tréninku byla opět využita subjektivní Borgova škála (viz tabulka 1); každý proband číselně ohodnotil náročnost každého tréninku a dle toho jsme se společně domlouvali na nastavování nádechového odporu na pomůcce. V případě, že proband vyhodnotil vnímané úsilí při tréninku číslem 15 (těžký) a méně, pro příští terapeutickou intervenci jsme odpor o několik centimetrů vodního sloupce zvýšili; naopak v případě, že jedinec vyhodnotil trénink jako velmi těžký (číslem 16 a více), setrvali jsme prozatím na stejném odporu a zvýšení proběhlo až v momentě, kdy subjektivně vnímal trénink jako těžký.

Tabulka 1: Borgova škála vnímaného úsilí

SUBJEKTIVNÍ BORGOVA ŠKÁLA VNÍMANÉHO ÚSILÍ	
Slovní popis	Bodové hodnocení
Žádné	6
Velmi, velmi lehké	7
	8
Velmi lehké	9
	10
Docela lehké	11
	12
Poněkud těžké	13
	14
Těžké	15
	16
Velmi těžké	17
	18
Velmi, velmi těžké	19
Maximální	20

Každá terapeutická intervence sestávala přibližně z 3-5 sérií, kdy každá série obsahovala zhruba 10 usilovných maximálních nádechů proti odporu následovaných volným výdechem. Počet sérií a dechů v jedné sérii se řídil opět subjektivním vnímáním probanda, cílem vždy bylo, aby trénink vnímal jako minimálně těžký.

Proband prováděl trénink s dechovou pomůckou vsedě na vozíku, horní končetiny měl volně svěšené podél těla nebo položené na stehnech, nesměl se zapírat o lokty. Trup se snažil mít napřímený, hlavu v neutrální pozici bez výrazné flexe či extenze, na nose měl nosní klip.

Jak již bylo zmíněno, pro terapii se využívaly dva druhy nádechových trenažerů, Threshold IMT (viz obrázek 4) nebo Powerbreathe (viz obrázek 5). Obě pomůcky jsou nádechovými trenažery, které slouží pro trénink nádechového svalstva. Slouží tedy pro zvýšení svalové síly a vytrvalosti nádechového svalstva, ke snížení dušnosti a k lepšímu

rozvíjení hrudníku. Rozdíl mezi nimi je v tom, jak lze nastavovat odpor kladený při nádechu. Threshold IMT lze maximálně nastavit na 41 cm vodního sloupce, kdežto na pomůcce Powerbreathe lze dosáhnout odporu až 186 cm vodního sloupce. Podle počáteční spirometrie, konkrétně z hodnoty MIP, bylo určeno, který ze dvou nádechových trenažerů bude daný proband pro trénink využívat. Princip fungování a používání obou trenažerů je totožný.

Po ukončení šestitýdenního dechového tréninku každý proband absolvoval opět spirometrické kontrolní vyšetření v Centru Paraple o.p.s..

Předpokladem bylo, že se po intenzivním šestitýdenním dechovém tréninku u skupiny probandů s chronickou tetraplegií projeví zlepšení respiračních parametrů.



Obrázek 4: trenažer Threshold IMT (Sansimon, 2023)



Obrázek 5: trenažer Powerbreathe (Powerbreathe, 2023)

3.1.5 Použité nástroje a metody pro analýzu dat

Prvním krokem statistické analýzy dat bylo zjistit, zda je splněn předpoklad, že data pochází z normálního rozložení, k čemuž byl použit Shapiro-Wilkův test normality. (Shapiro, 1962)

Pokud tento test normality ukázal, že p -hodnota $> 0,05$ (tedy že data pochází z normálního rozložení), volíme v dalším kroku testování pomocí jednostranné alternativy párového t -testu. (Seally Gosset, 2016)

V případě, že Shapiro-Wilkův test normality ukázal, že p -hodnota $< 0,05$ (tedy, že data nepochází z normálního rozložení), je zvolena varianta testování pomocí jednostranné alternativy párového Wilcoxonova testu. (Wilcoxon, 1945)

Výsledná p -hodnota je následně vždy porovnávána s hladinou spolehlivosti $p=0,05$. Pokud je získaná p -hodnota nižší než stanovená hladina spolehlivosti 0,05, test prokázal statisticky významný rozdíl mezi hodnotou před začátkem terapeutického tréninku a na jeho konci. V případě, že výsledná p -hodnota je vyšší než stanovená hladina spolehlivosti 0,05, neprokázali jsme statisticky významný rozdíl.

3.2 VÝSLEDKY

3.2.1 Charakteristika vybraného souboru

Do studie se zapojilo celkem 15 probandů, všichni probandi splnili vstupní kritéria a dobrovolně vstoupili do studie. Všichni probandi absolvovali vstupní spirometrické vyšetření, následně odporový trénink nádechového svalstva pomocí dechového trenažeru, po jeho skončení opět kontrolní spirometrické měření.

Všech 15 jedinců bylo mužského pohlaví, což nebyl záměr, pouze se nenašly ženy, které by splňovaly kritéria a chtěly se studie zúčastnit. Věk probandů byl celkově spíše nižší, nejmladšímu jedinci bylo 20 let, nejvyšší věk probanda experimentální skupiny byl 63 let.

V následující tabulce (tabulka 2) jsou sepsány základní informace o experimentální skupině probandů.

Tabulka 2: základní informace o skupině

Počet přihlášených probandů	15
Počet probandů absolvujících první vyšetření	15
Počet probandů absolvujících druhé vyšetření	15
Počet probandů zahrnutých do konečných výsledků	15
Muži	15
Ženy	0
Průměrný věk	37,4
Směrodatná odchylka věku	12,5

Další tabulka (tabulka 3) informuje o jednotlivých probandech, konkrétně o jejich výšce léze, neurologické úrovni léze (AIS stupeň), datu vzniku a mechanismu vzniku míšního poranění.

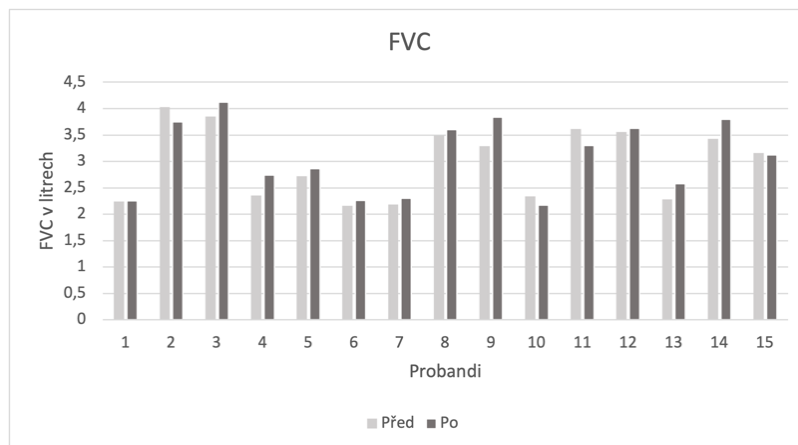
Tabulka 3: informace o probandech

	Léze	AIS	Datum vzniku	Mechanismus
DP01	C4	A	Únor 2018	Skok do mělké vody
DP02	C6	B	Květen 2008	Náraz hlavou na dno bazénu
DP03	C7	B	Duben 2005	Dopravní nehoda
DP04	C4	A	Září 2018	Sražení vlakem
DP05	C6	A	Leden 2020	Pád na lyžích
DP06	C4	A	Březen 2019	Skok z 5. patra (tentamen suicidii)
DP07	C3	A	Červen 2018	Skok do vody
DP08	C4	A	Září 1997	Pád kamene na hlavu při horské túře
DP09	C4	A	Srpen 2017	V ebrietě zásah elektrickým proudem a pád z vagonu
DP10	C5	A	Září 1999	Autonehoda
DP11	C4	B	Prosinec 2001	Pád ze stromu
DP12	C8	B	Březen 2014	Autonehoda
DP13	C4	A	Září 2003	Pád z výšky
DP14	C7	A	Únor 2019	Pád na snowboardu
DP15	C6	A	Květen 2014	Mozková malformace, pooperační komplikace

3.2.2 Výsledky měření a test hypotéz

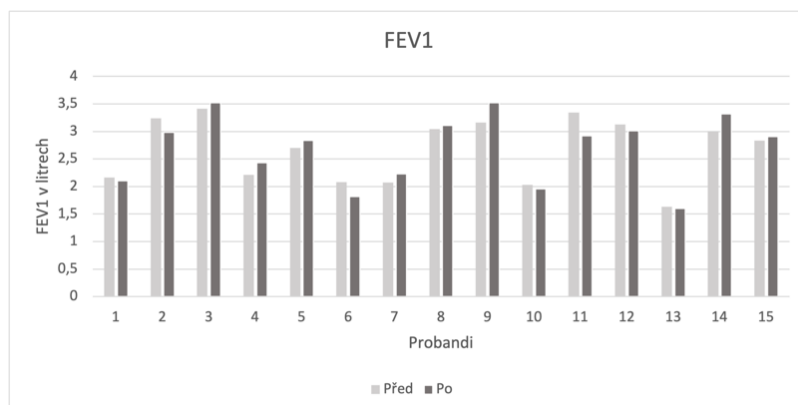
Ze statistické analýzy dat, a tedy z výsledků studie je zřejmé, že u všech 6 zkoumaných parametrů došlo ke zlepšení, ale pouze u 2 parametrů (MIP a MEP) bylo zlepšení signifikantně významné (p-hodnota je nižší než stanovená hladina spolehlivosti 0,05).

U prvního měřeného parametru FVC došlo ke zlepšení hodnot po šestitýdenním dechovém tréninku u 11 probandů (znázorněno v grafu 1). Nejnižší hodnota FVC při vstupní spirometrii byla naměřena 2,16 litrů, naopak nejvyšší usilovná vitální kapacita naměřená během prvního spirometrického vyšetření činila 4,06 litru. Po šestitýdenní terapeutické intervenci došlo obecně ke zvýšení hodnot, nejvyšší FVC se rovnalo 4,12 litru.



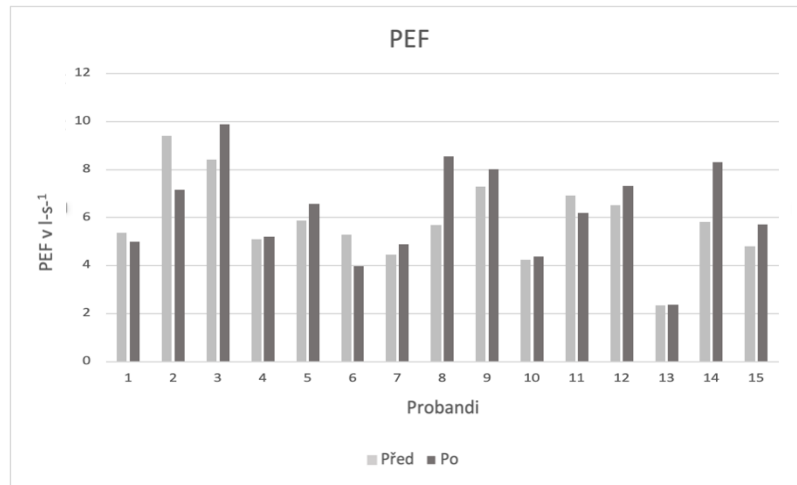
Graf 1: hodnoty FVC

V grafu 2 jsou zaznamenány výsledky měřeného parametru FEV1, které ukazují, že se po tréninku zlepšilo a dosáhlo tak vyšších hodnot pouze 8 probandů. Průměrné hodnoty vynuceného výdechového objemu se zvýšily pouze nepatrně.



