

UNIVERZITA KARLOVA

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Magdalena Svobodná

**Vliv odlišných pohybových aktivit na
kardiovaskulární funkce po míšním poranění**

Diplomová práce

Praha 2018

Autor práce: **Bc. Magdalena Svobodná**

Vedoucí práce: **Mgr. Lenka Honzátková, DiS.**

Odborný konzultant: **doc. MUDr. Jiří Kříž, Ph.D.**

Oponent práce: **Mgr. Zuzana Hlinková**

Datum obhajoby: **2018**

Bibliografický záznam

SVOBODNÁ, Magdalena. *Vliv odlišných pohybových aktivit na kardiovaskulární funkce po míšním poranění*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2018. 109 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Lenka Honzátková, DiS.

Abstrakt

Dopad na zdraví, psychiku a kvalitu života u osob po poranění míchy je obrovský. Objevuje se významné poškození nejen senzomotorických funkcí, ale v určité míře bývá narušen také autonomní nervový systém, který velice úzce souvisí s řízením kardiovaskulárních funkcí, tzn. také srdeční frekvence. Cílem této studie je zhodnocení vlivu odlišných pohybových aktivit na srdeční frekvenci u osob po míšním poranění. Do studie bylo zahrnuto 30 osob v chronickém stadiu po poranění míchy, které byly rozděleny do 3 skupin dle neurologické úrovně míšní léze na tetraplegiky (léze C1–C8), paraplegiky s vysokou hrudní lézí (T1–T6) a paraplegiky s lézí kaudálně od T6. Každý proband podstoupil 4 zátěžové testy na sportovních trenažérech (veslařský, kajakářský a běžkařský trenažér a Rotren) a byly mu změřeny hodnoty vrcholových zátěžových hodnot srdeční frekvence (SF_{peak}) po dosažení subjektivního maxima zatížení (dle Borgovy škály RPE). Hodnoty vrcholové SF_{peak} byly následně statisticky zpracovány, vyhodnoceny a porovnány – v rámci skupin rozdílly hodnot mezi trenažéry i mezi-skupinově. Výsledky statistického zpracování ukazují, že se trenažéry od sebe, co se týká dosažení vrcholové SF_{peak} , neliší. Ač se rozdílly mezi hodnotami vrcholové SF_{peak} v zátěži, v závislosti na druhu sportovního trenažéru, statisticky nepotvrdily, významné rozdílly byly pozorovány v řadě určitých dalších trendů, specifických pro každou skupinu a trenažér. Statisticky významné rozdílly se objevily v porovnání zátěžových hodnot srdeční frekvence skupin mezi sebou (tzn. v závislosti na neurologické úrovni míšní léze).

Klíčová slova

míšní léze, autonomní nervový systém, tetraplegie, paraplegie, srdeční frekvence, pohybová aktivita, sportovní trenažéry

Abstract

The impact on health, mental state and quality of life in people after spinal cord injury is enormous. Significant impairment occurs not only of sensorimotor functions. The autonomic nervous system is also disturbed to some extent, which is very closely related to the management of cardiovascular functions (and heart rate). The aim of this study is to evaluate the effect of different physical activities on heart rate in people after spinal cord injury. The study included 30 people in the chronic stage after spinal cord injury, which were divided into 3 groups according to the neurological level of the spinal cord lesion in tetraplegics (lesion C1–C8), paraplegics with high thoracic lesion (T1–T6), and paraplegics with lesion from T6 below. Each proband completed 4 exercise tests on sports simulators (rowing, kayaking and cross-country trainer and Rotren) and peak heart rate values (SF_{peak}) were measured after reaching the subjective maximum load (according to the Borg RPE scale). The values of SF_{peak} were then statistically processed, evaluated and compared – within groups between sports simulators and between groups. The results of the statistical processing show that the sports simulators are not different in terms of reaching the top SF_{peak} . Although differences between peak heart rate values during exercise, depending on the type of sports simulator, were not statistically confirmed, significant differences were observed in a number of trends specific to each group and each sport simulator. Statistically significant differences occurred in the comparison of stress values of the heart rate of the groups among themselves (i.e. depending on the neurological level of the spinal lesion).

Keywords

spinal cord lesion, autonomic nervous system, tetraplegia, paraplegia, heart rate, physical activity, sports simulators

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Lenky Honzátkové, DiS., 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 3. 5. 2018

Bc. Magdalena Svobodná

Poděkování

Za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a pomoc bych ráda poděkovala především své vedoucí Mgr. Lence Honzátkové, DiS. a odbornému konzultantovi doc. MUDr. Jiřímu Křížovi, PhD. Celému týmu Centra Paraple (zvláště pak sportovnímu a fyzioterapeutickému úseku) děkuji za zázemí pro měření tohoto výzkumu, a za jejich rady a pomoc. Díky patří také Ing. Antonínu Hoskocovi za pomoc se statistickým zpracováním naměřených dat. V neposlední řadě děkuji všem probandům, kteří byli ochotni se tohoto výzkumu zúčastnit. Za psychickou podporu a především trpělivost děkuji celé své rodině.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| OBSAH | 7 |
| SEZNAM ZKRATEK | 9 |
| ÚVOD..... | 11 |
| 1 PŘEHLED POZNATKŮ | 13 |
| 1.1 ANATOMICKÁ A FYZIOLOGICKÁ VÝCHODISKA | 13 |
| 1.1.1 Funkční anatomie páteře | 13 |
| 1.1.2 Funkční anatomie míchy..... | 15 |
| 1.1.3 Autonomní nervový systém | 17 |
| 1.2 MÍŠNÍ LÉZE..... | 19 |
| 1.2.1 Etiologie..... | 20 |
| 1.2.2 Klinický obraz transverzální míšní léze..... | 21 |
| 1.2.3 Průběh | 24 |
| 1.2.4 Program spinální péče..... | 25 |
| 1.2.5 Klasifikace míšního poranění | 26 |
| 1.2.6 Komplikace | 29 |
| 1.3 DŮSLEDKY NARUŠENÍ AUTONOMNÍCH A SENZOMOTORICKÝCH FUNKCÍ NERVOVÉHO SYSTÉMU U OSOB S MÍŠNÍ LÉZÍ..... | 31 |
| 1.3.1 Změny v kardiovaskulárním systému po míšním poranění | 31 |
| 1.3.2 Změny v metabolismu po míšním poranění | 34 |
| 1.3.3 Kardiovaskulární onemocnění a komplikace po míšním poranění..... | 36 |
| 1.4 POHYBOVÁ AKTIVITA U OSOB S MÍŠNÍ LÉZÍ | 37 |
| 1.4.1 Význam pohybové aktivity | 37 |
| 1.4.2 Vliv zátěže na kardiovaskulární systém osob s míšní lézí..... | 39 |
| 1.4.3 Srdeční frekvence | 42 |
| 1.4.4 Sed, posturální stabilita..... | 44 |
| 1.4.5 Možnosti ovlivnění energetického výdeje pohybovou aktivitou | 45 |
| 1.4.6 Faktory limitující pohybovou aktivitu | 46 |
| 1.4.7 Doporučení pohybových aktivit osob po míšním poranění | 47 |
| 1.4.8 Funkční východiska zapojených svalových skupin dle trenážeru | 49 |
| 2 CÍLE A HYPOTÉZY | 53 |
| 2.1 HYPOTÉZY TÝKAJÍCÍ SE VLIVU ODLIŠNÝCH SPORTOVNÍCH TRENAŽÉRŮ NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 53 |
| 2.2 HYPOTÉZA TÝKAJÍCÍ SE VLIVU NEUROLOGICKÉ ÚROVNĚ MÍŠNÍ LÉZE NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 53 |
| 3 METODIKA PRÁCE | 54 |
| 3.1 POPIS VÝZKUMU..... | 54 |
| 3.2 CHARAKTERISTIKA SOUBORU..... | 54 |
| 3.2.1 Skupina č. 1 – tetraplegici (S1 – TET) | 55 |
| 3.2.2 Skupina č. 2 – paraplegici s míšní lézí od T1 do T6 (S2 – PARV)..... | 55 |
| 3.2.3 Skupina č. 3 – paraplegici s míšní lézí od T6 kaudálně (S3 – PARN) | 55 |
| 3.3 HODNOTÍCÍ NÁSTROJE | 57 |
| 3.3.1 Trenážer č. 1 – veslařský trenážer (T1 – VESLO) | 57 |
| 3.3.2 Trenážer č. 2 – kajakářský trenážer (T2 – KAJAK)..... | 58 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.3.3 | Trenažér č. 3 – běžkařský trenažér (T3 – BĚŽKY) | 58 |
| 3.3.4 | Trenažér č. 4 – Rotren (T4 – ROTREN) | 59 |
| 3.3.5 | Sporttester | 60 |
| 3.3.6 | Subjektivní hodnocení intenzity zátěže | 60 |
| 3.4 | PRŮBĚH ZÁTĚŽOVÉHO TESTU | 61 |
| 3.5 | METODIKA STATISTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ DAT | 62 |
| 4 | VÝSLEDKY | 64 |
| 4.1 | VÝSLEDKY K HYPOTÉZÁM TÝKAJÍCÍCH SE Vlivu ODLIŠNÝCH SPORTOVNÍCH TRENAŽÉRŮ NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 65 |
| 4.2 | VÝSLEDKY K HYPOTÉZE TÝKAJÍCÍ SE Vlivu NEUROLOGICKÉ ÚROVNĚ MÍŠNÍ LÉZE NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 72 |
| 5 | DISKUSE | 74 |
| 5.1 | DISKUSE K HYPOTÉZÁM TÝKAJÍCÍCH SE Vlivu ODLIŠNÝCH SPORTOVNÍCH TRENAŽÉRŮ NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 75 |
| 5.2 | DISKUSE K HYPOTÉZE TÝKAJÍCÍ SE Vlivu NEUROLOGICKÉ ÚROVNĚ MÍŠNÍ LÉZE NA HODNOTY VRCHOLOVÉ SF_{PEAK} | 82 |
| 5.3 | DISKUSE K METODICE PRÁCE | 83 |
| | ZÁVĚR | 84 |
| | REFERENČNÍ SEZNAM | 88 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 96 |
| | PŘÍLOHY | 97 |

SEZNAM ZKRATEK

AD – autonomní dysreflexie

ADL – Activity of daily living (aktivity denního života)

AIS – ASIA Impairment Scale (rozsah míšní léze)

aj. – a jiné

ANS – autonomní nervový systém

ASIA – American Spinal Injury Association (Americká asociace spinálního poranění)

bpm – beats per minute (tepy za minutu)

C – krční

CP – Centrum Paraple, o.p.s.