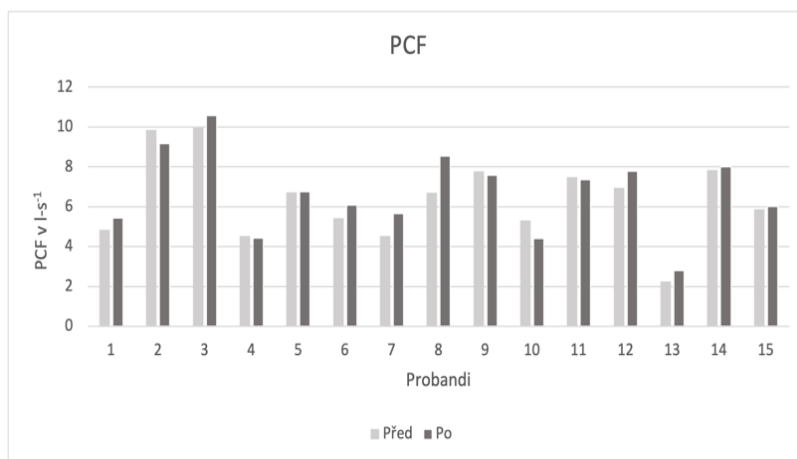
Graf 2: hodnoty FEV1

Z hodnot parametru PEF vyplývá, že 11 probandů dosáhlo po dechovém tréninku vyšších hodnot – znázorněno v grafu 3. Nejvyššího rozdílu hodnot před a po terapeutické intervenci dosáhl proband 8, kdy došlo ke zvýšení hodnoty vrcholového výdechového průtoku o $2,88 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.



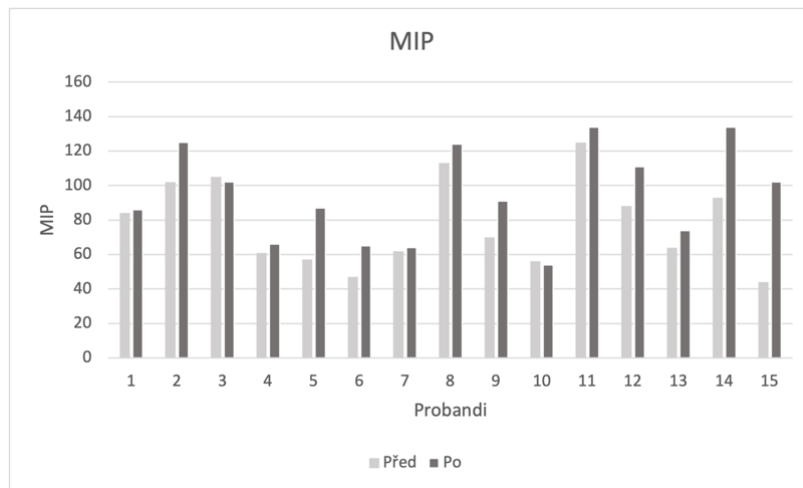
Graf 3: hodnoty PEF

Graf 4 mapuje hodnoty parametru PCF před a po terapeutické intervenci, kdy ke zlepšení došlo u 10 probandů z celkového počtu 15 jedinců.



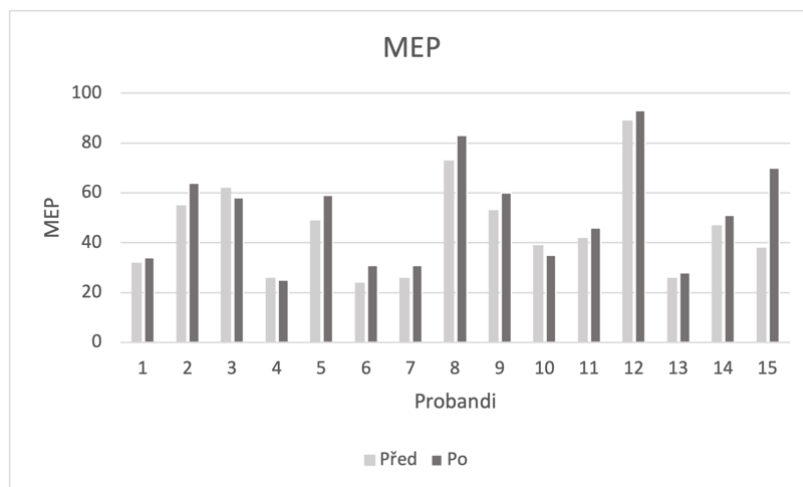
Graf 4: hodnoty PCF

Síla nádechového svalstva neboli parametr MIP vyšel pozitivně, tedy ukázal zlepšení po dechovém tréninku u 13 probandů (znázorněno v grafu 5). Vstupní hodnoty maximálního inspiračního tlaku (MIP) se pohybovaly od 44 do 125 cm H₂O; výstupní hodnoty skupiny byly v rozmezí 54-134 cm H₂O.



Graf 5: hodnoty MIP

Graf 6 ukazuje výsledky posledního zkoumaného respiračního parametru MEP, z grafu lze konstatovat, že při závěrečném spirometrickém měření dosáhlo vyšších hodnot než při první spirometrii 12 probandů z celkového počtu 15 probandů. Vstupní hodnoty maximálního expiračního tlaku MEP byly v rozpětí 24-89 cm H₂O, výstupní naměřené hodnoty maximálního expiračního tlaku se pohybovaly od 25 do 93 cm H₂O.



Graf 6: hodnoty MEP

Výsledky studie tedy ukazují, že díky šestitýdennímu dechovému tréninku pomocí nádechového trenažeru došlo ke zlepšení respiračních parametrů vždy u více než poloviny všech zúčastněných probandů. Průměrné hodnoty všech šesti parametrů byly po respiračním tréninku vyšší než před jeho zahájením; některé se zvýšily jen nepatrně, u některých je rozdíl markantnější, u žádného parametru nejsou hodnoty závěrečného spirometrického vyšetření nižší než hodnoty vycházející z prvního spirometrického měření.

Testy hypotéz

H1: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenážeru bude mít pozitivní vliv na usilovnou vitální kapacitu plic (FVC) u pacientů s chronickou tetraplegií

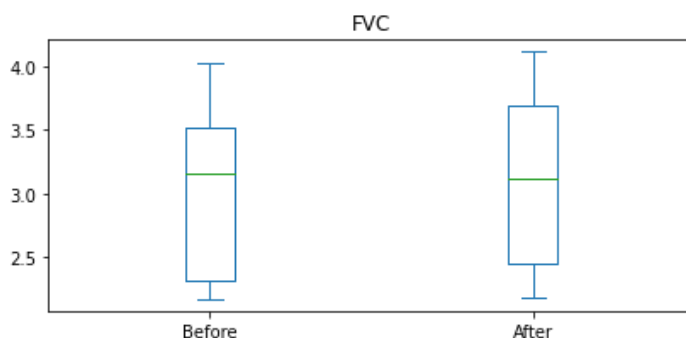
Platnost hypotézy byla měřena pomocí dvou spirometrických vyšetření, kdy byly porovnány hodnoty před respiračním tréninkem a po jeho skončení. Z výsledků je zřejmé, že došlo k nepatrnému zvýšení hodnot – průměrná hodnota před tréninkem byla pouze nepatrně nižší než po něm. Ze statistické analýzy dat pomocí jednostranné alternativy párového t-testu vychází, že, p-hodnota je vyšší než hladina spolehlivosti 0,05.

Z p-hodnoty je zřejmé, že nebyl prokázán signifikantní rozdíl, a tudíž hypotéza H1 je zamítnuta.

Tabulka 4: výsledky FVC

	Před	Po
Průměr	2,979	3,088
Směrodatná odchylka	0,653	0,656
Medián	3,16	3,12

Graf 7: výsledky FVC



Využitý test: jednostranná alternativa párového t-testu

P-hodnota: 0,054

Závěr: není signifikantní rozdíl

H2: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenážeru bude mít pozitivní vliv na vynucený výdechový objem za jednu sekundu (FEV1) u pacientů s chronickou tetraplegií.

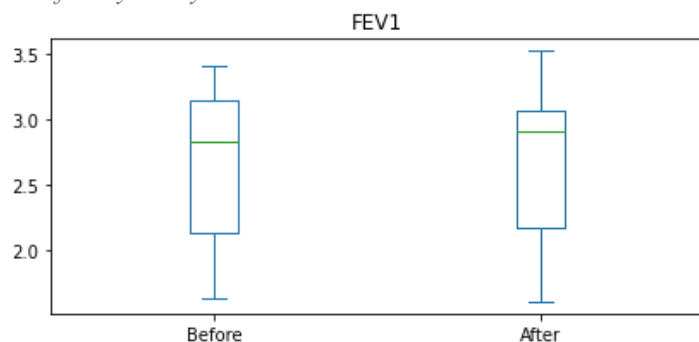
Z výsledků analýzy dat je zřejmé, že vynucený výdechový objem za jednu sekundu se u pacientů s chronickou tetraplegií zvýšil pouze minimálně (viz tabulka 5).

P-hodnota = 0,391, je tedy vyšší než stanovená hladina spolehlivosti 0,05 a tudíž ani u tohoto parametru nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, a tedy i hypotéza H2 je zamítnuta.

Tabulka 5: výsledky FEV1

	Před	Po
Průměr	2,668	2,684
Směrodatná odchylka	0,560	0,598
Medián	2,83	2,91

Graf 8: výsledky FEV1



Využitý test: jednostranná alternativa párového t-testu

P-hodnota: 0.391

Závěr: není signifikantní rozdíl

H3: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenážeru bude mít pozitivní vliv na vrcholový výdechový průtok (PEF) u pacientů s chronickou tetraplegií.

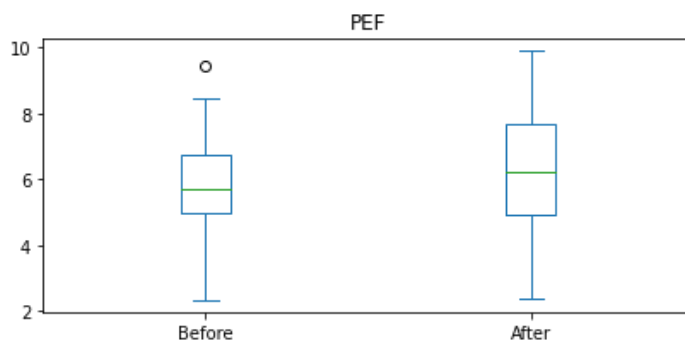
Vrcholový výdechový průtok (PEF) vykazuje zlepšení po šestitýdenním respiračním terapeutickém programu. Průměrné hodnoty parametru PEF se u probandů zvýšily výrazněji než u předchozích dvou parametrů (viz tabulka 6).

Po statistické analýze dat a vyhodnocení jednostrannou alternativou párového t-testu vyšlo, že p-hodnota je 0,132 a tedy opět není prokázán signifikantní rozdíl; hypotéza H3 je bohužel také zamítnuta.

Tabulka 6: výsledky PEF

	Před	Po
Průměr	5,839	6,511
Směrodatná odchylka	1,673	1,699
Medián	5,68	6,385

Graf 9: výsledky PEF



Využitý test: jednostranná alternativa párového t-testu

P-hodnota: 0.132

Závěr: není signifikantní rozdíl

H4: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenážeru bude mít pozitivní vliv na maximální průtok kašle (PCF) u pacientů s chronickou tetraplegií.

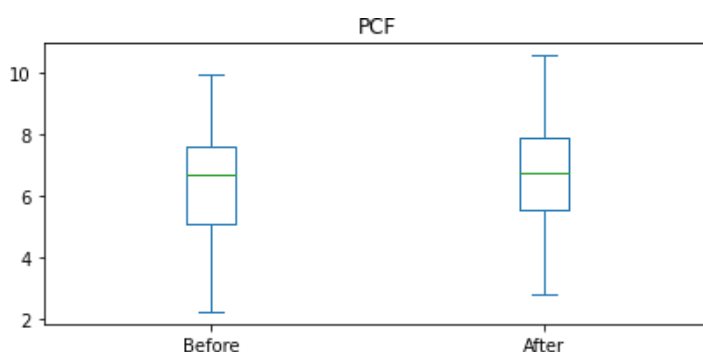
Z výsledků tohoto parametru lze vyčíst, že šestitýdenní respirační trénink prokázal pozitivní vliv na parametr hodnotící maximální průtok kašle, a že došlo ke zvýšení hodnot po odporovém tréninku nádechového svalstva. Před terapeutickou intervencí byla průměrná hodnota parametru nižší než po jejím skončení. (viz tabulka 7)

Jednostranná alternativa párového t-testu prokázala, že výsledná p-hodnota je vyšší než stanovená hladina spolehlivosti 0,05. Test tedy neprokázal statisticky významný rozdíl a hypotéza H4 je zamítnuta.

Tabulka 7: výsledky PCF

	Před	Po
Průměr	6,405	6,708
Směrodatná odchylka	1,985	1,962
Medián	6,7	6,76

Graf 10: výsledky PCF



Využitý test: jednostranná alternativa párového t-testu

P-hodnota: 0.057

Závěr: není signifikantní rozdíl

H5: Předpokládáme, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenážeru bude mít pozitivní vliv na sílu nádechového a výdechového svalstva (MIP a MEP) u pacientů s chronickou tetraplegií.

Posledními zkoumanými parametry jsou MIP a MEP, tedy parametry, které hodnotí sílu nádechového a výdechového svalstva. Z výsledků je zřejmé, že došlo ke zlepšení obou parametrů.

Průměrná hodnota parametru MIP se zvýšila o téměř 17 cm vodního sloupce (viz tabulka 8), což ukazuje na výrazné zlepšení síly nádechového svalstva po terapeutické intervenci. Po analýze dat parametru MIP pomocí jednostranné alternativy párového t-testu jsme došli k závěru, že p-hodnota je nižší než stanovená hladina spolehlivosti, a tudíž je prokázán statisticky významný rozdíl.

MEP neboli síla výdechového svalstva se také po terapeutickém programu zvýšila; průměrná hodnota tohoto parametru se při závěrečné spirometrii zvýšila o necelých 6 cm vodního sloupce (viz tabulka 9). Statistická analýza dat pomocí jednostranné alternativy párového Wilcoxonova testu prokázala signifikantně významný rozdíl – p-hodnota = 0,002 a tedy je nižší než stanovená hladina spolehlivosti.

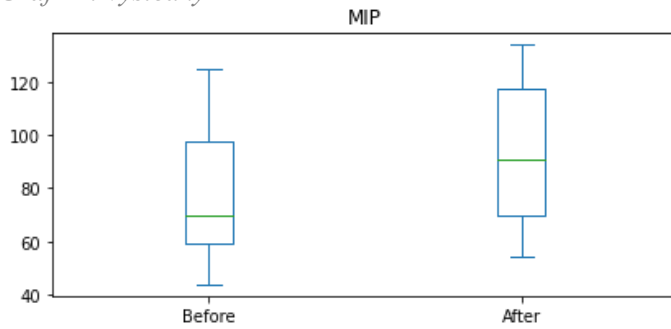
Hypotéza H5 je potvrzena, protože u obou parametrů (MIP i MEP) došlo k signifikantnímu statistickému rozdílu hodnot.

Výsledky parametru MIP:

Tabulka 8: výsledky MIP

	Před	Po
Průměr	78,066	94,6
Směrodatná odchylka	24,422	25,973
Medián	70	91

Graf 11: výsledky MIP



Využitý test: jednostranná alternativa párového t-testu

P-hodnota: 0.001

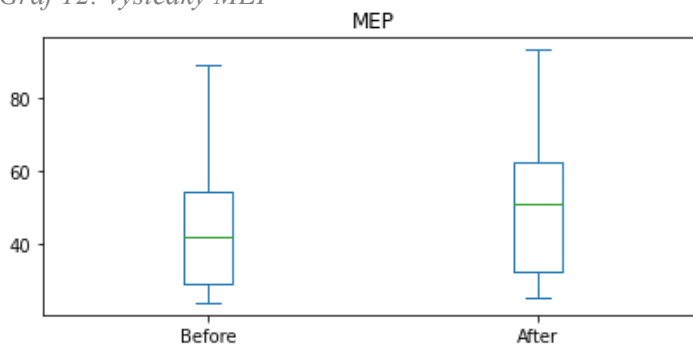
Závěr: je signifikantní rozdíl

Výsledky parametru MEP:

Tabulka 9: výsledky MEP

	Před	Po
Průměr	45,4	51,2
Směrodatná odchylka	18,216	20,143
Medián	42	51

Graf 12: výsledky MEP



Využitý test: jednostranná alternativa párového Wilcoxonova testu

P-hodnota: 0.002

Závěr: je signifikantní rozdíl

4 DISKUZE

4.1 VLIV MÍŠNÍ LÉZE NA RESPIRAČNÍ FUNKCE

Míšní léze je definována jako úplné nebo neúplné akutní poranění míchy, které má za následek motorickou, senzitivní a autonomní dysfunkci. Pro přesnou klasifikaci míšního poranění slouží mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci. Přesné rozlišení různých typů míšní léze je založeno na podrobném motorickém a senzoryckém vyšetření. Každý typ a výška míšní léze je spojena s řadou komplikací, které pacienta ohrožují na životě.

Komplikace respiračního systému patří mezi hlavní příčiny mortality a morbidit u pacientů s poraněním míchy (Reid, 2016), dle Galerias Vázquez (2013) jsou tyto komplikace přítomny u 36 % až 83 % pacientů. Rozsah a závažnost dechových obtíží vždy závisí na úrovni míšní léze a motorického postižení podle klasifikace American Spinal Injury Association (ASIA) (Tollefsen, 2012). Incidence dechových obtíží v akutní fázi onemocnění je až 80 % (Josefson, 2021). Bennett (2022) a další autoři ve svých pracích uvádí, že právě pneumonie společně se sepsí jsou nejčastější příčinou morbidit u pacientů s míšní lézí.

Paralýza inspiračních a expiračních svalů, která vzniká po poranění míchy, má výrazný vliv na plicní funkce, které jsou v závislosti na úrovni míšní léze sníženy. Podle úrovně poranění krční míchy jsou redukovány respirační parametry, konkrétně celková kapacita plic a statický objem plic. Funkce plic se měří pomocí usilovné vitální kapacity (FVC), která je výrazně snížena. U pacientů s motoricky kompletním poraněním a vysokou tetraplegií je hodnota FVC v průměru na 44 % očekávané kapacity plic, v případě neúplného poranění je tato hodnota 60 %. (Tollefsen, 2012)

Ve studii z roku 2020 autoři zjišťovali prevalenci respiračních komplikací u jedinců s míšním poraněním a popisovali následný vliv těchto komplikací na mortalitu. Celkem bylo do výzkumu zahrnuto 136 jedinců, z čehož 53 % pacientů s lézí krční míchy a 20 % probandů s nižší lézí trpělo jednou nebo více respiračními komplikacemi během první fáze rehabilitační léčby; 20 % jedinců zemřelo. Nejčastější příčinou smrti byla právě dechová insuficience. Bylo prokázáno, že jedinci s respiračními obtížemi vykazovali zkrácené přežití v porovnání s jedinci bez dechových komplikací. Relativní riziko úmrtí

v případě, že jedinec trpěl dechovými obtížemi během počáteční rehabilitace, bylo 2,1krát vyšší než u osob bez komplikací respiračního systému. (Josefson, 2021)

Z dostupných dat lze jasně konstatovat, že respirační komplikace hrají důležitou roli v celkové multidisciplinární péči o jedince s míšní lézí, jsou nejčastější příčinou mortality a morbidit a měla by na ně být zaměřena terapie ihned po poranění a následně po zbytek pacientova života. Prevence, včasná diagnostika, profylaktická léčba a fyzioterapie jsou nezbytné ke zmírnění nepříznivých důsledků závažných respiračních problémů. Kříž a Chvostková (2009) ve svém článku uvádí, že právě respirační fyzioterapie stojí na prvním místě u pacientů po poranění krční míchy v akutním a subakutním stádiu. Dle Manninga (1992) lze díky kvalitnímu tréninku respiračního svalstva ovlivnit dechovou slabost a neúčinnost dýchání u tetraplegiků; uvádí, že tréninkem lze zvýšit výkonnost respiračních svalů.

Respirační problematice u spinálních poranění se věnuje velké množství studií a prací, naopak vědeckých prací s validními výsledky, které by se zabývaly respirační fyzioterapií u pacientů po poranění míchy, je nedostatek. Většina prací se navíc zabývá pouze několika technikami, a tak nelze porovnávat účinek jednotlivých metod dechové rehabilitace.

Jako prevence respiračních komplikací je často zmiňován právě odporový dechový trénink využívající dechové trenažery, několik studií zkoumající tuto problematiku již bylo vytvořeno. Dle Sheel et al. (2008) ale neexistuje dostatečné množství důkazů, které by jednoznačně ukazovaly pozitivní efekt odporového dechového tréninku na respirační funkce u spinálních pacientů.

Má práce měla za cíl zjistit, zda odporový trénink dechového svalstva může příznivě ovlivnit funkci respiračního systému a případně tak snížit riziko vzniku dechových komplikací, které jsou, jak je z předchozích vět patrné, u tetraplegie velmi časté.

4.2 VÝSLEDKY PRÁCE

Z řady výzkumů a studií je zřejmé, že respirační parametry jsou značně sníženy u pacientů s míšní lézí. Práce se zaměřila konkrétně na 6 respiračních parametrů, které jsou dle vědeckých prací často sníženy vlivem poškození míchy.

Prvním zkoumaným respiračním parametrem v mé práci byla usilovná vitální kapacita plic (FVC), která je po míšní lézi výrazně snížena u většiny pacientů. Například Karin Postma (2014, s. 45-55) ve své tezi z roku 2014 předkládá výsledky řady výzkumů a prací. Jedna ze studií zkoumala prevalenci zhoršených plicních funkcí, incidenci respiračních onemocnění a další souvislosti mezi těmito parametry u osob s míšním poraněním pět let po počáteční rehabilitační péči. Celkově se studie zúčastnilo 147 jedinců, všichni dýchali bez mechanické podpory. Jedním ze zkoumaných parametrů byla usilovná vitální kapacita (FVC). Ze vzorku probandů mělo 30,9 % sníženou usilovnou vitální kapacitu. Z výsledků studie vyplynulo, že respirační parametry zůstávají sníženy několik let po poranění míchy a měla by tak být v péči dostatečně zastoupena respirační fyzioterapie, která může být vhodným způsobem prevence snižování hodnot respiračních parametrů, vzniku infekcí a dušnosti.

Z výsledků mé práce lze konstatovat, že došlo k mírnému zlepšení hodnoty FVC po šesti týdnech terapeutické intervence, nicméně pro lepší statisticky signifikantní výsledky by bylo zapotřebí větší množství probandů a zvolit trénink vyšší intenzity či frekvence. Výsledky mé studie se shodují s některými autory prací, naopak některé práce dospěly k jiným závěrům.

Berlowitz a Tamplin (2013) ve své práci dali dohromady 11 studií a výzkumů zabývajících se efektem tréninku respiračního svalstva na dechové parametry oproti standardní péči o pacienty s lézí v oblasti krční míchy. V každé práci se lišil design výzkumu, to znamená intenzita a délka tréninku a forma tréninku. Jedním z hodnocených parametrů byla vitální kapacita plic. Výsledky prací ukazují, že respirační trénink má pozitivní efekt na vitální kapacitu plic, zlepšení bylo o 15 % až 30 %.