DP – diplomová práce

FES – funkční elektrostimulace

FEV1 – usilovný výdechový objem

ISAFSCI – International Standards to document remaining Autonomic Function after Spinal Cord Injury (Mezinárodní standardy dokumentující zachované autonomní funkce po míšním poranění)

ISCoS – International Spinal Cord Society (Mezinárodní míšní společnost)

ISNCSCI – International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (Mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci míšního poranění)

kcal – kilokalorie

L – bederní

m., mm. – musculus, musculi (sval, svaly)

m/s – metr za sekundu

MIV – mechanický invalidní vozík

n., nn. – nervus, nervi (nerv, nervy)

NLI – Neurological Level of Injury (neurologická úroveň míšní léze)

NMES – neuromuskulární elektrostimulace

NSCISC – National Spinal Cord Injury Statistical Center (Národní statistické centrum míšního poranění)

NT – netestovatelný

PARN – označení skupiny paraplegiků s míšní lézí od T6 kaudálně

PARV – označení skupiny paraplegiků s míšní lézí od T1 do T6

RPE – Rating of Perceived Exertion (hodnocení vnímaného úsilí dle Borga)

S – bederní

SCIM – Spinal Cord Independence Measure

SD – směrodatná odchylka

SF – srdeční frekvence

SF_{klid}; SF_{max}; SF_{peak} – srdeční frekvence klidová, maximální, vrcholová

SJ – spinální jednotka

T, Th – hrudní

T1 – Trenažér č. 1 = Veslařský trenažér (VESLO)

T2 – Trenažér č. 2 = Kajakářský trenažér (KAJAK)

T3 – Trenažér č. 3 = Běžkařský trenažér (BĚŽKY)

T4 – Trenažér č. 4 = Rotren (ROTREN)

TET – označení skupiny tetraplegiků

TUG – Timed Up and Go

tzn. – to znamená

tzv. – takzvaný

VO₂ – spotřeba kyslíku

VO_{2max}; VO_{2peak} – spotřeba kyslíku maximální; vrcholová

WISCI – Walking Index For Spinal Cord Injury

ÚVOD

Problematika spinálních pacientů je velmi komplikovaná. Po poranění míchy dochází u člověka k postižení motorického, senzitivního i autonomního nervového systému, což má na život dlouhodobý negativní dopad, a to jak zdravotní, psychický, ekonomický, finanční i sociální. Úkolem celého programu spinální péče je pomoci se osobám po míšním poranění navrátit do plnohodnotného života před úrazem. Tato péče je nenahraditelná, a to především v akutních fázích. V chronických fázích, a po sžití se s nově nastalou situací a zdravotním stavem, nezávisí zdravotní stav pouze na pasivně přijímané lékařské pomoci z okolí. Člověk by se o své zdraví měl aktivně zajímat a pečovat o něj, což zahrnuje také provádění pravidelné pohybové aktivity.

Téma své diplomové práce jsem si vybrala na základě svého zájmu o spinální problematiku. Jako fyzioterapeutka pracující se spinálními pacienty v Centru Paraple, a aktivní sportovkyně, jsem se začala také více zajímat, jak lze zdravotní stav a problémy s pohybovým aparátem člověka po poranění míchy ovlivnit nejen fyzioterapeutickými metodami a postupy, ale také pomocí sportu a pohybových aktivit. Systematicky prováděná pravidelná pohybová aktivita by měla zahrnovat jak aerobní trénink vytrvalostního charakteru, tak odporový trénink, a měla by být součástí aktivního životního stylu každého člověka. O to výrazněji u osob po míšním poranění, jako významná prevence sekundárních komplikací vycházejících z podstaty jejich postižení. Pravidelně prováděná, strukturovaná pohybová aktivita snižuje rizikové faktory vzniku metabolických a kardiovaskulárních onemocnění, dochází ke zlepšení kardiovaskulární zdatnosti a zvýšení tolerance fyzické zátěže, snižuje následky chronických, život ohrožujících zdravotních komplikací a v neposlední řadě má velký vliv na psychické rozpoložení člověka. Otázkou zůstává, kterou pohybovou aktivitu si vybrat, osvojit a zapojit do aktivního životního stylu. Proto jsme se v rámci této práce rozhodli zkoumat a zhodnotit vliv odlišných pohybových aktivit na kardiovaskulární funkce u osob po míšním poranění, a to měřením vrcholové srdeční frekvence v zátěžových testech na čtyřech sportovních trenažérech.

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí. V první (teoretické) části práce byly shrnuty poznatky o problematice míšních lézí (anatomická a fyziologická východiska, etiologie, klinický obraz, důsledky narušení autonomních a senzomotorických funkcí u osob po míšním poranění aj.) a zmíněna problematika provádění pohybových aktivit a zátěže u osob s míšní lézí, její význam, vliv na kardiovaskulární systém, limitace, doporučení aj.

Cílem druhé (praktické) části práce bylo, měřením hodnot vrcholových srdečních frekvencí (SF_{peak}), zjistit, zda mají odlišné pohybové aktivity vliv na kardiovaskulární funkce (respektive srdeční frekvenci) po míšním poranění, a to při absolvování zátěžových testů na čtyřech odlišných sportovních trenažérech. Byly zde popsány cíle, hypotézy, metodika výzkumu a následně předloženy a vyhodnoceny výsledky, které byly v závěru práce diskutovány.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 Anatomická a fyziologická východiska

1.1.1 Funkční anatomie páteře

V zajištění pohybových funkcí v motorice člověka dominují končetiny, avšak základním prvkem všech pohybových aktivit zůstává axiální systém. Ten pro člověka představuje hlavní pohybovou bázi, od níž se odvíjí všechny ostatní pohyby těla, které se zpět do axiálního systému promítají, a i vlastní pohyby axiálního systému mají odezvu v organismu. Právě kvůli těmto úzkým vztahům je celý osový systém velmi zranitelný a zraňovatelný. Z pohledu funkční anatomie je axiální systém složen z velmi rozdílných komponent, uložených kolem páteře, které mají nosnou, protektivní a hybnou funkci – páteř a spoje na páteři, svaly pohybuující osovým skeletem, kosterní základ hrudníku a jeho spoje, dýchací svaly, a příslušná část nervové soustavy jako řídicí komponenta (Dylevský et al., 2000).

Pohybový segment

Pohybový segment, základní funkční jednotka páteře, se anatomicky skládá ze sousedících polovin obratlových těl, páru meziobratlových kloubů, meziobratlové destičky, krátkých páteřních vazů a svalů. Funkčně ho lze rozdělit na 3 komponenty: nosnými a pasivně fixačními komponentami jsou obratle a meziobratlové vazy, hydrodynamickou funkci zajišťují meziobratlové destičky a cévní systém páteře a kinetickou a aktivně fixační komponentu tvoří klouby a svaly páteře. Páteř je složena z 24 pohybových segmentů, což zahrnuje 7 krčních, 12 hrudních a 5 bederních obratlů, kost křížovou a kostrč, a 23 meziobratlových destiček. To platí pro asi 95% páteří dospělých osob, 5% páteří má odlišný počet obratlů a tím jiný počet pohybových segmentů (Dylevský et al., 2000).

Obratle – základní stavební prvky nosné komponenty páteře – se skládají z těla obratle (*corpus vertebrae*), obratlového oblouku (*arcus vertebrae*), výběžků – čtyř kloubních (*processi articulares*), dvou příčných (*processi transversi*) a z trnového (*processus spinosus*). První dva krční obratle mají svou specifickou stavbu. Obratlová těla jsou nosnými prvky páteře a mezi jednotlivými úseky páteře jsou z hlediska jejich odolnosti velké rozdíly (Dylevský et al., 2000). Oblouk obratle má ochrannou

a protektivní funkci. Upínají se na něj páteřní vazy, které dotvářejí a uzavírají páteřní kanál, který obsahuje míchu s míšními obaly, cévní pleteně a míšní nervy (Dylevský et al., 2000; Tweedy a Diaper, 2010). Processi articulares jsou kloubními konci meziobratlových kloubů, processi transversi a processus spinosus slouží jako úponová místa pro vazy a svaly zajišťující pohyblivost páteře (Dylevský et al., 2000).

Pasivně fixační funkci páteřních segmentů zajišťují vazy – dlouhé a krátké. Dlouhými vazy jsou přední a zadní podélný vaz, které svazují a zpevňují páteř po celé její délce – přední podélný vaz z přední plochy obratlových těl, zadní podélný vaz tvoří přední stranu páteřního kanálu. Současně je vazivo bohatě inervováno a je zdrojem informací signalizujících napětí, respektive směr pohybu určitého úseku páteře. Žluté, interspinální a intertransverzální vazy řadíme mezi vazy krátké, které spojují oblouky a výběžky sousedních obratlů (Dylevský et al., 2000).

Hydrodynamickou komponentu pohybového segmentu páteře tvoří chrupavčité meziobratlové destičky a cévní (především žilní) systém páteře. Destičky jsou ploténky vazivové chrupavky obalené tuhým kolagenním vazivem ve formě 10–12 lamelárně uspořádaných vazivových prstenců (anuli fibrosi), excentricky je pak uloženo kulovité huspeninové jádro (nucleus pulposus). Fungují jako hydrodynamické tlumiče absorbující statické a dynamické zatížení páteře. Také zde probíhá intenzivní výměna vody a ve vodě rozpustných látek (Dylevský et al., 2000).

Kinetickou a aktivně fixační funkci pohybového segmentu zajišťují meziobratlové klouby, kraniovertebrální spojení a svaly obklopující páteř. Pohyblivost určitých úseků páteře je dána součtem drobných pohybů meziobratlových kloubů a mírou stlačitelnosti meziobratlových destiček (Dylevský et al., 2000).