Karin Postma (2014, s. 59-72) zveřejnila výsledky studie, která srovnávala efekt respiračního tréninku pomocí nádechového trenažeru Threshold IMT v porovnání s klasickou respirační fyzioterapií. Experimentální skupina podstoupila osmi týdenní odporový trénink dechového svalstva, kontrolní skupina pouze respirační fyzioterapii. Jediným parametrem, který byl vyhodnocen jako zlepšený po tréninku, byla hodnota

MIP, tedy maximální síla nádechového svalstva. Na počátku autoři předpokládali, že respirační trénink s trenažerem může nepřímo pozitivně ovlivnit průtoky a objemy plic prostřednictvím zvýšené síly nádechového svalstva (MIP), nicméně tato studie neprokázala žádný vliv na objemy a průtoky plic. Nulový efekt respiračního tréninku na parametr FVC se shoduje s výsledky studie Muellera et al. (2013). Naopak studie provedená Liawem et al. (2000) se s výsledky neshoduje, na základě jejich výzkumu lze konstatovat, že odporový respirační trénink zvýšil hodnoty FVC. Avšak sami autoři této studie uvádějí, že ačkoliv byl účinek prokázán, tak nebyl dostatečně silný, a navíc mohl být ovlivněný a nadhodnocený kvůli nedostatečně kontrolovaným rozdílům ve výchozím stavu jedinců.

Z řady dostupných zdrojů je zřejmé, že výsledky studií se značně liší, některé uvádějí pozitivní vliv tréninku dechového svalstva na hodnotu FVC, jiné účinky vyvrací či naznačují, že zlepšení může být ovlivněno nepřímo díky posílení nádechového svalstva, a tedy zvýšení hodnoty MIP.

Dalším hodnoceným dechovým parametrem mé studie byl vynucený výdechový objem za 1 sekundu (FEV1). Výsledky poukazují opět na pouze mírné zlepšení bez signifikantně významného účinku stejně jako tomu je u předchozího parametru FVC. Autorka Karin Postma (2014, s. 24) uvádí, že tento parametr může sloužit jako prediktivní hodnota, má tedy dobrou specifitu v predikci respiračního selhání. V jejich studii došli k výsledku, že přibližně 25 % pacientů s hodnotou FEV1 pod 2,5 litru prodělalo respirační selhání do jednoho roku od propuštění z nemocnice. Znamená to tedy, že se jedná o další podstatný parametr hodnotící funkci respiračního systému, a proto byl zvolen v mé studii jako další zkoumaná hodnota.

Berlowitz ve své práci shromáždil čtyři studie zkoumající hodnotu FEV1 a její ovlivnění odporovým tréninkem respiračního svalstva. Všichni autoři se shodují, že trénink nevykazuje silný účinek na tento parametr. (Berlowitz et al., 2013). Ke stejnému závěru se dopracovala i randomizovaná studie porovnávající dechový trénink s respiračním trenažerem a klasickou respirační fyzioterapií u pacientů s míšní lézí, tedy nebyl shledán pozitivní efekt odporového respiračního tréninku na vynucený výdechový objem za 1 sekundu. (Postma, 2014, s. 59-72)

Z dostupných prací vyplývá, že odporový trénink dechového svalstva neprokazuje pozitivní vliv na vynucený výdechový objem za 1 sekundu, ačkoliv může dojít k mírnému

zlepšení díky posílení dechového svalstva, rozdíl nebude natolik velký, aby se dal považovat za významný. Výsledek mé studie se shoduje s výsledky dalších prací, mírné zlepšení po respiračním tréninku nastalo, otázkou ovšem je, zda bude tento efekt dlouhodobý a zda by případně trénink větší intenzity a frekvence mohl mít významnější vliv na dechové objemy.

Vrcholový výdechový průtok (PEF) může stejně jako předchozí dva parametry sloužit jako prediktivní hodnota respiračního selhání a je vhodné ho u pacientů po míšňí lézi pravidelně testovat a porovnávat jeho změny v čase. Nicméně i tento parametr neprokazuje přímé zlepšení po terapeutické intervenci (odporovém dechovém tréninku). Autoři prací se shodují, že v případě, že jsou objemy a průtoky plic po tréninku zvýšeny, lze předpokládat, že progres těchto hodnot je způsoben zvýšením síly nádechového svalstva, a tudíž nepřímo dochází k pozitivnímu ovlivnění i těchto respiračních parametrů. (Postma, 2014, s. 59-72)

PCF neboli maximální průtok kašle byl další parametr, který jsem v rámci své práce hodnotila. Studie ukazují, že pacienti s lézi v oblasti krční míchy mají vitální kapacitu plic sniženou o 30-50 %, funkční reziduální kapacitu plic o přibližně 25 %, výdechový rezervní objem je snížen až o 75 %. Všechny tyto nálezy jsou spojeny se ztrátou síly a kontroly svalstva břišní a hrudní stěny. V důsledky slabosti dýchacích svalů dochází k neúčinnosti kašle, ateletáze a dalším respiračním komplikacím. (Kang et al., 2006) Jedním z cílů mé práce tedy bylo zjistit, jestli právě odporový dechový trénink může pozitivně ovlivnit účinnost kašle.

Kang (2006) ve své studii porovnával vztah mezi silou inspiračního svalstva a kapacitou kašle u pacientů s poraněním krční míchy. Základem práce bylo hodnocení maximální síly inspiračního svalstva, maximální síly expiračního svalstva, vitální kapacity plic a dále kapacity kašle (asistovaného i neasistovaného). Výsledky ukazují, že MIP vykazuje významnější korelaci s kapacitou kašle než MEP. Proto by u pacientů s motoricky úplným poškozením míchy měl být kladen důraz nikoliv pouze na výdechové funkce, ale především na zlepšení síly inspiračního svalstva. Nepřímo potom lze zvýšením parametru MIP ovlivnit právě maximální průtok kašle, který je velmi oslabený u těchto pacientů a v důsledku toho dochází k řadě komplikací.

Dlouhodobou analýzu provedla i Karin Postma (2014, s. 77-85), jejímž cílem bylo zjistit vztah mezi silou dechového svalstva a kapacitou kašle u pacientů s míšňí lézi.

V rámci výzkumu proběhla celkem čtyři měření – čtyři týdny po zahájení aktivní lůžkové rehabilitace, následně 9 týdnů po prvním měření, 17 týdnů po prvním měření a rok po propuštění z ústavní rehabilitace. Po prvním měření byli probandi rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny, kdy intervenční skupina prováděla mezi prvním a druhým měřením odporový trénink dechového svalstva. Vyšetřována byla spirometricky kapacita kašle (PCF), maximální síla nádechového (MIP) a výdechového (MEP) svalstva. Výsledky této analýzy ukazují významnou korelaci mezi silou dechového svalstva a kapacitou kašle. Závěrem lze předpokládat, že pokud je pacient schopen zlepšit sílu nádechových a výdechových svalů,lepší se také kapacita kašle. Významnější korelace byla shledána mezi silou nádechového svalstva a kapacitou kašle stejně jako je tomu u předchozí studie od Kanga.

Posledními měřeními parametry v mé práci jsou maximální síla nádechového svalstva a maximální síla výdechového svalstva (MIP a MEP). Výsledky práce jasně ukazují pozitivní efekt odporového respiračního tréninku na sílu dechového svalstva u pacientů v chronickém stádiu míšňí léze, kdy rozdíl hodnot před terapeutickou intervencí a po ní byl natolik velký, že lze výsledky považovat za signifikantně významné. Potvrdili jsme hypotézu, že šestitýdenní dechový trénink pomocí dechového trenažeru má pozitivní vliv na sílu nádechového a výdechového svalstva.

Ke stejným závěrům došli i ve studii pod vedením Karin Postmy z roku 2014 (2014, s. 59-72), kde porovnávali efekt odporového respiračního tréninku prováděného intervenční skupinou, oproti kontrolní skupině, která podstoupila pouze klasickou rehabilitační léčbu. Výsledky ukazují, že v experimentální skupině bylo zvýšení hodnoty MIP výrazně vyšší než v kontrolní skupině. V rámci této práce ovšem zkoumali i dlouhodobý efekt, probandi byli vyšetřováni i jeden rok po intervenci. Při sledování poté došli k závěru, že účinek již nebyl významný, a tak hodnotí efekt odporového respiračního tréninku jako pouze krátkodobý.

Berlowitz a Tamplin (2013) shromáždili studie zabývající se efektem odporového tréninku na maximální sílu nádechového svalstva (MIP). Výsledky celkem 11 prací ukazují významný účinek odporového tréninku na sílu nádechového svalstva. V zahrnutých studiích se průměrná hodnota MIP pohybovala od 43 do 102 cm H₂O, následné zlepšení po terapeutické intervenci v průměru o 10 cm H₂O představuje přibližně 10% až 25% zlepšení maximální síly nádechového svalstva.

Stejným principem tito autoři seskupili práce zkoumající vliv odporového tréninku na sílu výdechového svalstva (MEP). Souhrnný odhad šesti studií ukázal významný intervenční účinek, v zahrnutých výzkumech se průměrná kontrolní hodnota MEP pohybovala od 41 do 91 cm H₂O. Zlepšení o přibližně 10 cm H₂O ukazuje stejné výsledky jako je tomu u hodnoty MIP, tedy 10% až 25% progres hodnot po odporovém tréninku výdechového svalstva. (Berlowitz et al., 2013)

Další studie zabývající se účinkem odporového tréninku dechového svalstva se mimo jiné zabývala i vlivem na spánkovou apnoei u pacientů s míšní lézí. Výsledkem bylo zlepšení hodnoty MIP u dvou třetin účastníků, zlepšení parametru MEP u všech zúčastněných probandů. Studie prokázala i pozitivní efekt tréninku na spánkovou apnoei, kdy se apnoe-hypopnoe index (AHI) snížil. (Boswell-Ruys et al., 2015)

Cílem studie autorů Raab a dalších (2019) bylo zjistit, zda je relevantnější intenzita nebo objem tréninku pro dosažení vyšší síly dechového svalstva. Probandi absolvovali odporové tréninky nádechového svalstva s pomůckou Threshold IMT. Výsledky práce ukazují, že relevantnější pro dosažení lepších výsledků je intenzita tréninku, při zvýšení intenzity tréninku o 10 jednotek dojde k 7% zvýšení MIP. Objem tréninku není samozřejmě zcela irelevantní, ale výsledky studie podporují trend tréninku vysoké intenzity, kterou ovšem nelze udržet po delší dobu, a proto je vhodné trénink dávkovat v intervalech. Vysoká intenzita tréninku je vhodný stimul pro vyvolání adaptace dýchacích svalů. Protože většina jedinců se spinálním poraněním v oblasti krční míchy není schopna dosáhnout dostatečné stimulace dechového svalstva prostřednictvím cvičení celého těla, tak právě izolovaný trénink dýchacích svalů o vysoké intenzitě může být vhodnou alternativou. Zároveň autoři ukazují na fakt, že trénink vysoké intenzity je časově nenáročnou, motivující alternativou oproti kontinuálnímu tréninku vytrvalostního charakteru. Při zjišťování efektu tréninku nádechového svalstva na sílu výdechového svalstva dospěli k závěru, že rozhodující je motorická kompletnost léze. Pouze u motoricky kompletní léze lze dosáhnout zvýšení síly expiračního svalstva tréninkem inspiračních svalů. Zatímco u probandů s motoricky kompletní míšní lézí došlo ke zvýšení hodnoty MEP o 6,8 %, u motoricky nekompletních lézí byla tato hodnota pouze 0,1 %.

McConnell ve své knize Respiratory Muscle Training: Theory and Practice z roku 2013 (McConnell, 2013) shrnuje dosavadní poznatky o tomto tématu. Shromáždil tři systematické přehledy (Brooks et al., 2005; Van Houtte et al., 2006; Sheel et al., 2008),

kteře se zabývaly odporovým tréninkem respiračního svalstva a jeho vlivem na sílu a vytrvalost inspiračního svalstva, dušnost, plicní funkce a kvalitu života. V závěru došel k faktu, že analýzy neodhalily žádné konzistentní změny. Maximální síla nádechového svalstva se sice zvýšila díky tréninku ve všech třech studiích (MIP se zvýšil o 29-61 %), ale výsledek nelze považovat za signifikantně významný, protože ke zlepšení došlo i v jedné kontrolní skupině, která odporový trénink neabsolvovala.

Van Houtte a kolektiv v roce 2006 (2006) vytvořil systematický přehled hodnotící všechny formy odporového tréninku respiračního svalstva. Nakonec ze 106 studií bylo zařazeno pouze 6, které splňovaly kritéria pro zařazení. Všechny těchto šest prací se zaměřovalo na hodnocení síly a vytrvalosti respiračního svalstva, plicních funkcí, respiračních komplikací a kvality života. Závěry naznačují, že po dokončení tréninku je výrazná tendence ke zvýšení síly dechového svalstva, ke zvýšení vitální kapacity plic a zvýšení reziduálního objemu. I přes tyto kladné výsledky autoři konstatovali, že z důvodu omezeného počtu randomizovaných studií, heterogenitě vzorku probandů a nedostatečným údajům nelze provést kvalitní metaanalýzu a nelze tak spočítat velikost účinku. Autoři tedy dospěli k závěru, že neexistuje dostatečné množství prací a důkazů, které by jednoznačně uváděly odporový trénink dechového svalstva jako metodu zlepšující funkci plic a dýchacích svalů u pacientů s míšní lézí.

Celkově lze shrnout, že momentálně není dostatečné množství studií, které by jasně potvrdily pozitivní efekt odporového respiračního tréninku na dechové funkce u pacientů v chronickém stádiu míšní léze. Z řad výzkumů vyplývá, že trénink může mít pozitivní vliv na sílu nádechového a výdechového svalstva. Ve většině prací byly právě tyto dva parametry vyhodnoceny jako zlepšené po terapeutické intervenci, což se shoduje i s výsledky mé studie. Někteří autoři naznačují ve svých pracích, že právě zvýšení síly inspiračního a expiračního svalstva může následně nepřímo ovlivnit další dechové parametry jako je kapacita a objemy plic. Pro jednoznačné určení efektivity odporového tréninku ovšem neexistuje dostatečné množství podkladů, které by tyto závěry potvrdily. Je zapotřebí více výzkumů zabývajících se touto problematikou, s větším počtem zařazených probandů pro jednoznačné potvrzení účinku odporového dechového tréninku na respirační parametry u chronické tetraplegie.

4.3 LIMITY STUDIE

Již v průběhu studie jsme naráželi na limitující faktory, které mohly ovlivnit výsledky výzkumu. Jedním z limitů byla vstupní kritéria. Naším cílem bylo vytvořit je tak, abychom získali co nejvíce homogenní skupinu jedinců, mezi kterými nebudou výrazné rozdíly a výsledky tak budou relevantnější. Na druhou stranu nás pak kritéria velmi omezovala ve výběru probandů vhodných pro zařazení do studie. Naším prvotním cílem bylo zařadit do výzkumu alespoň 15 probandů, což se nám nakonec podařilo, ale s větším vzorkem jedinců by výsledná data byla určitě relevantnější.

Vzhledem k tomu, že jsme chtěli, aby všichni jedinci byli vyšetřeni spirometrickým měřením vždy stejným terapeutem, a tedy na stejném místě a stejným spirometrickým přístrojem, tak se nakonec jevílo jako další limitující faktor bydliště jedince a dostupnost do Centra Paraple o.p.s. Měření probíhalo v Centru Paraple o.p.s. v Praze, kde jedinci absolvovali pobytové programy nebo ambulantní fyzioterapii, v jejichž průběhu proběhla vstupní spirometrie; na kontrolní spirometrii po šestitýdenní terapeutické intervenci tak museli jedinci dojet opět do Centra Paraple pouze za účelem kontrolního vyšetření. Pro některé jedince, kteří nebydlí v Praze, tak bylo nereálné, aby se po pár týdnech opět vraceli do Prahy kvůli závěrečnému vyšetření. Ve výběru probanda jsme tak museli vždy brát v potaz i tento faktor a pro mnohé jedince to byl důvod, proč se do studie nezapojit.

Jako vyšetřovací metoda byla zvolena spirometrie neboli plicní funkční test. Spirometrie je standardizovaným vyšetřením, které má dané vyšetřovací postupy, vyšetření vždy prováděl jeden terapeut a výsledkem jsou číselné hodnoty. Výsledky vyšetření tedy nemohou být ovlivněny subjektivním pohledem vyšetřujícího terapeuta ani faktem, že druhým vyšetřením pacienta prováděl jiný terapeut. Limitujícím faktorem zde mohl být fakt, že pacient vyšetření absolvoval dvakrát – vstupní a následně po šesti týdnech kontrolní. Při druhém vyšetření tak jedinec věděl, jak bude spirometrie probíhat, co může očekávat a mohla být tato zkušenost pro probanda jednodušší a pochopitelnější než při prvním spirometrickém měření. Zlepšení při druhém vyšetření tak mohlo být ovlivněno i tímto faktorem – mechanismem učení a znalosti vyšetření než pouze z důvodu zlepšení respiračních funkcí.

ZÁVĚR

Poranění míchy je závažné postižení, které s sebou nese řadu deficitů a komplikací. Velmi častou a závažnou komplikací jsou respirační dysfunkce, které mohou pacienta ohrozit na životě. Ze studií a výzkumných prací je zřejmé, že dechová rehabilitace má pozitivní vliv na respirační funkce u pacientů s tetraplegií.

Cílem práce bylo zjistit, zda šestitýdenní odporový dechový trénink s nádechovým trenažerem může pozitivně ovlivnit respirační parametry u pacientů v chronickém stádiu tetraplegie. Z výsledků studie lze konstatovat, že dechový trénink vedl ke zlepšení respiračních funkcí. Ze získaných hodnot spirometrického měření je zřejmé, že u všech šesti zkoumaných respiračních parametrů došlo alespoň k malému zlepšení po terapeutické intervenci, vždy minimálně polovina z celkového počtu 15 probandů měla prokazatelně lepší výsledek spirometrického měření po respiračním tréninku než před jeho zahájením.

Po statistické analýze dat jsme ovšem došli k závěru, že zlepšení nebylo natolik signifikantní, abychom mohli konstatovat významný rozdíl před a po respirační terapii, většina hypotéz byla zamítnuta. Statisticky významný rozdíl vyšel pouze u parametrů MIP a MEP, tedy parametrů hodnotících sílu nádechového a výdechového svalstva. Lze potvrdit hypotézu, že šestitýdenní dechový trénink má pozitivní vliv na sílu nádechového a výdechového svalstva u pacientů s chronickou tetraplegií. Z výsledků ostatních parametrů (FVC, FEV1, PCF, PEF) lze konstatovat, že se jedinci po respirační stránce zlepšili, ale rozdíl nebyl natolik velký, aby mohla být hypotéza potvrzena.

Přestože většina hypotéz byla zamítnuta, hodnotím přínos studie velmi pozitivně. Shromáždili jsme dostupné zdroje zabývající se touto problematikou a porovnali výsledky výzkumů ostatních autorů. Zjistili jsme možné limitující faktory, kterým by bylo dobré se v případě další studie vyvarovat. Nastavili jsme tak pilotní studii, na jejímž základě lze vytvořit další výzkumy zkoumající vliv respiračního tréninku na dechové parametry u chronické tetraplegie. Víme, co je potřeba změnit, aby se zvýšila šance, že v případě dalších studií dosáhneme statisticky významných rozdílů a celkově lepších výsledků, než tomu bylo v tomto výzkumu.

Mortalita i morbidita na respirační komplikace u pacientů s lézí krční míchy je stále velmi vysoká, a tak jakákoliv terapie zaměřující se na zlepšení respiračních funkcí má smysl a měla by být součástí pacientova každodenního života. V dnešní době existuje

již velká řada dechových trenažerů, které jsou velmi jednoduché na použití a jedinec je zvládne aplikovat sám bez dozoru terapeuta. Téměř všichni probandi zúčastnění v této studii dále pokračují s dechovým tréninkem s využitím respiračního trenažeru i po výzkumu. Díky jednoduché aplikaci, časové nenáročnosti, a především díky subjektivně zlepšenému pocitu při dýchání shledávají smysl v pokračování s respiračním tréninkem. Věřím, že při dlouhodobém tréninku respiračního svalstva pomocí trenažeru bychom mohli potvrdit zlepšení respiračních funkcí, ale to by bylo spíše námětem pro další výzkumy a studie.

REFERENČNÍ SEZNAM

- AKANDA, Zahir Uddin. Effect of Depression on Functional Recovery: A Correlational Study by using BDI & FIM scale on Spinal Cord Injury (SCI) patients. Německo: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. ISBN 9783844303216.
- ALI MIR, Imtiyaz. Respiratory Failure & Its Physiotherapy Management. Mauritius: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. ISBN 9786202008181.
- ALIZADEH, Arsalan, Scott Matthew DYCK a Soheila KARIMI-ABDOLREZAEI. Traumatic Spinal Cord Injury: An Overview of Pathophysiology, Models and Acute Injury Mechanisms. *Frontiers in Neurology* [online]. 2019, 10 [cit. 2022-10-29]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2019.00282
- AMBLER, Zdeněk. Základy neurologie: učebnice pro lékařské fakulty. 7. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-707-3.
- ASIA – AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION. International Standards for Neurological Classification of SCI (ISNCSCI) Worksheet. In: Asia - spinal injury [online]. Spojené Státy: The American Spinal Injury Association 2022, 2019 [cit. 2022-09-23]. Dostupné z: <https://asia-spinalinjury.org/international-standards-neurological-classification-sci-isncsci-worksheet/>
- ASIA and ISCoS International Standards Committee. The 2019 revision of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI)—What's new?. *Spinal Cord* 57, s. 815–817 (2019). [cit. 2022-09-24] dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41393-019-0350-9>
- ATEF, Hady. Chest Physiotherapy: Hints on role of physiotherapy in different respiratory diseases. Německo: Scholars' Press, 2015. ISBN 9783639862003
- AXEN, Kenneth, Horacio PINEDA, Ilene SHUNFENTHAL a Francois HAAS. Diaphragmatic function following cervical cord injury: Neurally mediated improvement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 1985, Vol.66, n.4, s. 219-222 [cit. 2022-10-24]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/0003-9993(85)90146-7

- BARREIRO, TIMOTHY J., PERILLO IRENE. An Approach to Interpreting Spirometry. *Am Fam Physician*. Rochester, New York: University of Rochester School of Medicine and Dentistry, [online]. 2004, vol. 69, n. 5 , s. 1107-1115. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2004/0301/p1107.html>
- BASTLOVÁ, Petra. Respirační fyzioterapie v intenzivní medicíně up-to-date. *Umění fyzioterapie: Dýchání*. 2017. Roč. 2017, č. 4, s. 39-44. ISSN 2464-6784.
- BELLI, Stefano, PRINCE, Ilaria, SAVIO Gloria, et al. Airway Clearance Techniques: The Right Choice for the Right Patient. *Frontiers in Medicine* [online]. 2021, 8 [cit. 2022-12-12]. ISSN 2296-858X. Dostupné z: doi:10.3389/fmed.2021.544826
- BENNETT JM, DAS J, EMMADY PD. Spinal Cord Injuries. [Updated 2022 May 11]. In: *StatPearls* [online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cit. 2023-04-04] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560721/>
- BERLLY, Michael, SHEM, Kazuko. Respiratory Management During the First Five Days After Spinal Cord Injury. In: *The Journal of Spinal Cord Medicine* [online]. 2016, Vol. 30, n.4, s. 309-318 [cit. 2023-01-30]. ISSN 1079-0268. Dostupné z: doi:10.1080/10790268.2007.11753946
- BERLOWITZ DJ, TAMPLIN J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury. In: *Cochrane Database Syst Rev*. [online]. Vol. 2013, n.7. [cit. 2022-09-24]. dostupné z: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008507.pub2>
- BERLOWITZ, David J., Brooke WADSWORTH a Jack ROSS. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. In: *Breathe* [online]. 2016, Vol. 12, n.4, s. 328-340 [cit. 2022-09-21]. Dostupné z: doi:10.1183/20734735.012616
- BLUECHARDT, M H, M WIENS, S G THOMAS a M J PLYLEY. Repeated measurements of pulmonary function following spinal cord injury. In: *Spinal Cord* [online]. 1992, Vol. 30, n.11, s. 768-774 [cit. 2022-10-24]. ISSN 1362-4393. Dostupné z: doi:10.1038/sc.1992.148