Skupiny páteřních segmentů tvoří vyšší funkční jednotky – páteřní sektory – které vystihují pohybové možnosti axiálního systému a dělí páteř dle funkčního hlediska. Odlišujeme sektory horní krční (atlantookcipitální spojení až C3–C4), dolní krční (C3–C4 až Th4–Th5), horní hrudní (C7–Th1, horní hrudní apertura, hrudní obratle až k Th6–Th7), dolní hrudní (Th6–Th7 až L1–L2 a dolní hrudní apertura), horní bederní (Th12–L3) a dolní bederní (L4–S1). Sektory nejsou striktně odděleny a mají nejen funkční, ale i klinický význam – narušení funkčních vztahů se promítá do symptomatologie poruch vznikajících v těchto oblastech (Dylevský et al., 2000).

1.1.2 Funkční anatomie míchy

Mícha (medulla spinalis) je ventrodorzálně oploštěný provazec nervové tkáně uložený v páteřním kanálu v obalech centrálního nervstva – dura mater, arachnoidea a pia mater spinalis. Mícha je 40–45 cm dlouhá a přibližně 2,5 centimetrů široká v průměru, nedosahuje tedy celé délky páteřního kanálu – končí přibližně v úrovni L2. Soubor lumbálních a sakrálních nervových vláken v páteřním kanálu pod úrovní L2 se nazývá cauda equina (Dylevský et al., 2000; Tweedy a Diaper, 2010). Axony spojující CNS a ostatní části těla tvoří periferní nervy. Periferní nervy vystupující z míchy – míšní nervy (nn. spinales) – začínají na povrchu míchy jako kořenová vlákna, která se spojují a vytváří přední a zadní míšní kořeny. Přední míšní kořeny jsou z funkčního hlediska motorické. V segmentech C8–L2 obsahují i pregangliová vlákna sympatická a v segmentech S2–S4 pregangliová vlákna parasympatická. Zadní míšní kořeny jsou senzitivní. Na zadním kořenu je před vstupem do foramen intervertebrale patrné ganglion spinale – vřetenovité ztlustění obsahující pseudounipolární neurony („T-buňky“), které vedou vzruchy do míchy (Dylevský et al., 2000). Senzitivní zadní a motorické přední kořeny se při výstupu z foramen intervertebrale spojují a vytvářejí smíšený míšní nerv. To se projeví při poruchách míšních nervů, kdy je porušena jak motorická, tak senzitivní funkce (Dylevský et al., 2000; Palmer et al., 2008).

Míšní segment

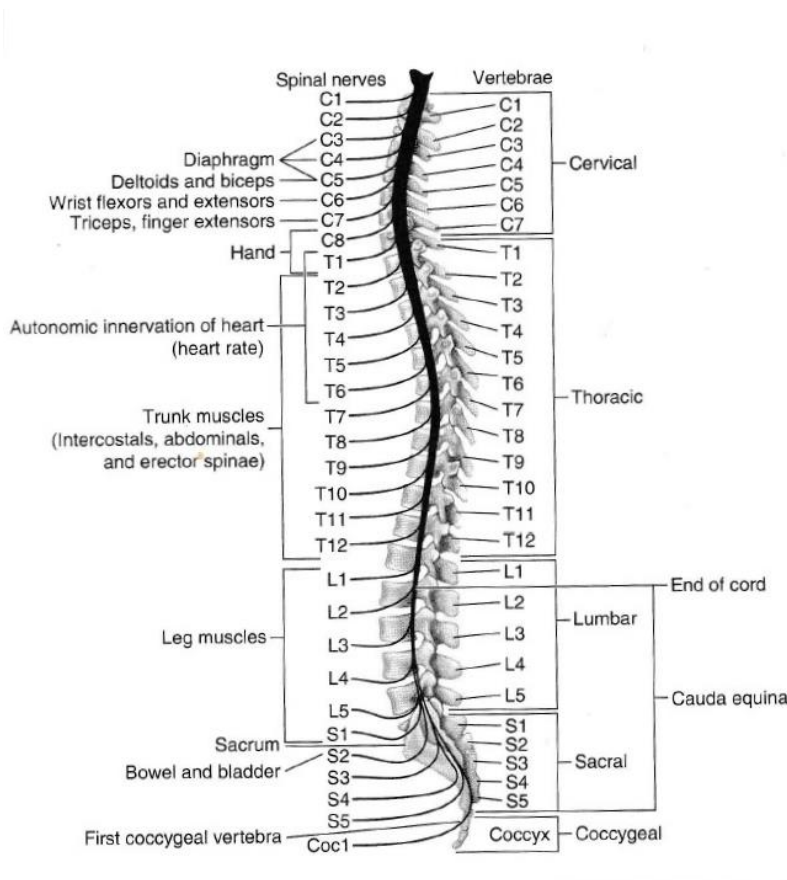
Mícha je rozdělena do 31 míšních segmentů – 8 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 sakrálních a 1 křížového (Tweedy a Diaper, 2010). Míšním segmentem je nazývána ta část míchy, ze které vystupují vlákna do předního a zadního kořene míšního nervu a je párový pro pravou a levou stranu těla (Dylevský et al., 2000; Faltýnková, 2012). Krční mícha má osm míšních segmentů, jelikož první kořen odstupuje z míchy nad prvním krčním obratlem (Faltýnková, 2012). Míšní segment C1 odpovídá svým uložením prvnímu krčnímu obratli (C1). Segment S3 se nachází v úrovni prvního bederního obratle (L1).

Organizace míchy

Mícha je tvořena šedou hmotou, která je obklopena pláštěm hmoty bílé. Vnitřní šedá hmota se dělí dle Rexeda na deset transverzálně orientovaných lamin lišících se hustotou, velikostí neuronů i funkcí. Šedá hmota vybíhá dorzálně do zadních rohů

(lamina I–VI) a ventrálně do předních rohů míšních (lamina VIII–IX), mezi nimi je zona intermedia (lamina VII) a centrálně uložená část šedé hmoty kolem centrálního kanálku je označována jako zona centralis (lamina X). Neurony tvořící šedou hmotu se dělí do několika kategorií: buňky provazců, interneurony spojující oblasti šedé hmoty v rámci segmentu, motoneurony α , γ a viscerální motoneurony (Dylevský et al., 2000).

Bílá míšní hmota je výstupem míšních kořenů dělena na zadní, postranní a přední provazce. Je tvořena svazky myelinizovaných i nemyelinizovaných vláken (axonů) a tvoří míšní dráhy – vzestupné senzitivní a sestupné motorické míšní dráhy. Mezi hlavní senzitivní míšní dráhy řadíme lemniskový systém (dráhy zadních míšních provazců pro dotykové a vibrační čítí a propriocepci), spinotalamickou „dráhu bolesti“, spinoretikulární dráhu a spinocerebelární dráhy (informace ze svalových a šlachových proprioceptorů). Hlavní dráhou volní motoriky je pyramidová dráha. Dalšími motorickými drahami jsou: rubrospinální (ovlivnění motoneuronů flexorů), retikulo-spinální, tektospinální (koordinovaný pohyb očí a hlavy), vestibulospinální (udržování vzpřímeného postavení trupu a šíje upravováním činnosti antigravitačních svalů) a intersticiospinální dráha (Dylevský et al., 2000).



Obrázek 1: Stavba páteře, míchy a míšních kořenů (Tweedy a Diaper, 2010)

1.1.3 Autonomní nervový systém

Z důvodu zaměření této diplomové práce na měření hodnot srdeční frekvence, kterou autonomní nervový systém (ANS) přímo ovlivňuje, popíši v následující kapitole funkce a organizaci tohoto systému.

K autonomnímu neboli vegetativnímu nervovému systému se řadí ty části nervstva, které koordinují a řídí všechny pro život zásadní činnosti lidského organismu. Tento systém obstarává rytmus a tonus orgánů, řídí výkonnost veškerého hladkého svalstva, zajišťuje funkce žláz a látkovou výměnu. Vliv má při stanovování trofiky příčně pruhovaného kosterního svalstva a působí také na příčně pruhované svalstvo některých orgánů s úzkou spojitostí k vegetativním funkcím – svalstvo jícnu, srdce a dýchacích svalů (Dylevský et al., 2000; Pfeiffer, 2007).

Funkce autonomního nervového systému

Periferní autonomní neurony se z funkčního hlediska dělí na sympatické a parasympatické. Z hlediska potřeb organismu působí tyto dva systémy koordinovaně a zajišťují tak funkční jednotu organismu (Dylevský et al., 2000; Pfeiffer, 2007).

Podrážděním sympatiku se organismus připravuje k útoku, obraně či útěku (fight or flight) – zrychlení srdeční frekvence, zvýšení krevního tlaku, rozšíření koronárních tepen, rozšíření bronchů a snížení aktivity trávicího ústrojí. Jedná se o biologické aktivity tonizující organismus, katabolické reakce, rychlou mobilizaci energetických zdrojů organismu (Dylevský et al., 2000; Pfeiffer, 2007).

Podráždění parasympatiku provází snížení srdeční frekvence, pokles krevního tlaku a zvýšení aktivity orgánů trávicího ústrojí. To znamená biologickou aktivitu směřující dovnitř organismu, odpočinek, spánek, přijímání potravy, hromadění rezerv, anabolické reakce, dlouhodobé udržení dynamické stability organismu (Dylevský et al., 2000; Pfeiffer, 2007).

Organizace autonomního nervového systému

Sympatikus a parasympatikus zajišťují spojení mezi CNS a periferními orgány (hladkou svalovinou stěny orgánů, cév a žláz) eferentním (visceromotorickým) a aferentním (viscerosenzitivním) systémem drah (Dylevský et al., 2000). ANS lze dělit na část centrální a periferní. Centrální část zahrnuje shluky buněk (jádra) uložené v míše, retikulární formaci prodloužené míchy, hypothalamu a mozkové kůře. Periferní

část tvoří nervová vlákna, která jsou součástí hlavových nervů a vlákna probíhající s míšními nervy – inervují tak hladkou svalovinu v inervačních oblastech příslušného hlavového či míšního nervu (Alexander et al., 2009; Dylevský, 2009).

Autonomní nervy jsou tvořeny více neurony a v průběhu jsou přepojovány v autonomních gangliích, což vede ke zpomalení vedení vzruchu – rychlost je pouze 1–20 m/s. Neurony vedoucí signály do ganglií jsou označovány jako pregangliové, neurony uložené v gangliích jako postgangliové. Pregangliovým mediátorem pro sympatikus i parasympatikus je acetylcholin. Dělení dle rozdílného mediátoru uvolňovaného na zakončení postgangliových vláken označuje sympatikus jako systém adrenergní – mediátorem je adrenalin, mediátor acetylcholin označuje parasympatikus jako systém cholinergní (Dylevský et al., 2000; Dylevský, 2009).

Sympatikus lze označit za systém torakolumbální. Pregangliové neurony jsou uloženy v míše v nucleus intermediolateralis v segmentech C8–L3, ganglia sympatiku jsou proto vzdálena od cílových orgánů a postgangliová vlákna jsou dlouhá. Axony těchto neuronů probíhají s motorickými vlákny v předních míšních kořenech a po výstupu z páteřního kanálu tvoří paravertebrálně ležící provazce nervové tkáně – sympatické kmeney (truncus sympathicus) sahající od lebeční báze po kostrč. Párové sympatické kmeney se skládají ze vzájemně spojených ganglií složených z buněk, na kterých synapsí končí přicházející sympatická vlákna. Buňky těchto ganglií vysílají výběžky obloukovitě se vracející k motorickým a senzitivním vláknům míšního nervu, s nimiž vedou k hladké svalovině cév a kůže trupu a končetin. Část gangliových buněk tvoří samostatné sympatické nervy. Krční oddíl sympatiku vede inervační vlákna pro svalovinu cév hlavy a oka a hladkou svalovinu žláz hlavy a krku. Z krčního úseku vedou také samostatné nervy k srdeční svalovině. Hrudní oddíl vede vlákna pro plíce, hladkou svalovinu bronchů, nervy pro břišní orgány. Břišní oddíl obsahuje pleteně pro orgány trávicí trubice a pánevní oddíl inervuje svalovinu pohlavních orgánů (Dylevský et al., 2000; Dylevský, 2009).

Rozdílné uspořádání má kraniosakrální systém parasympatiku. Pregangliová vlákna jsou uložena v mozgovém kmeni v jádrech čtyř hlavových nervů (n. III, n. VII, n. IX a n. X) a v postranních rozích sakrální míchy v segmentech S2–S4. Ganglia jsou uložena v blízkosti cílových orgánů a postgangliová vlákna jsou kratší (Alexander et al., 2009; Dylevský et al., 2000). Desátý hlavový nerv – nervus vagus – je nejmohutnějším parasympatickým zdrojem a jeho vlákna vedou ke svalovině srdce, bronchů, k orgánům břišní dutiny, ke svalovině cév, ledvin a k hornímu úseku močovodů. Pánevní

parasympatikus, v křížovém úseku míchy, tvoří skupiny buněk, jejichž motorické výběžky inervují svalovou stěnu močových a pohlavních orgánů a koncový úsek trávicí trubice, a jsou promíchány s vlákny sympatiku (Dylevský et al., 2000; Dylevský, 2009).

Sympatikus je systém velmi rozsáhlý a difuzní a jeho vlákna jsou obsažena téměř ve všech tkáních a orgánech. Výskyt vláken parasympatiku je omezen pouze na vnitřní orgány (trávicí, dýchací a močopohlavní ústrojí, slinné žlázy a oční bulbus). Končetiny (kůže, svaly, klouby) a tělní stěna jeho vlákna neobsahují (Dylevský et al., 2000).

1.2 Míšní léze

Míšní poranění představuje velmi závažný, devastující, často život ohrožující stav, který vede ve většině případů k trvalým následkům. Míšní léze s sebou nese pro pacienta závažné zdravotní a psychosociální důsledky s negativním dopadem na kvalitu života, jakož i finanční zátěž. Stran náročnosti péče o pacienty s míšním poraněním a finančních nákladů, představuje tento stav zátěž také pro příbuzné, společnost a zdravotnický systém (Chan et al., 2016; Kříž a Chvostová, 2009; Mataliotakis a Tsirikos, 2016; Šámal et al., 2017).

Poškození míchy je doprovázeno poruchou senzomotorických funkcí (hybnosti a citlivosti) a zasaženy jsou i autonomní funkce, což v důsledku ovlivní prakticky všechny fyziologické procesy v organismu. Komplexní a kontinuální péče řeší vzniklé komplikace a intenzivní rehabilitace usiluje o maximální obnovu postižených funkcí a zajištění co největší úrovně soběstačnosti a kvality života (Kříž a Faltýnková, 2012).

V ČR každý rok dojde k 150–200 traumatickým poraněním míchy, společně s neúrazovými míšními lézemi se jedná o téměř 300 pacientů ročně (Kříž a Rejchrt, 2014). Nejnovější statistické údaje o počtu pacientů s míšními lézemi na Spinálních rehabilitačních jednotkách uvádí Česká společnost pro míšní léze. V roce 2016 bylo v České republice 281 nových případů míšní léze (202 mužů a 79 žen) s průměrným věkem 53,9 let. Incidence míšních poranění je tedy 3,35 na 100 000 obyvatel ročně. Dle neurologické úrovně míšní léze, 125 případů bylo v úrovni krční (C), 107 hrudní (Th) a 49 bederní (L) páteře (ČLS JEP, 2016; Šámal et al., 2017).

V porovnání zde uvádím data a fakta o poranění míchy z USA za rok 2017 zveřejněných Národním statistickým centrem míšního poranění: incidence 54 případů na 1 milion obyvatel znamená 17 700 nových poranění míchy za rok, rozšíření je přibližně 288 000 osob v roce 2017, věk v době úrazu 43 let (NSCISC, 2018). Věk

počátku míšního poranění stále stoupá, mezi roky 1973 až 1979 byl průměrný věk v době úrazu 28,7 let, v letech 2000–2003 37,6 let (Ho et al., 2007). Výraznou část nových poranění tvoří muži (78%). Z hlediska neurologické úrovně a rozsahu míšní léze tvoří 47,2% všech míšních poranění nekompletní tetraplegie, 20,4% nekompletní paraplegie, 20,2% kompletní paraplegie a 11,5% kompletní tetraplegie (NSCISC, 2018). Incidence i výskyt traumatického míšního poranění je v USA vyšší než kdekoli jinde ve světě. Stoupá průměrný věk v době úrazu, stoupá i poměr cervikálních míšních lézí, poměr kompletních k nekompletním neurologickým míšním lézím však klesá (DeVivo, 2012).

Ačkoliv poranění míchy není ve světovém měřítku, s incidencí 23 případů na milion obyvatel celého světa, běžným stavem, zdravotní i finanční následky jsou, a měly by být, předmětem rostoucího zájmu a výzkumu ve vyspělých i rozvojových zemích (Jazayeri et al., 2015).

1.2.1 Etiologie

Nejčastější příčinou míšních poranění jsou dopravní nehody (38,3%), následují pády (31,6%), násilné činy (13,8%), sportovní úrazy (8,2%) a jiné (8,1%) (NSCISC, 2018). S etiologií a způsobem poranění přímo souvisí úroveň a kompletnost míšní léze (Chen et al., 2013). Z výzkumu z roku 2015 vyplývá, že hlavní příčinou úrazu ve věkové skupině do 45 let jsou dopravní nehody, ve věkové skupině nad 60 let jsou to pády (Chen et al., 2015). Mezi sporty s největším zastoupením úrazů následovaných míšním poraněním se řadí skoky do vody, rugby a jízda na koni (Chan et al., 2016).

Porozumění příčinám míšního poranění je velmi důležitým krokem k vytvoření příslušných a efektivních opatření primární prevence, a to na celém světě (Chan et al., 2016; Chen et al., 2013). V souvislosti se stárnutím populace, rostoucím počtem pacientů po míšní lézi ve věkové skupině nad 60 let a negativním vlivem vyššího věku na výsledky rehabilitace, je velmi důležité do budoucna vytvořit efektivní programy prevence pádů (Chen et al., 2015).

Traumatická míšní léze

Při traumatu s poraněním páteře dochází v 15–40% případů také k poranění míchy. U traumat krční páteře je mícha poškozena ve 40% případů, v 10% u poranění hrudní páteře a v 35% při poranění Th–L přechodu. Kompletní míšní léze tvoří 44%

všech míšních traumat. U pacientů s poraněním páteře je přítomnost neurologických příznaků absolutní indikací k operačnímu zákroku s cílem návratu neurologických funkcí a obnovení stability páteře (Šámal et al., 2017).

Netraumatická míšní léze

S netraumatickými míšními lézemi se setkáváme u nádorových onemocnění, degenerativních postižení páteře a různých typů krvácení, kdy indikace k léčbě a celková prognóza závisí na etiologii míšní léze (Šámal et al., 2017). Incidence netraumatických míšních poranění je o 60–70% vyšší než traumatických. Na rozdíl od traumatických lézí bývají osoby s tímto postižením starší, častěji ženy a méně pravděpodobně bude poranění v oblasti krční míchy. S vyšším věkem, progresivním stavem onemocnění a relativně špatnou prognózou souvisí, u netraumatických lézí, kratší průměrná doba přežití (DeVivo, 2012).

1.2.2 Klinický obraz transverzální míšní léze

Poškozením míšních struktur dochází k typickým klinickým příznakům, které závisí na lokalizaci, velikosti a rychlosti vzniku patofyziologických změn. Jedná se o poruchy hybnosti, cití, vazomotorické, trofické a autonomní poruchy, a jejich kombinace (Štětkářová, 2017). Klinický obraz je kromě transverzálního rozsahu (horizontální určení průřezem míšního segmentu) závislý i na vertikální výškové lokalizaci (krční, hrudní, bederní, sakrální) (Šámal et al., 2017; Štětkářová, 2017).