BOSWELL-RUYS, C L, C R H LEWIS, S C GANDEVIA a J E BUTLER. Respiratory muscle training may improve respiratory function and obstructive sleep apnoea in people with cervical spinal cord injury. In: *Spinal Cord Series and Cases* [online]. 2015. Vol. 1, n.1. [cit. 2022-09-24]. ISSN 2058-6124. Dostupné z: doi:10.1038/scsandc.2015.10

BROOKS, Dina, Kelly O'BRIEN, E Lynne GEDDES, Jean CROWE a W Darlene REID. Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review. In: *Clinical Rehabilitation* [online]. 2005, Vol. 19, n. 3, s. 237-246 [cit. 2023-01-08]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1191/0269215505cr856oa

BROWN, Robert et al. Respiratory Dysfunction and Management in Spinal Cord Injury. *Respir Care* [online]. 2006, vol. 51, n. 8, s. 853-870 [cit. 2022-09-25]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2495152/>

Česká společnost pro míšňí léze. [Www.spinalcord.cz](http://www.spinalcord.cz) [online]. Česká republika, 2022 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.spinalcord.cz/statistiky/>

ČIHÁK, Radomír. Anatomie 1. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8.

ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.

ČUMPELÍK, Jiří. Vztah mezi posturou s dýcháním. *Umění fyzioterapie: Dýchání*. 2017, roč. 2017, č. 4, s. 53-63. ISSN 2464-678

DIONYSSIOTIS, Yannis. *Essentials of Spinal Cord Injury Medicine*. United Kingdom: IntechOpen, 2018. ISBN 978-1-78923-249-3.

DIONYSSIOTIS Yannis. Spinal cord injury-related bone impairment and fractures: an update on epidemiology and physiopathological mechanisms. *Musculoskeletal Neuronal Interact.* [online]. 2011; Vol.11, n. 3, s. 257-265. [cit. 2022-09-24] dostupné z: <https://www.ismni.org/jmni/pdf/45/06DIONYSSIOTIS.pdf>

- DOLEŽEL, Jan. Traumatická léze míšní. Urologie pro praxi. 2004, roč. 2004. č. 4, s. 146-155.
- DOSBABA, Filip, Dagmar KŘÍŽOVÁ a Martin HARTMAN. Rehabilitační ošetřování v klinické praxi. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1050-6.
- DYLEVSKÝ, Ivan. Funkční anatomie. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- EHLER, Edvard a Ivana ŠTĚTKÁŘOVÁ. Diferenciální diagnostika míšních poruch: Differential diagnostics of spinal cord disorders. Neurologia pre prax. Bratislava: SOLEN, 2017, roč. 8, č. 6, s. 317-321. ISSN 1335-9592.
- FEHLINGS, Michael G., VACCARO Alexander R., BOAKYE Maxwell. Essentials of Spinal Cord Injury: Basic Research to Clinical Practice. New York: Thieme Medical Publishers, 2012. ISBN 978-1-60406-726-2.
- FRANKLIN E, ANJUM F. Incentive Spirometer and Inspiratory Muscle Training. In: *StatPearls* [online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [cit. 2022-09-24] dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572114/>
- GALEIRAS VÁZQUEZ, R., M.E. FERREIRO VELASCO, M. MOURELO FARIÑA, A. MONTOTO MARQUÉS a S. SALVADOR DE LA BARRERA. Update on traumatic acute spinal cord injury. Part 1. In. *Medicina Intensiva* (English Edition) [online]. 2017, Vol. 41, n. 4, s. 237-247 [cit. 2022-11-29]. ISSN 21735727. Dostupné z: doi:10.1016/j.medine.2016.11.007
- GALEIRAS VÁZQUEZ, Rita, Pedro RASCADO SEDES, Mónica MOURELO FARIÑA, Antonio MONTOTO MARQUÉS a M. Elena FERREIRO VELASCO. Respiratory Management in the Patient with Spinal Cord Injury. *BioMed Research International* [online]. 2013, vol. 2013, n. 1-12 [cit. 2023-03-05]. ISSN 2314-6133. Dostupné z: doi:10.1155/2013/168757
- GAULD LM, BOYNTON A. Relationship between peak cough flow and spirometry in Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Pulmonol.* [online]. 2005, vol. 39, n. 5, s. 457-460. [cit. 2022-11-05] dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ppul.20151>

- GRAHAM BL., STEENBRUGGEN I., MILLER MR., BARJAKTAREVIC IZ., COOPER BG., HALL GL., MCCORMACK MC. Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, [online]. 2019, vol. 200, č. 8, s. 70-88 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.201908-1590ST
- HAGEN EM. Acute complications of spinal cord injuries. *World J Orthop.* [online]. 2015, vol. 6, n. 1, s. 7-23. Published 2015 Jan 18. [cit. 2022-09-24]. dostupné z: doi:10.5312/wjo.v6.i1.17
- HACHEM LD., AHUJA CS., FEHLINGS MG. Assessment and management of acute spinal cord injury: From point of injury to rehabilitation. In: *J Spinal Cord Med.* [online]. 2017, vol. 40, n. 6, s. 665-675. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: doi:10.1080/10790268.2017.1329076
- HARVEY, Lisa. *Management of Spinal Cord Injuries, A Guide for Physioterapists*, 2008, Churchill Livingstone, ISBN 978-0-443-06858-4.
- HARVEY, Lisa A. Physiotherapy rehabilitation for people with spinal cord injuries. In: *Journal of Physiotherapy* [online]. 2016, vo. 62, n. 1, s. 4-11 [cit. 2022-12-01]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphys.2015.11.004
- HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie. Vyd. 2.* Praha: Triton, 2013. ISBN 978-80-7387-712-5.
- IBARRA, Antonio, GARCÍA-VENCES, Elisa, GUÍZAR-SAHAGÚN, Gabriel. *Spinal cord injury therapy.* London, United Kingdom: IntechOpen, 2019. ISBN 978-1-78985-844-0.
- JOSEFSON, Charlotta, Tiina REKAND, Åsa LUNDGREN-NILSSON a Katharina S. SUNNERHAGEN. Respiratory complications during initial rehabilitation and survival following spinal cord injury in Sweden: a retrospective study. In: *Spinal Cord* [online]. 2021, Vol. 59, n. 6, s. 659-664 [cit. 2023-03-05]. ISSN 1362-4393. Dostupné z: doi:10.1038/s41393-020-00549-6

JOSHI M, MATHUR N. Pulmonary Functions and Effect of Incentive Spirometry During Acute and Post Acute Period in Tetraplegia. IJPMR. Department of Physical Medicine and Rehabilitation , Rehabilitation Research Center, Jaipur, [online]. 2002, vol. 13, s. 28-34. [cit. 2022-09-24] Dostupné z: <http://www.iapmr.net/ijpmr/ijpmr2002/200207.pdf>

KANG, Yi, Han DING, Hengxing ZHOU, Zhijian WEI, Lu LIU, Dayu PAN a Shiqing FENG. Epidemiology of worldwide spinal cord injury: a literature review. In: *Journal of Neurorestoratology* [online]. 2018, n. 6, s. 1-9 [cit. 2022-11-25]. ISSN 2324-2426. Dostupné z: doi:10.2147/JN.S143236

KANG, S W, J C SHIN, C I PARK, J H MOON, D W RHA a D-h CHO. Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients. In: *Spinal Cord* [online]. 2006, vol. 44, n. 4, s. 242-248 [cit. 2023-03-08]. ISSN 1362-4393. Dostupné z: doi:10.1038/sj.sc.3101835

KARIMI, Mohammad. Spinal cord injury rehabilitation: Spinal cord injury rehabilitation based on orthoses, wheelchair, external powered device, functional electrical stimulat. Německo: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. ISBN 9783847305835.

KO HY. Revisit Spinal Shock: Pattern of Reflex Evolution during Spinal Shock. In: *Korean J Neurotrauma*. [online]. 2018, Vol. 14, n. 2, s. 47-54. [cit. 2022-09-18]. dostupné z: <https://doi.org/10.13004/kjnt.2018.14.2.47>

KOCIÁNOVÁ, Jana. Spirometrie – základní vyšetření funkce plic. *Vnitřní lékařství*. 2017, [online]. 2017, roč. 63, č. 11, s. 889-894. [cit. 2022-09-18]. Dostupné z: doi:<https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2017/11/18.pdf>

KOČIŠ, Ján a Peter WENDSCHE. Poranění páteře. Praha: Galén, c2012. ISBN 978-80-7262-846-9.

KOLÁŘ, Pavel. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

KŘÍŽ, J., R. HÁKOVÁ a V. HYŠPERSKÁ. Mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci míšního poranění – revize 2013. www.csnn.eu [online]. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2014, roč. 77/110, č. 1, s. 77-81. [cit. 2021–10–17] Dostupné z: <https://www.csnn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2014-1-7/mezinarodni-standardy-pro-neurologickou-klasifikaci-misniho-poraneni-revize-2013-47214>

KŘÍŽ, Jiří. CHVOSTOVÁ, Šárka. Vyšetřovací a rehabilitační postupy u pacientů po míšní lézi: Examination and rehabilitation procedures in patients after spinal cord lesion. *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, [online]. 2009, roč. 10, n. 3, s. 136-140. ISSN 1335-9592. [cit. 2022-09-24]. dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2009/03/05.pdf>

KŘÍŽ, Jiří. Poranění míchy: příčiny, důsledky, organizace péče. Praha: Galén, 2019. ISBN 978-80-7492-424-8.