Klinické projevy se liší podle úrovně a rozsahu míšní léze. Míšní léze se dle úrovně dělí na pentaplegii, tetraplegii, paraplegii, syndrom míšního konu a syndrom cauda equina. Dle rozsahu léze se rozlišuje kompletní transverzální míšní léze a nekompletní transverzální míšní léze (Kříž et al., 2017). Mezi nekompletní míšní syndromy se řadí: syndrom centrální míšní šedi, syndrom a. spinalis anterior, Brown-Séquardův syndrom a syndrom zadních míšních provazců (Kirshblum et al., 2011; Mataliotakis a Tsirikos, 2016). Výška poškození míchy je určována podle míšních segmentů a často bývá porucha motorických a senzitivních funkcí rozdílná mezi pravou a levou stranou těla kvůli nesouměrnému poškození míšních segmentů (Faltýnková, 2012). Úroveň poškození páteře nemusí vždy odpovídat úrovni míšního poškození a narušení páteře v bederní či sakrální oblasti může tedy znamenat narušení pouze cauda equina a ne míchy samotné (Palmer et al., 2008).

Pentaplegie

Osoby s poraněním míchy nad úrovní C4 mají, kromě porušených motorických a senzitivních funkcí na všech čtyřech končetinách a trupu, narušenou i funkci bránice. Proto je potřeba využít částečné či trvalé umělé plicní ventilace (Faltýnková, 2012).

Tetraplegie

Termín tetraplegie označuje porušení nervových struktur v krčních míšních segmentech. Tetraplegie zahrnuje narušení či ztrátu motorických a senzitivních funkcí horních i dolních končetin, trupu a pánevních orgánů (Somers, 2001). Dle výšky poškozeného krčního míšního segmentu a zachované inervace klíčových svalů, a tím aktivního pohybu končetin, se tetraplegie dělí do čtyř stupňů (Faltýnková, 2012).

Paraplegie

Termín označuje poškození míchy v hrudních, bederních či sakrálních (ne však krčních) míšních segmentech, respektive poranění v segmentu T2 a níž, což znamená zachování motorických i senzitivních funkcí v oblasti hlavy, krku a horních končetin, dle výšky léze jsou v různém rozsahu postiženy motorické a senzitivní funkce v oblasti trupu, dolních končetin a pánevních orgánů (Somers, 2001; Tweedy a Diaper, 2010).

Pro potřeby své diplomové práce zde popíši potenciál funkčních schopností osob po míšním poranění dle segmentu úrovně míšní léze.

C4: hlavní svaly inervovány ze segmentu C4 jsou bránice a svalstvo krku; lze kontrolovat pohyby hlavy, limitované jsou dechové funkce.

C5: klíčovým svalem je m. biceps brachii (je částečně inervován společně s m. brachialis a m. brachioradialis), částečně je inervováno svalstvo pletence ramenního (m. deltoideus, m. infraspinatus, m. teres minor); možné pohyby jsou abdukce a flexe v ramenním kloubu a flexe v loketním kloubu.

C6: klíčovými svaly jsou extenzorové skupiny zápěstí (m. extensor carpi radialis longus et brevis), většina svalstva v oblasti pletence ramenního je funkčních (plně inervován m. deltoideus, m. infraspinatus, m. teres minor, pars clavicularis m. pectoralis major), plně inervován je m. biceps brachii, částečně m. serratus anterior a m. latissimus dorsi; možná je flexe a abdukce v ramenním kloubu, extenze zápěstí a lehký úchop.

C7: klíčový sval je m. triceps brachii (částečně inervován), plně inervován je m. serratus anterior, částečně m. latissimus dorsi a pars sternocostalis m. pectoralis

major), dalšími inervovanými svaly jsou extenzory prstů, možná je stabilizace a extenze paže a loketního kloubu.

C8: klíčové svaly jsou flexory prstů (m. flexor digitorum profundus), společně s téměř plně inervovanými m. flexor digitorum superficialis a m. flexor pollicis longus et brevis zajišťují úchop, plně inervován je m. triceps brachii a m. latissimus dorsi a téměř úplně m. pectoralis major.

Segmenty T1–T12: všechny svaly horních končetin jsou bez neurologického deficitu, celý trup je však nestabilní, čím nižší úroveň míšní léze, tím se trupová stabilita zvyšuje, do funkce se zapojuje svalstvo abdominální a zádové svalstvo (Somers, 2001).

V následující tabulce uvádím zjednodušený přehled úrovní inervací, kdy jednotlivé svalové skupiny jsou dostatečně inervovány k obstojnému provedení příslušného pohybu. Takto zjednodušeně lze pohyby rozdělit, protože jednotlivé pohyby jsou vykonávány svalovými skupinami, kdy jednotlivé svaly a také části svalů jsou často inervovány z několika míšních úrovní (z několika spinálních nervů) (Harvey, 2008). Příloha č. 1 obsahuje kompletní přehled inervovaných svalů dle úrovní míšních segmentů (Harvey, 2008).

| Segment | Lokalizace | Pohyb |
|---------|---|---|
| C4 | inervace bránice | |
| C5 | ramenní kloub | flexe, extenze, abdukce, addukce, vnitřní a vnější rotace |
| | loketní kloub | flexe, supinace |
| C6 | ramenní kloub | extenze, addukce |
| | loketní kloub | pronace |
| | zápěstí | extenze |
| C7 | loketní kloub | extenze |
| | zápěstí | flexe |
| | prsty | flexe v proximálním kloubu, extenze |
| | palec | flexe, extenze a abdukce v rovině dlaně, addukce |
| C8 | prsty | flexe v metakarpofalangeálním kloubu |
| | palec | opozice, flexe, extenze, addukce a abdukce kolmo k dlani |
| T1 | prsty | abdukce, addukce |
| T1–T12 | inervace interkostálního, břišního a trupového svalstva | |

Tabulka 1: Schéma inervací a možných pohybů v kloubech dle úrovní míšních segmentů (volně dle Harvey, 2008; Kříž et al., 2017)

1.2.3 Průběh

Primární a sekundární poranění

Primárním poraněním je označován maximální neurologický deficit přítomný ihned po míšním poranění, způsobený přerušением axonálního vedení míchou, stav často nevratný. Sekundární poranění začíná také ihned, trvá déle, poškození tkání, kvůli otoku či krvácení, roste a rozsah poškození se zvětšuje (Mataliotakis a Tsirikos, 2016).

Míšní šok

Důsledkem traumatu, ischemie, hemoragie či zánětu dojde k náhlému přerušení descendentních spinálních drah a výpadku nervových funkcí pod úrovní akutní míšní léze, po částečném či úplném přerušení míchy. Tento stav se nazývá míšní šok, kdy klinicky dominuje dočasná ztráta nebo pokles míšní reflexní aktivity pod úrovní léze, hypotonie a porucha motorických, senzitivních a autonomních funkcí. Míšní šok začíná několik minut po vzniku poranění, plně vyjádřen bývá až po několika hodinách a může odeznít do 24 hodin či v průběhu několika následujících týdnů. Změny probíhají ve fázích, kdy nejprve dochází v důsledku poklesu excitability míšních neuronů ke snížení reflexní aktivity. Následuje fáze návratu reflexů – obnovení reflexní aktivity a případně, díky denervační hypersenzitivitě, volního pohybu; a fáze hyperreflexie – nárůst nových synapsí, postupná obnova reflexů a rozvoj různé formy spasticity, což svědčí o porušení centrálního motoneuronu. Po odeznění míšního šoku je možný případný návrat motorických, senzitivních a autonomních funkcí, závisí to však na rozsahu a kompletnosti míšní léze. Ve fázi míšního šoku je obtížné předvídat závažnost míšního poškození, jeho přítomnost svědčí pro horší prognózu (Háková a Kříž, 2015).

Prognóza po míšní lézi

O kompletní transverzální míšní lézi lze hovořit v případě, kdy dojde během úrazu ke kompletnímu přerušení míchy, které je patrné na akutně provedené magnetické rezonanci nebo makroskopicky během operačního zákroku. S přechodem do chronické fáze dochází k demyelinizaci v bílé hmotě, desintegraci šedé hmoty a vytvoření gliální jizvy. U déletrvající kompletní léze je v současné době prognóza, stran zlepšení neurologického deficitu a návratu neurologických funkcí, nepříznivá, a to i přes úsilí na experimentálním poli. U nekompletních lézí mícha není úplně přerušena, dochází pouze ke kompresi, a může následovat postupná částečná úprava. Na míšní lézi navazují

poranění sekundární způsobené hematodem, otokem a ischemií, která mohou být mnohem závažnější. Následky může zmírnit pouze urgentně provedený operační zákrok (Kříž a Faltýnková, 2012; Šámal et al., 2017).

Po odeznění míšního šoku nastává tzv. spontánní zotavení, kdy může dojít k obnovení ztracených senzomotorických funkcí v různém rozsahu. Toto klinické zlepšení je patrné u kompletní, zřetelněji pak u nekompletní transversální míšní léze. V prvním roce po míšním poranění dochází u pacientů k vývoji neurologického a funkčního obrazu a významnému zlepšení motorických i senzitivních funkcí. Klinické změny v úrovni a rozsahu míšní léze, a především ve vývoji ve funkčních schopnostech pacienta (měřených škálou SCIM), dokazují ve své studii Kříž a Hyšperská (2014). Klinické zlepšení, zvláště při precizní neurorehabilitaci, potvrzují i Kříž a Hlinková (2016). Pokud se však do 2–3 měsíců po úraze neobjeví motorická nebo senzitivní aktivita, lze považovat poškození míchy za kompletní, k výraznému funkčnímu zlepšení však dochází i v těchto případech (Kříž a Faltýnková, 2012).

1.2.4 Program spinální péče

Medicína v dnešní době nedokáže porušenou míchu opravit a umožnit tak návrat poškozených funkcí. Na prvním místě proto stojí kvalitní péče o pacienta, multidisciplinární přístup, plně funkční spolupráce a návaznost pracovišť. To vše může omezit závažné komplikace a umožnit dosažení co nejlepšího funkčního výsledku. Proto byl Českou spondylochirurgickou společností vytvořen v ČR tzv. spinální program, který umožňuje pacientům s míšní lézí nejen přežít, ale i pokračovat v plnohodnotném životě (Kříž, 2013).

Péče o pacienta začíná v akutním 1.a stadiu (1.–2. týden po zranění) na jednom z patnácti spondylochirurgických pracovišť. Zde je proveden urgentní operační zákrok, dekomprese míchy a stabilizace páteře. Je zahájena intenzivní rehabilitace a nasazena specifická medikace (Kříž, 2013).

V subakutním 1.b stadiu (3.–12. týden) je pacient, pokud je kardiopulmonálně kompenzován, přeložen na jednu ze čtyř spinálních jednotek (SJ) – v Brně, Ostravě, Liberci nebo v Praze. Zde probíhá komplexní multidisciplinární péče – ošetřovatelská, lékařská, psychologická a zejména rehabilitační. Léčebná rehabilitace probíhá s cílem o maximální obnovu postižených funkcí a využití zbylého svalového potenciálu.

Vytvořením náhradních mechanismů míří k dosažení co největší soběstačnosti ve spojení s odpovídající kvalitou života (Kříž, 2013).

Po dvou až třech měsících (ve 2. stadiu) je pacient přeložen na spinální rehabilitační jednotku, do Hamzovy odborné léčebny pro děti a dospělé, Rehabilitačního ústavu Hrabyně či Rehabilitačního ústavu Kladruby, kde intenzivní rehabilitace pokračuje po dobu 4–5 měsíců (Kříž, 2013).

Do domácího prostředí je pacient propuštěn vybaven příslušnými pomůckami. Následující terciální fáze je důležitá z hlediska zajištění co nejlepší kvality života s hendikepem. Ten by měl co nejméně limitovat pacienta ve společenských, pracovních a sportovních aktivitách. V tomto období hrají důležitou roli neziskové organizace zajišťující následnou sociální a pracovní rehabilitaci, poradenství, osobní asistenci aj. V ČR existují tři subjekty, které se věnují výhradně spinální problematice – Česká asociace paraplegiků, Centrum Paraple v Praze a Paracentrum Fenix v Brně. Následnou dlouhodobou preventivně-léčebnou péči zajišťuje pro každého pacienta praktický lékař, urolog, spádová spinální jednotka a řada dalších specialistů (Kříž, 2013).

Celková doba intenzivní neurorehabilitace se pohybuje v rozsahu 6–9 měsíců po úraze. Tento multidisciplinární přístup k pacientům s neurologickou symptomatologií se nejrůznějšími rehabilitačními metodami snaží oslovit centrální nervovou soustavu, využít její plasticity a ovlivnit tak její funkce (Kříž a Hlinková, 2016).

1.2.5 Klasifikace míšního poranění

S cílem vyvinout jednotný koncept vyšetření a zhodnocení neurologického stavu pacientů s míšní lézí byly v roce 1982 vytvořeny Americkou asociací spinálního poranění (American Spinal Injury Association – ASIA) Mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci míšního poranění (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury – ISNCSCI). V revizi z roku 2013 byl rozpracován, a k původnímu vyšetření přidán, koncept tzv. neklíčových svalů k preciznějšímu rozlišení mezi motoricky kompletní a motoricky nekompletní lézí – doporučeno pouze u senzitivně nekompletních pacientů (Kříž et al., 2014a). Neurologické vyšetření je nutné provést důkladně, slouží ke sledování vývoje stavu pacienta, hodnotí reziduální funkční kapacitu svalů a dopomáhá zvolit adekvátní a individuální léčebný rehabilitační postup. Hodnoty zanesené do jednotného formuláře by měly být součástí základní diagnózy pacienta (Kříž a Chvostová, 2009). Na základě vyšetření motorických

a senzitivních funkcí je hodnocena neurologická úroveň léze (Neurological Level of Injury – NLI) a její rozsah (ASIA Impairment Scale – AIS) (Kříž et al., 2014a). Vyšetření probíhá v následujícím sledu: vyšetření senzitivních funkcí v 28 dermatomech bilaterálně pro obě modalities čítí včetně dermatomu S4/5, určení senzitivní úrovně léze pro pravou i levou stranu, vyšetření motorických funkcí v 10 klíčových svalech bilaterálně včetně volní anální kontrakce, určení motorické úrovně léze pro pravou i levou stranu, určení neurologické úrovně a kompletnosti/nekompletnosti léze, stanovení stupně na AIS škále, určení zón částečného zachování funkce při kompletní lézi (Ho et al., 2007).

Dermatom a myotom

Dermatom je část kůže inervovaná senzitivními nervy jednoho míšního kořene. Obdobně pak myotom označuje skupinu svalových vláken inervovaných motorickými axony vycházejících z jednoho míšního kořene (Kirshblum et al., 2011).

Senzitivní úroveň

Pomocí tzv. klíčových bodů se stanoví senzitivní úroveň léze. V každém bodě, v 28 dermatomech na pravé i levé straně těla, jsou vyšetřeny 2 modalities čítí – lehký dotyk a diskriminační čítí (rozlišení ostrý x tupý předmět), označují se stupni 0, 1, 2, NT – netestovatelný. Nejnižší segment s plně zachovanou citlivostí (stupeň 2) pro obě modalities určuje senzitivní úroveň (Kirshblum et al., 2011; Kříž a Chvostová, 2009).

Motorická úroveň

Motorická úroveň se vyšetřuje pomocí tzv. klíčových svalů v 10 myotomech na pravé i levé straně těla – 5 svalů pro horní a 5 pro dolní končetiny. Vyšetření probíhá ve specifických polohách a svalům je přidělen stupeň svalové síly 0, 1, 2, 3, 4, 5, 5*, NT – netestovatelný. Motorická úroveň léze je poté stanovena dle nejnižšího míšního segmentu, v jehož myotomu je síla klíčového svalu nejméně na stupni 3, síla klíčového svalu v myotomu nad ním musí být na stupni 5. Segmenty C1–C4, Th2–L1, S2–S5 nemají přiřazené klíčové svaly, motorická úroveň se určuje dle hranice čítí (Kirshblum et al., 2011; Kříž a Chvostová, 2009).

Neurologická úroveň

Neurologická úroveň léze je stanovena jako nejnižší míšní segment s normální motorickou a senzitivní funkcí na obou stranách (Kříž a Chvostová, 2009).

Stanovení rozsahu a kompletnosti míšní léze

Pro stanovení rozsahu míšní léze, její kompletnost či nekompletnost, se používá škála AIS. AIS A je označení pro kompletní motorickou a senzitivní lézi, v segmentech S2–S4 musí být nulová motorická a senzitivní funkce. Pokud je v těchto segmentech zachována citlivost, ale motorická funkce ne, označuje se léze za motoricky nekompletní – AIS B. AIS C a AIS D označují nekompletní léze, kdy motorická funkce je zachována u více než $\frac{1}{2}$ klíčových svalů pod neurologickou úrovní, a to na stupni svalové síly méně než 3 (AIS C) či 3 a více (AIS D). Normální hybnost a citlivost ve všech segmentech se označuje za AIS E (Kříž a Chvostová, 2009). Pro určení kompletnosti léze je zásadní vyšetření volní anální kontrakce a hlubokého análního tlaku (Kříž et al., 2014a). Tato klasifikace nezahrnuje narušení autonomního nervového systému, což může přinášet určité nevýhody (West et al., 2012).

Zóna částečného zachování funkce

Jako zóny částečného zachování funkce jsou označovány u kompletních lézí ty segmenty (resp. myotomy a dermatomy) pod neurologickou úrovní léze, kde jsou zachovány nějaké motorické nebo senzitivní funkce (Kirshblum et al., 2011).

Vyšetření autonomního nervového systému

Součástí neurologického vyšetření by měl být podrobný popis zachované funkce autonomního nervového systému. Proto ASIA ve spolupráci s Mezinárodní míšní společností (ISCoS – International Spinal Cord Society) vytvořila Mezinárodní standardy dokumentující zachované autonomní funkce po míšním poranění – ISAFSCI (International Standards to document remaining Autonomic Function after Spinal Cord Injury) (Ondrušová a Nováková, 2014). Formulář ve 3 částech zahrnuje: vyšetření všeobecných autonomních funkcí, vyšetření močového traktu, střevních a sexuálních funkcí a urodynamické vyšetření (Alexander et al., 2009). Toto vyšetření poskytuje informace o autonomní dysfunkci, nezhodnotí však autonomní kompletnost míšní léze. Ta však v posuzování kardiovaskulárních funkcí, v závislosti na fázi po míšním poranění, hraje velmi významnou roli (West et al., 2013).

K dalším vyšetřovacím postupům u pacientů s míšní lézí lze zařadit vyšetření nezávislosti pacienta – speciální škála SCIM (Spinal Cord Independence Measure) hodnotí disabilitu a funkční vývoj pacienta. U pacientů se schopností chůze je vyšetření doplněno o tzv. chůzové testy – 10metrový chůzový test, 6minutový test, TUG test (Timed Up and Go) a WISCI II test (Walking Index For Spinal Cord Injury). Neurofyziologické vyšetření pomocí motorických a somatosenzorických evokovaných potenciálů či urologická vyšetření dopomáhají k ucelenému obrazu stavu pacienta (Kříž a Chvostová, 2009; Kříž a Faltýnková, 2012).

1.2.6 Komplikace

Jako následek tak devastujících změn v lidském organismu, které s sebou poranění míchy nese, se mohou rozvinout nejrůznější zdravotní komplikace. Ty se mohou vyskytnout jak bezprostředně po úraze, tak i v chronických stádiích, v každém případě výrazně ovlivňují kvalitu života pacienta (Kříž et al., 2014b). Neřešené komplikace, jako častá příčina mortality a morbidity, vedou k rostoucím případům rehospitalizace, ztrátě zaměstnání a snížení kvality života (Sezer et al., 2015).

Autonomní dysreflexie

Syndrom autonomní dysreflexie (AD) je závažná komplikace projevující se u více než poloviny pacientů s míšním poraněním nad šestým hrudním segmentem. Jedná se o masivní nevyváženou reflexní reakci sympatiku na dráždivý podnět pod úrovní míšní léze. Důsledkem je těžká vazokonstrikce pod úrovní léze způsobující paroxysmální hypertenzi, doprovází ji bradykardie (přes nervus vagus), pulzující bolest hlavy, vazodilatace, zarudnutí a pocení nad úrovní léze a úzkost. Hodnoty krevního tlaku mohou stoupnout až na hodnoty 250–300 mmHg systolického a kolem 200–220 mmHg diastolického tlaku. Avšak hodnoty klidového systolického tlaku se pohybují, kvůli porušené sympatické kontrole, kolem 90–110 mmHg. Příčinou podráždění jsou nejčastěji stimuly z urogenitálního systému (distenze močového měchýře, ucpání močového katétru), dále gastrointestinální potíže (distenze rekta), popáleniny, dekubity, fraktury aj. Nekontrolovaná hypertenze může vést až k život ohrožujícímu krvácení do mozku, krvácení do sítnice či ke kardiálním a respiračním obtížím. Při projevech AD je nutné neodkladně vyřešit příčinu podráždění a ortostaticky snížit krevní tlak rychlou vertikalizací (Kříž a Rejchrt, 2014).