KŘÍŽ, Jiří. Spinální program v České republice – historie, současnost, perspektivy. www.neurologiepropraxi.cz [online] *Neurologie pro praxi*. 2013, roč. 14, n. 3, s. 140-143. [cit. 2021–10–19]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2013/03/07.pdf>

KUMAR, Naveen, Sue PIERI-DAVIES, JR CHOWDHURY, Aheed OSMAN a W EL MASRI(Y). Evidence-based respiratory management strategies required to prevent complications and improve outcome in acute spinal cord injury patients. In: *Trauma* [online]. 2017, Vol. 19, n. 1_suppl, s. 23-29 [cit. 2023-05-08]. ISSN 1460-4086. Dostupné z: doi:10.1177/1460408616659682

LANGAN ROBERT C., GOODBRED ANDREW J. Office spirometry: Indications and Interpretation. In: *Am Fam Physician* [online]. 2020. Vol. 101, n. 6, s. 362-368. [cit. 2021–11–10]. Dostupné z: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2020/0315/p362.html>

LEWITOVÁ, Clara. Dech. *Umění fyzioterapie: Dýchání*. 2017, Roč. 2017, č. 4, s. 5-9, ISSN 2464-6784

- Liaw MY, Lin MC, Cheng PT, Wong MK, Tang FT. Resistive inspiratory muscle training: its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury. In: *Arch Phys Med Rehabil.* [online]. 2000. vol. 81, n. 6, s. 752-756. [cit. 2023-03-05] Dostupné z: doi:10.1016/s0003-9993(00)90106-0
- LUK, Kevin, SOUTER, Michael. Spinal Cord Injury.Challenging Topics in Neuroanesthesia and Neurocritical Care [online]. Switzerland. In: *Springer International Publishing*, 2017. roč. 2017, s. 83-95 [cit. 2021-10-18]. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-41445-4.pdf>
- MANNING, H. Oxygen cost of resistive-loaded breathing in quadriplegia. *Journal of Applied Physiology* , 1992, vol. 73, n. 3, s. 825 - 831. ISSN 01617567.
- MCCONNELL, Alison. *Respiratory Muscle Training: Theory and Practice*. United Kingdom: Churchill Livingstone, 2013. ISBN 9780702054556.
- MILLER, M. R. Standardisation of spirometry. In: *European Respiratory Journal* [online]. 2005, vol. 26, n. 2, s. 319-338 [cit. 2021-12-05]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi:10.1183/09031936.05.00034805
- MOURELO FARIÑA, M., S. SALVADOR DE LA BARRERA, A. MONTOTO MARQUÉS, M.E. FERREIRO VELASCO a R. GALEIRAS VÁZQUEZ. Update on traumatic acute spinal cord injury. Part 2. In: *Medicina Intensiva* (English Edition) [online]. 2017, Vol. 41, n. 5, s. 306-315 [cit. 2022-11-29]. ISSN 21735727. Dostupné z: doi:10.1016/j.medine.2016.10.008
- MRŇKA, Vojtěch. Akutně vzniklá močová inkontinence – manifestace syndromu kaudy equiny nebo klinicky izolovaného syndromu? In: *Neurologie pro praxi* [online]. 2019, roč. 20, č. 5, s. 388-391 [cit. 2023-01-28]. ISSN 12131814. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2019.145
- MUELLER, G, M HOPMAN a C PERRET. Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor and sensory complete tetraplegia: A randomized controlled trial. In: *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2013, Vol. 45, n. 3, s. 248-253 [cit. 2023-03-25]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-1097

- NAS K et al. Rehabilitation of spinal cord injuries. In: *World journal of orthopedics*. [online]. 2015, Vol. 6, n. 1, s. 8-16, [cit. 2022-09-24]. dostupné z: doi:10.5312/wjo.v6.i1.8
- NEUMANNOVÁ, Kateřina. Trénink dýchacích svalů jako součást komplexní léčby poruch dýchání. *Umění fyzioterapie: Dýchání*. Příbor, 2017. roč. 2017, č. 4, s. 29-32. ISSN 2464-6784
- NEUMANNOVÁ, Kateřina; ZATLOUKAL, Jakub; KOBLÍŽEK, Vladimír. Doporučený postup plicní rehabilitace. [online]. 2014. [cit. 2022-09-22], dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>
- PERACCHIA, Camillo a Nasr H. ANAIZI. Lung Function in Health and Disease: Basic Concepts of Respiratory Physiology and Pathophysiology. New York: Bentham Science Publishers, 2014. ISBN 9781608058280.
- PFEIFFER, Jan. Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1135-5.
- POSTMA, Karin. Respiratory Function after Spinal Cord Injury: changes over time, consequences and effect of training. 2014. ISBN 978-90-5335-979-2
- Powerbreathe [online]. 2023. POWERbreathe Plus IMT – Medium Resistance. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.powerbreathe.com/product/powerbreathe-plus-medium-resistance/>
- RAAB, A.M., KREBS, J., PFISTER, M. et al. Respiratory muscle training in individuals with spinal cord injury: effect of training intensity and -volume on improvements in respiratory muscle strength. In: *Spinal Cord* 57, [online]. 2019, s. 482–489 [cit. 2022-09-24] dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41393-019-0249-5>
- REID, W. Darlene, Jennifer A. BROWN, Kristin J. KONNYU, Jennifer M. E. RURAK a Brodie M. SAKAKIBARA. Physiotherapy Secretion Removal Techniques in People With Spinal Cord Injury: A Systematic Review. In: *The Journal of Spinal Cord Medicine* [online]. 2016, Vol. 33, n. 4, s. 353-370 [cit. 2023-03-05]. ISSN 1079-0268. Dostupné z: doi:10.1080/10790268.2010.11689714

- RODRIGUES, Antenor, Gerard MUÑOZ CASTRO, Cristina JÁCOME, Daniel LANGER, Selina M. PARRY a Chris BURTIN. Current developments and future directions in respiratory physiotherapy. In: *European Respiratory Review* [online]. 2020, vol. 29, n. 158. [cit. 2022-12-12]. ISSN 0905-9180. Dostupné z: doi:10.1183/16000617.0264-2020
- ROKYTA, Richard. Fyziologie. Třetí, přepracované vydání (první vydání v nakladatelství Galén). Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
- ROKYTA, Richard. Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.
- ROUANET, Carolina, Danyelle REGES, Eva ROCHA, Vivian GAGLIARDI a Gisele Sampaio SILVA. Traumatic spinal cord injury: current concepts and treatment update. In: *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* [online]. 2017, vol. 75, n. 6, s. 387-393 [cit. 2021-10-30]. ISSN 0004-282X. Dostupné z: doi:10.1590/0004-282x20170048
- SAVIC, G, M J DEVIVO, H L FRANKEL, M A JAMOUS, B M SONI a S CHARLIFUE. Causes of death after traumatic spinal cord injury—a 70-year British study. In: *Spinal Cord* [online]. 2017, Vol. 55, n. 10, s. 891-897 [cit. 2022-09-21]. ISSN 1362-4393. Dostupné z: doi:10.1038/sc.2017.64
- SEALY GOSSET, W., The Probable Error of a Mean. *Biometrika*. 6 (1): 1–25. 1908. Retrieved 24 July 2016
- SEZER, Nebahat. Chronic complications of spinal cord injury. In: *World Journal of Orthopedics* [online]. 2015, Vol. 6, n. 1. [cit. 2021-11-10]. ISSN 2218-5836. Dostupné z: doi:10.5312/wjo.v6.i1.24
- SINGH, Amit Kant, Dheer SINGH a Reena Rani VERMA. Basics of Respiratory Physiology. Mauritius: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. ISBN 9783330341432.
- SHAPIRO, S. S. & Wilk, M.B (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples), *Biometrika*, Vol. 52, s. 591-611.

- SHEEL, William, Wendy Darlene REID, Andrea TOWNSON, Najib AYAS a Kristin KONNYU. Effects of Exercise Training and Inspiratory Muscle Training in Spinal Cord Injury: A Systematic Review. In: *The Journal of Spinal Cord Medicine* [online]. 2016, Vol. 31, n. 5, s. 500-508 [cit. 2023-01-20]. ISSN 1079-0268. Dostupné z: doi:10.1080/10790268.2008.11753645
- SHEPHERD CENTER. Levels of Injury. Spinal Cord Injury [online]. Atlanta, USA: Shepherd Center, 2020, 2019 [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://www.spinalinjury101.org/details/levels-of-injury>
- SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. Fyziologie dýchání. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- SMOLÍKOVÁ, Libuše a Miloš MÁČEK. Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 978-80-7013-527-3
- ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana. Spinální neurologie. Praha: Maxdorf, 2019. Jessenius. ISBN 978-80-7345-626-9.
- Sansimon [online]. 2023. THRESHOLD IMT nádechový rehabilitační ventil. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://eshop.sansimon.cz/dechova-rehabilitace/29923-threshold-imt-nadechovy-rehabilitacni-ventil.html>
- TOLLEFSEN, Elin a Ove FONDENES. Respiratoriske komplikasjoner ved ryggmargsskader. Tidsskrift for Den norske legeförening [online]. 2012, Vo. 132, n. 9, s. 1111-1114 [cit. 2023-03-05]. ISSN 0029-2001. Dostupné z: doi:10.4045/tidsskr.10.0922
- VAN HOUTTE, Siska, Yves VANLANDEWIJCK a Rik GOSSELINK. Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Respiratory Medicine*. 2006, Vol. 100, n. 11, s. 1886-1895. Dostupné z: doi:10.1016/j.rmed.2006.02.029
- VIALLE, Luiz Roberto. AOSpine Masters Series: Spinal Cord Injury and Regeneration. New York: Thieme Medical Publishers, 2017. ISBN 978-1-62623-228-0.

WikiSkripta [online]. 2023. Spirometrie. Praha. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Spirometrie>

WILCOXON, F., Individual Comparisons by Ranking Methods, Biometrics Bulletin, Vol. 1, 1945, pp. 80-83. DOI:10.2307/3001968

WOOD, K.L. Tests of Respiratory Muscle Function. In: MSD manual [online]. Ohio Health: Grant Medical Center, 2022 [cit. 2022-09-27]. Dostupné z: <https://www.msmanuals.com/professional/pulmonary-disorders/tests-of-pulmonary-function-pft/tests-of-respiratory-muscle-function#top>

ZDAŘILOVÁ, Eva, Kateřina BURIANOVÁ, Michal MAYER a Oldřich OŠŤÁDAL. Techniky plicní rehabilitace a respirační fyzioterapie při poruchách dýchání u neurologicky nemocných. Neurologie pro praxi. 2005, roč. 2005, č. 5, s. 267-269.

ŽURKOVÁ, Petra a Jana SKŘIČKOVÁ. Přehled dechových pomůcek pro hygienu dýchacích cest v praxi. Medicína pro praxi. 2012, roč. 9, č. 5, s. 250-254.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: vizuální reprezentace počtu míšních lézí dle NLI a AIS (Česká společnost pro míšní léze, 2022).....	13
Obrázek 2: schéma spirometrického vyšetření (wikiskripta, 2023).....	28
Obrázek 3: plicní objemy (wikiskripta, 2023)	30
Obrázek 4: trenažer Threshold IMT (Sansimon, 2023)	45
Obrázek 5: trenažer Powerbreathe (Powerbreathe, 2023)	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Borgova škála vnímaného úsilí.....	44
Tabulka 2: základní informace o skupině	47
Tabulka 3: informace o probandech	48
Tabulka 4: výsledky FVC	52
Tabulka 5: výsledky FEV1	53
Tabulka 6: výsledky PEF	54
Tabulka 7: výsledky PCF.....	55
Tabulka 8: výsledky MIP.....	56
Tabulka 9: výsledky MEP.....	57

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: hodnoty FVC	49
Graf 2: hodnoty FEV1	49
Graf 3: hodnoty PEF	50
Graf 4: hodnoty PCF	50
Graf 5: hodnoty MIP	51
Graf 6: hodnoty MEP	51
Graf 7: výsledky FVC	52
Graf 8: výsledky FEV1	53
Graf 9: výsledky PEF	54
Graf 10: výsledky PCF	55
Graf 11: výsledky MIP	57
Graf 12: výsledky MEP	57

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Standard vyšetření míšní léze dle ISNSCI (obrázek)

Příloha č. 2: Informovaný souhlas

Příloha č. 3: Vyjádření etické komise

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Standard vyšetření míšní léze dle ISNCSI

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSI) **ASIA** **ISCOS**

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

C2
C3
C4
C5 Elbow flexors
C6 Wrist extensors
C7 Elbow extensors
C8 Finger flexors
T1 Finger abductors (little finger)

T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2 Hip flexors
L3 Knee extensors
L4 Ankle dorsiflexors
L5 Long toe extensors
S1 Ankle plantar flexors

S2
S3
S4-5

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)

RIGHT TOTALS (MAXIMUM)

MOTOR SUBSCORES: UER + UEL = UEMS TOTAL LER + LEL = LEMS TOTAL LTR + LTL = LT TOTAL PPR + PPL = PP TOTAL

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LT) Pin Prick (PPL)