Ortostatická hypotenze

Ortostatická hypotenze je klinický příznak definovaný jako trvalé snížení nejméně o 20mmHg systolického nebo o 10 mmHg diastolického krevního tlaku během 3 minut stání nebo po naklonění na 60 stupňů na vertikalizačním stole. Problém přichází, když ji doprovází nedostatečná mozková perfuze a objeví se synkopy. Ke vzniku ortostatické hypotenze přispívá dysfunkce sympatického nervového systému, změněná citlivost baroreflexu, ztráta svalové pumpy, kardiovaskulární dekondice, porucha homeostázy a cerebrovaskulární autoregulace (Ondrušová a Nováková, 2014).

Spasticita

Spasticita je popisována svalovým hypertonem, hyperreflexií, klonem a bolestivými svalovými spasmy. Objevuje se u asi 70% pacientů po míšním poranění. Pozitivní efekt spasticity lze v některých případech pozorovat při provádění funkčních aktivit, stojí či při přesunech (Sezer et al., 2015). Spasticitou velkých svalových skupin také dochází k zachování většího poměru aktivní tělesné hmoty k tukové tkáni, zlepší se glukózová homeostáza, inzulínová senzitivita, lipidový profil a hladina klidového metabolismu stoupá. Tento pozitivní efekt tonické aktivity svalů, spojované se spasticitou, v chronickém stadiu míšního poranění dokázali ve své studii Gorgey et al. (2010).

Respirační komplikace

Ovlivnění funkcí respiračního systému závisí na rozsahu a neurologické úrovni míšní léze. Se snižujícím se počtem aktivních inspiračních i expiračních svalů se snižují dechové parametry, proto jsou respiračními komplikacemi ohroženi především pacienti s krční a horní hrudní kompletní míšní lézí, u kterých respirační komplikace stále stojí na prvním místě v mortalitě a morbiditě v akutním i postakutním stadiu. Pacienti s míšní lézí nad úrovní C4 s porušenou funkcí všech dýchacích svalů, včetně bránice, nejsou schopni spontánní ventilace a potřebují ventilační podporu. S nižšími míšními lézemi vstupuje do funkce bránice, nízký nitrobřišní tlak vlivem ochrnutí břišních svalů se však podílí na jejím nízkém stavu. Snížena je schopnost nádechu, inspirační objem, vitální kapacita, usilovný výdechový objem (FEV1) i compliance hrudníku vlivem spasticity. Komplikacemi jsou tedy respirační insuficience, poruchy expektorace, riziko aspirace a bronchopneumonie. Na místě je proto včasná intenzivní respirační fyzioterapie (Kříž a Hlinková, 2014; Sezer et al., 2015).

Další komplikace

Mezi další komplikace po míšním poranění se řadí riziko hluboké žilní trombózy, urologické dysfunkce, poruchy gastrointestinálních funkcí, bolestivé stavy, riziku vzniku dekubitů a osteoporóza a s ní spojené riziko zlomenin (Sezer et al., 2015).

1.3 Důsledky narušení autonomních a senzomotorických funkcí nervového systému u osob s míšní lézí

S poraněním míchy se nevyhnutelně pojí narušení motorických a senzitivních funkcí nervového systému, které ovlivňuje téměř všechny stránky života spinálního pacienta. Kromě úplné či částečné ztráty hybnosti a cití, v určitém rozsahu dle úrovně míšní léze, se pojí také významná dysfunkce sympatického nervového systému (Kříž a Faltýnková, 2012). A to jako následek ztráty supraspinální kontroly sympatického nervového systému, především u osob s krční a vysokou hrudní lézí. Čím vyšší míšní léze, tím závažnější mohou být důsledky dysfunkce sympatiku pod místem léze (Teasell et al., 2000). Tím způsobená dysbalance mezi sympatickým a parasympatickým nervovým systémem s sebou nese řadu změn v chování organismu způsobených patologickými procesy na buněčné i biochemické úrovni (Kříž a Rejchrt, 2014; Ondrušová a Nováková, 2014). Toto narušení s sebou přináší abnormality v mnoha orgánových systémech včetně dysfunkce kardiovaskulárního a bronchopulmonárního systému, gastrointestinální poruchy, poruchy močení, poruchy sudomotorických a sexuálních funkcí, jako i rozvoj neurogenního a míšního šoku, poruchu termoregulace či abnormální odezvu na fyzickou zátěž (Alexander et al., 2009; Ondrušová a Nováková, 2014; Partida et al., 2016).

Z důvodů zaměření své diplomové práce na pohybovou aktivitu a měření srdeční frekvence v zátěži dále detailněji popíši důsledky narušení autonomního nervového systému na kardiovaskulární systém a metabolické změny.

1.3.1 Změny v kardiovaskulárním systému po míšním poranění

Kardiovaskulární regulace je za normálních okolností zajišťována souhrou funkcí sympatiku a parasympatiku, kdy sympatikus zvyšuje tlak krve a srdeční frekvenci, zatímco parasympatikus tyto hodnoty snižuje. Srdce je inervováno oběma systémy: sympatickým – cestou pregangliových vláken pro cévy horní poloviny těla

a srdce vycházejících z míšní úrovně T1–T4, a parasympatickým – vlákny nervus vagus. Většina periferních cév je ovlivňována pouze sympaticky (Partida et al., 2016).

Disociace mezi autonomními funkcemi a supraspinální kontrolou vedou k řadě kardiovaskulárních dysfunkcí, což je řadí mezi další důsledky poranění míchy. Vzhledem k anatomickému uložení pregangliových sympatických vláken je sympatická regulace pod úrovní léze výrazně narušena (Ondrušová a Nováková, 2014), a proto i rozsah narušení kardiovaskulárních funkcí přímo souvisí s neurologickou úrovní míšní léze (West et al., 2013). Nejvýraznější změny nastávají při lézi v úrovni T6 a výše, kdy jsou přerušeny pregangliové sympatické neurony a dochází tak ke ztrátě supraspinální kontroly srdce a cév. Regulace srdce a cév parasympatickým nervovým systémem je, vzhledem k jeho anatomickému uložení, po krčním míšním poranění neporušena. Na stabilizaci krevního tlaku se dále podílí baroreflex, jehož citlivost závisí na sympatovagální rovnováze organismu, která, jak již bylo uvedeno, je po míšním poranění narušena (Ondrušová a Nováková, 2014).

Tato narušená kardiovaskulární regulace bývá obvykle ireverzibilní a pacientům tak hrozí vyšší riziko výskytu ortostatické hypotenze, ischemické choroby srdeční a autonomní dysreflexie s rizikem vzniku život ohrožující cévní mozkové příhody (Ondrušová a Nováková, 2014). Zdravotní důsledky a komplikace míšní léze na kardiovaskulární systém zahrnují také poruchu termoregulace – při poranění míchy v oblasti krční a horní hrudní páteře dochází k poruše aference z kožních receptorů do hypotalamu, následuje neschopnost regulovat vazokonstrikci, vazodilataci a pocení, což vede k poruše termoregulace a stoupá riziko přehřátí při vyšší okolní teplotě. Zpomalení průtoku krve řečištěm, snížení vasomotorického tonu a absence svalové pumpy na plegických končetinách zvyšují riziko hluboké žilní trombózy. Nutná je dlouhodobá a důsledná profylaxe (Kříž a Faltýnková, 2012). Porušením sympatické regulace také u osob s míšní lézí nedochází, v závislosti na výšce míšní léze, k projevům anginy pectoris či dalších varovných příznaků nastupujícího kardiálního onemocnění (Schladen a Groah, 2014).

Hodnoty klidového systolického tlaku se pohybují, kvůli porušené sympatické kontrole, kolem 90–110 mmHg (Kříž a Rejchrt, 2014). V případě tetraplegiků se hodnoty srdeční frekvence pohybují se pod 60 tepy za minutu, po dobu nejméně jednoho dne, považují za stálou bradykardii (Partida et al., 2016).

Teasell a kolektiv (2000) ve své studii potvrdili výskyt následujících patofyziologických fenoménů pod úrovní míšní léze: ztrátu supraspinální regulační

kontroly, všeobecné snížení sympatické aktivity, morfologické změny v pregangliových sympatických neuronech a periferní alfa–adrenoreceptorové hyperreakce. To se pod místem léze projevuje nízkým klidovým tlakem krve, ortostatickou hypotenzí, ztrátou denního kolísání tlaku krve, reflexní bradykardií, výskytem autonomní dysreflexie a vzácně i srdeční zástavou, omezenou kardiovaskulární odpovědí na zátěž a změnami v kožní mikrocirkulaci krve (Teasell et al., 2000).

Závislost neurologické úrovně míšní léze na klidové hodnoty kardiovaskulárních funkcí (tlak krve a srdeční frekvence) ve své metaanalýze dokazuje West a kolektiv (2012). Porovnávány byly 4 skupiny pacientů dle výšky míšní léze: krční (C4–C8), horní hrudní (T1–T6), dolní hrudní a bederní (pod T6) míšní poranění a kontrolní skupina zdravých jedinců. Dokázáno bylo, že čím vyšší neurologická úroveň míšní léze, tím větší stupeň kardiovaskulární dysfunkce – nižší hodnoty tlaku krve i srdeční frekvence tetraplegiků v porovnání s ostatními skupinami. Dále bylo dokázáno, že klidové hodnoty krevního tlaku jsou, u osob s krčním poraněním míchy, nižší vsedě, než vleže na zádech (West et al., 2012). Obdobné výsledky uvádí Machač a kolektiv (2016), kteří ve své studii u tetraplegiků, v porovnání s kontrolní skupinou, potvrdili nižší klidové hodnoty srdeční frekvence, diastolického i systolického krevního tlaku, to vše jako důsledek poškození sympatického nervového systému.