C2
C3
C4
C5 Elbow flexors
C6 Wrist extensors
C7 Elbow extensors
C8 Finger flexors
T1 Finger abductors (little finger)

T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2 Hip flexors
L3 Knee extensors
L4 Ankle dorsiflexors
L5 Long toe extensors
S1 Ankle plantar flexors

S2
S3
S4-5 (DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)

LEFT TOTALS (MAXIMUM)

MOTOR SUBSCORES: UEL + UER = UEMS TOTAL LEL + LER = LEMS TOTAL LTR + LTL = LT TOTAL PPR + PPL = PP TOTAL

NEUROLOGICAL LEVELS (Steps 1-6 for classification as on reverse)

1. SENSORY R L 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) 4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In injuries with absent motor OR sensory function in S4-5 only)

2. MOTOR R L 5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) 6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION R L

Page 1/2 REV 04/19

Muscle Function Grading

- 0 = Total paralysis
 - 1 = Palpable or visible contraction
 - 2 = Active movement, full range of motion (ROM) with gravity eliminated
 - 3 = Active movement, full ROM against gravity
 - 4 = Active movement, full ROM against gravity and moderate resistance in a muscle specific position
 - 5 = (Normal) active movement, full ROM against gravity and full resistance in a functional muscle position expected from an otherwise unimpaired person
- NT = Not testable (i.e. due to immobilization, severe pain such that the patient cannot be graded, amputation of limb, or contracture of > 50% of the normal ROM)
- 0*, 1*, 2*, 3*, 4*, NT* = Non-SCI condition present *

Sensory Grading

- 0 = Absent 1 = Altered, either decreased/impaired sensation or hypersensitivity
 - 2 = Normal NT = Not testable
- 0*, 1*, NT* = Non-SCI condition present *

Note: Abnormal motor and sensory scores should be tagged with a "" to indicate an impairment due to a non-SCI condition. The non-SCI condition should be explained in the comments box together with information about how the score is rated for classification purposes (at least normal / not normal for classification).

When to Test Non-Key Muscles:

In a patient with an apparent AIS B classification, non-key muscle functions more than 3 levels below the motor level on each side should be tested to most accurately classify the injury (differentiate between AIS B and C).

Movement	Root level
Shoulder: Flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation	C5
Elbow: Supination	C5
Elbow: Pronation	C6
Wrist: Flexion	C6
Finger: Flexion at proximal joint, extension	C7
Thumb: Flexion, extension and abduction in plane of thumb	C7
Finger: Flexion at MCP joint	C8
Thumb: Opposition, adduction and abduction perpendicular to palm	C8
Finger: Abduction of the index finger	T1
Hip: Adduction	L2
Hip: External rotation	L3
Hip: Extension, abduction, internal rotation	L3
Knee: Flexion	L4
Ankle: Inversion and eversion	L4
Toe: MP and IP extension	L5
Hallux and Toe: DIP and PIP flexion and abduction	L5
Hallux: Adduction	S1

ASIA Impairment Scale (AIS)

A = Complete. No sensory or motor function is preserved in the sacral segments S4-5.

B = Sensory Incomplete. Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-5 (light touch or pin prick at S4-5 or deep anal pressure) AND no motor function is preserved more than three levels below the motor level on either side of the body.

C = Motor Incomplete. Motor function is preserved at the most caudal sacral segments for voluntary anal contraction (VAC) OR the patient meets the criteria for sensory incomplete status (sensory function preserved at the most caudal sacral segments S4-5 by LT, PP or DAP), and has some sparing of motor function more than three levels below the ipsilateral motor level on either side of the body. (This includes key or non-key muscle functions to determine motor incomplete status.) For AIS C – less than half of key muscle functions below the single NLI have a muscle grade ≥ 3 .

D = Motor Incomplete. Motor incomplete status as defined above, with at least half (half or more) of key muscle functions below the single NLI having a muscle grade ≥ 3 .

E = Normal. If sensation and motor function as tested with the ISNCSI are graded as normal in all segments, and the patient had prior deficits, then the AIS grade is E. Someone without an initial SCI does not receive an AIS grade.

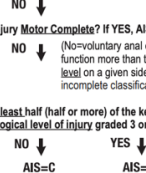
Using ND: To document the sensory, motor and NLI levels, the ASIA Impairment Scale grade, and/or the zone of partial preservation (ZPP) when they are unable to be determined based on the examination results.

Steps in Classification

The following order is recommended for determining the classification of individuals with SCI.

1. **Determine sensory levels for right and left sides.**
The sensory level is the most caudal, intact dermatome for both pin prick and light touch sensation.
2. **Determine motor levels for right and left sides.**
Defined by the lowest key muscle function that has a grade of at least 3 (on supine testing), providing the key muscle functions represented by segments above that level are judged to be intact (graded as a 5).
Note: in regions where there is no myotome to test, the motor level is presumed to be the same as the sensory level, if testable motor function above that level is also normal.
3. **Determine the neurological level of injury (NLI).**
This refers to the most caudal segment of the cord with intact sensation and antigravity (3 or more) muscle function rostrally respectively.
The NLI is the most cephalad of the sensory and motor levels determined in steps 1 and 2.
4. **Determine whether the injury is Complete or Incomplete.**
(i.e. absence or presence of sacral sparing)
If voluntary anal contraction = No AND all S4-5 sensory scores = 0 AND deep anal pressure = No, then injury is Complete.
Otherwise, injury is Incomplete.
5. **Determine ASIA Impairment Scale (AIS) Grade.**
Is injury Complete? IF YES, AIS=A
NO ↓
Is injury Motor Complete? IF YES, AIS=B
NO ↓ (No-voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the motor level on a given side, if the patient has sensory incomplete classification)

Are at least half (half or more) of the key muscles below the neurological level of injury graded 3 or better?



If sensation and motor function is normal in all segments, AIS=E
Note: AIS E is used in follow-up testing when an individual with a documented SCI has recovered normal function. If at initial testing no deficits are found, the individual is neurologically intact and the ASIA Impairment Scale does not apply.

6. **Determine the zone of partial preservation (ZPP).**
The ZPP is used only in injuries with absent motor (no VAC) OR sensory function (no DAP, no LT and no PP sensation) in the lowest sacral segments S4-5, and refers to those dermatomes and myotomes caudal to the sensory and motor levels that remain partially innervated. With sacral sparing of sensory function, the sensory ZPP is not applicable and therefore "NA" is recorded in the block of the worksheet. Accordingly, if VAC is present, the motor ZPP is not applicable and is noted as "NA".



Příloha č.2: Informovaný souhlas

Informovaný souhlas pro účastníky výzkumné činnosti v rámci studentské práce

Název studentské práce:	Postupně navyšovaný maximální nádechový odpor při tréninku respiračních svalů a jeho vliv na dechové funkce u chronické tetraplegie
Řešitel/autor práce:	Bc. Vanda Šilhová, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

Vlastní informace o studii a průběhu výzkumu:

- Cílem této práce bude zhodnotit efekt tréninku dechového svalstva, založeného na postupně navyšovaném nádechovém odporu maximální intenzity na respirační funkce u pacientů s tetraplegií v chronickém stádiu.
- Do výzkumu bude zapojeno patnáct probandů – chronických tetraplegiků s kompletní motorickou lézí (AIS A, AIS B). Jiné kritérium pro zařazení do studie není relevantní.
- Výzkum bude probíhat v Centru Paraple během Vašeho třítydenního pobytu. Proběhne zde počáteční vyšetření, zaučení a následný trénink. Po skončení Vašeho pobytu v Centru Paraple bude trénink pokračovat další tři týdny, kdy budete v terapii pokračovat u sebe doma. Terapie z domova bude probíhat formou online schůzek, jejichž účelem bude kontrola správného provádění tréninku a sdělování subjektivních poznatků z terapie. Na konci šestitýdenní intervence proběhne opět vyšetření v Centru Paraple.
- V rámci prvního setkání proběhne spirometrické vyšetření, kde se budou hodnotit 4 respirační parametry (FVC, FEV1, PEF, PCF) včetně měření síly dechového svalstva (MIP, MEP). Následně proběhne šestitýdenní trénink s využitím ventilační pomůcky Threshold IMT, která bude probíhat třikrát týdně, jedna intervence bude trvat přibližně 20 minut.
- Konečným předpokladem je, že se po intenzivním šestitýdenním dechovém tréninku u skupiny probandů s chronickou tetraplegií projeví zlepšení respiračních parametrů.
- Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována ve studentské práci (případně v odborných časopisech a prezentována na konferencích).
- Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy.
- Při zpracování výzkumu bude nahlíženo do zdravotnické dokumentace pro získání základních anamnestických dat; mlčenlivost bude zachována.
- S výzkumem v rámci studentské práce nejsou spojena žádná rizika. Vzhledem k charakteru práce Vám nemohu nabídnout za účast ve výzkumu finanční odměnu.

Výslovný souhlas s účastí ve výzkumu v rámci studentské práce

Jméno, příjmení:	
Datum narození:	
Zařazení pod číslem:	

Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let a byl jsem seznámen(a) se studií, které se účastním dobrovolně a jsem si vědom(a), že od ní mohu kdykoliv bez udání důvodů odstoupit. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Měl(a) jsem možnost klást doplňující otázky a na všechny jsem dostal(a) uspokojivou odpověď.

Moje osobní data budou uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů.

Děkuji za váš zájem účastnit se studie a pomoci mi zjistit, zda intenzivní dechový trénink chronických tetraplegiků může pozitivně ovlivnit dechové parametry.

Podpis účastníka:

Podpis řešitele:

Datum:

Datum:

Příloha č. 3: Vyjádření etické komise



Zápis z jednání Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

- datum jednání
10. 2. 2021
- místo jednání
Centrum Paraple, o.p.s., Ovčáráská 471/1b, 108 00 Praha 10
- seznam přítomných členů
Mgr. Tomáš Drábek, Bc. Ivana Kučerová, Bc. Barbora Rusínová, Mgr. Petra Laštůvková, Mgr. Sylvie Dundáčková, Mgr. Jana Ambrožová, Mgr. Lenka Honzátková, David Sellner
- název projektu a jméno předkladatele
Postupně navyšovaný maximální nádechový odpor při tréninku respiračních svalů a jeho vliv na dechové funkce u chronické tetraplegie - Bc. Vanda Šilhová, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy
- záznam stanoviska včetně způsobu, jakým bylo stanovisko přijato
jednomyslný souhlas
- záznam o oznámení možnosti střetu zájmů
bez střetu zájmů
- podpis předsedy komise:

Centrum Paraple, o.p.s.
Ovčáráská 471/1b
108 00 Praha 10
tel.: 274 771 478, fax: 274 001 313
IČ: 24727211, DIČ: CZ24727211

Mgr. Lenka Honzátková



Stanovisko Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

- datum jednání komise

10. 2. 2021

- účast členů komise na jednání

Mgr. Tomáš Drábek, Bc. Ivana Kučerová, Bc. Barbora Rusínová, Mgr. Petra Laštůvková, Mgr. Sylvie Dundáčková, Mgr. Jana Ambrožová, Mgr. Lenka Honzátková, David Sellner

- identifikační údaje:

Postupně navyšovaný maximální nádechový odpor při tréninku respiračních svalů a jeho vliv na dechové funkce u chronické tetraplegie - Bc. Vanda Šilhová, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

- vyjádření komise a stanovisko

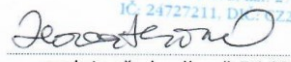
jednomyslný souhlas

Etická komise Centra Paraple, o.p.s. zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky. Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

Předkládaný projekt byl schválen Etickou komisí Centra Paraple, o.p.s.

V Praze dne 10. 2. 2021

Centrum Paraple, o.p.s.
Ovčácká 471/1b
108 00 Praha 108
tel.: 274 771 478, fax: 274 001 51
IČ: 24727211, DIČ: CZ247272


podpis předsedkyně EK CP