Vztah mezi úrovní míšní léze a kardiovaskulárními funkcemi je patrný, zato vztah ke kompletnosti míšní léze není tak jasný. Tyto vztahy mezi kardiovaskulárními funkcemi a neurologickou i autonomní kompletností poranění popisuje West a kolektiv (2013). Pro akutní fázi míšního poranění není jasně dokázáno, zda klidové hodnoty srdeční frekvence a tlaku krve závisí na neurologické kompletnosti léze. V chronických stádiích se klidové hodnoty těchto parametrů u neurologicky kompletních i nekompletních lézí významně neliší. Roste také počet důkazů, že u autonomně nekompletních lézí jsou hodnoty tlaku krve a srdeční frekvence zvýšené, a to v klidu a při stavech ortostatické hypotenze. Zdá se, že významnější souvislost s kardiovaskulárními funkcemi, na základě současné literatury, má autonomní kompletnost léze než neurologická kompletnost léze v chronickém stadiu po míšním poranění. Proto je velmi důležité, a do budoucna do výzkumu i klinické praxe silně doporučované, při vyšetřování kardiovaskulárních funkcí v chronických stádiích zohlednit jak autonomní, tak neurologickou kompletnost míšní léze. Je pravděpodobné, že stupeň zachované autonomní kontroly bude více předvídat úroveň zbývajících kardiovaskulárních funkcí, čím víc stoupá úroveň léze kranálně (West et al., 2013).

1.3.2 Změny v metabolismu po míšním poranění

Porucha autonomních a senzomotorických funkcí, jako následek míšního poranění, ovlivňuje také lidský metabolismus a tělesná kompozice se proměňuje. Již během prvních šesti měsíců po úraze se mění poměr aktivní tělesné hmoty a tukové tkáně. Ztrátou aktivní tělesné hmoty je porušena utilizace glukózy a tuků a v postižených svalech se snižuje citlivost na inzulin, což vede k inzulinové rezistenci, hyperinzulinemii, poruše glukózové tolerance a následnému riziku rozvoje diabetu II. typu. Také lipidový profil se mění, a to směrem k vyššímu LDL cholesterolu a triglyceridům a k nižším hodnotám HDL cholesterolu. Snížené množství aktivní tělesné hmoty a častá porucha autonomního nervového systému, a tím způsobená nízká úroveň bazálního metabolismu, jsou společně s nízkou pohybovou aktivitou příčinami nižšího energetického výdeje a pozitivní energetické bilance. To s sebou nese nebezpečná rizika rozvoje obezity, metabolického syndromu (jímž je ohroženo až 55% osob s míšním poraněním), vzniku kardiovaskulárních onemocnění a následným snížením kvality života, zvýšením všeobecné zátěže pacienta i jeho okolí a eventuálně riziko smrti (Fisher et al., 2015; Gorgey et al., 2010; Kříž et al., 2014b).

Změny ve svalové tkáni zahrnují pokles aktivní tělesné hmoty (větší úbytek je zaznamenáván při kompletní míšní lézi) a zmnožení intramuskulární tukové a vazivové tkáně (Kříž et al., 2014b). Fisher a kolektiv (2015) udávají 30–60% úbytek objemu svalové hmoty během několika týdnů po míšním poranění. Nižší hodnoty tukuprosté hmoty u tetraplegiků, v porovnání se skupinou paraplegiků, změřili ve své studii také Heller s kolektivem (2013). Na množství zachované aktivní hmoty a zpomalení svalové atrofie má přímý vliv i spasticita, kdy spastické svaly bývají zpravidla větší, než chabě plegické svalstvo (Gorgey et al., 2010). Celkovým úbytkem množství svalových vláken, zmenšením velikosti mitochondrií, snížením mitochondriálních funkcí a redukcí enzymatické kapacity je snížena i oxidační kapacita kosterního svalstva. Změny v kosterním svalstvu jsou spojovány s poruchou utilizace glukózy a tuků (Kříž et al., 2014b).

Změny jsou pozorovány i v glukózovém metabolismu, což může v pozdějších stadiích vést až k rozvoji diabetu II. typu. Výrazná atrofie svalové hmoty snižuje možnost ukládání cukrů ve formě svalového glykogenu, snižuje se citlivost inzulinových receptorů v postižených svalech, což vede k inzulinové rezistenci. Glukóza, která nemůže být spotřebována na svalovou práci, je ve formě tuku ukládána

do tukové tkáně, ale i jako intramuskulární tuk – ten pak dále snižuje citlivost svalu na inzulín. Glukózová intolerance se projevuje u více než 70% pacientů s míšním poraněním. Ukládání glukózy do buňky je řízeno inzulínem, inzulínový transporter GLUT 4 je však aktivován také aktivním či pasivním pohybem, a to ovlivněním jak počtu, tak míry aktivity transporterů GLUT 4. Spasticita, udržováním většího množství aktivní tělesné hmoty, může ukládání glukózy podpořit, zlepšit inzulínovou senzitivitu a přispívat k udržení nižší glykemie (Gorgey et al., 2010; Kříž et al., 2014b).

Tělesné složení, periferní inzulínová rezistence, hladina katecholaminů, fyzická aktivita a výkonnost ovlivňují v těle metabolismus tuků. Změny těchto faktorů se po míšním poranění odráží v lipidovém profilu. V profilu klesá hladina HDL cholesterolu a stoupá hladina LDL cholesterolu (Kříž et al., 2014b). To ve své práci dokazují i Schladen a Groah (2014) porovnáním hladiny HDL cholesterolu u zdravých jedinců (49,6 mg/dL) a u osob s míšním poraněním (41,0 mg/dL). Tendenci k nižším hodnotám HDL cholesterolu mají pacienti s motoricky kompletní lézí a nízké hodnoty HDL cholesterolu přináší vyšší kardiovaskulární rizika. Změny v metabolismu lipidů mohou vysvětlovat vyšší výskyt kardiovaskulárních onemocnění u osob s míšní lézí tím, že se výrazně zvyšuje aterogenní riziko (Kříž et al., 2014b). Vlivem spasticity se lipidový profil lepší, objevují se nižší hladiny celkového cholesterolu, LDL cholesterolu i triglyceridů (Gorgey et al., 2010). Gorgey et al. (2010) i Khalil et al. (2013) jako další možnost zlepšení lipidového profilu (zvýšení HDL cholesterolu a snížení triglyceridů) uvádějí zvýšení pohybové aktivity.

Celkový energetický výdej, který je u pacientů po míšním poranění snížen, je tvořen bazálním (resp. klidovým metabolismem), termickým efektem stravy a fyzickou aktivitou. Bazálním metabolismem, který má na energetickém výdeji největší podíl, se rozumí množství energie, které je potřebné k udržení všech fyziologických dějů probíhajících v organismu, a to bez volní kontroly. Bazální metabolismus závisí na funkci autonomního nervového systému, který napomáhá k udržování tělesné teploty, regulaci srdeční činnosti a správné funkci gastrointestinálního traktu, ledvin a dýchání. Činnost autonomního nervového systému je u osob s míšním poraněním narušena, bazální metabolismus se snižuje. Na bazální metabolismus má také vliv hladina tyroideálních hormonů, která bývá u části pacientů snížena (Kříž et al., 2014b). Khalil et al. (2013) uvádí hodnoty bazálního metabolismu u paraplegiků mezi 1500 až 1700 kcal/den, u tetraplegiků je tato hodnota méně než 900 kcal/den. Údaje metabolické potřeby pro normální populaci jsou pro spinálního pacienta nadhodnoceny a můžou

u osob s míšním poraněním vést k nadměrnému kalorickému příjmu se všemi negativními následky (Khalil et al., 2013). U osob s míšní lézí nacházíme také nižší hodnoty klidového metabolismu (klidové metabolické nároky v kteroukoliv denní dobu), na čemž se podílejí dva hlavní mechanismy: snížení aktivní tělesné hmoty a změna aktivity sympatického nervového systému. Variabilita aktivní tělesné hmoty představuje největší část variability klidového energetického výdeje (70–80%), proto redukce u svalové hmoty u pacientů po poranění míchy, oproti zdravé populaci, vede k nižším hodnotám klidového metabolismu. Porušením sympatické inervace (a s tím spojenou nižší hladinou cirkulujících katecholaminů) nedochází během zátěže k odpovídajícímu zvýšení srdečního výdeje, krevního tlaku a srdeční frekvence, což vede k horší výkonnosti a nižšímu energetickému výdeji (Kříž et al., 2014b).

O možnostech ovlivnění energetického výdeje pohybovou aktivitou bude pojednáno níže.

1.3.3 Kardiovaskulární onemocnění a komplikace po míšním poranění

V poslední dekádě proběhly u osob po míšním poranění, s pokroky v akutní péči a léčbě sepse, renálního selhání a pneumonie, výrazné změny v rámci morbidit a mortality. Řada autorů uvádí kardiovaskulární komplikace jako hlavní příčinu úmrtí (Cragg et al., 2013; Myers et al., 2007; Schladen a Groah, 2014; Wong et al., 2013). V prvním roce po úraze jsou na prvním místě příčin smrti respirační komplikace, v pozdním stadiu jsou to kardiovaskulární choroby, shodně s běžnou populací, průměrná délka života osob po poranění míchy zůstává stále nižší (Kříž et al., 2014b). Schladen a Groah (2014) ve své práci uvádějí, u osob mladších než 45 let, čtyřnásobně vyšší riziko smrti z kardiovaskulární příčiny v porovnání s vrstevníky bez míšního poranění. Ohrožení zvýšeným rizikem kardiovaskulárního onemocnění umocňuje zvýšený výskyt rizikových faktorů, jež zahrnuje fyzickou inaktivitu, sedavý způsob života ztrátou motorických funkcí, obezitu, metabolický syndrom, dyslipidemii, chronické záněty či omezenou arteriální poddajnost. Dále pak projevy dysfunkce autonomní kardiovaskulární kontroly jako nepravidelnosti krevního tlaku a změn srdeční frekvence, arytmie a omezené odpovědi kardiovaskulárního systému na zátěž. To vše výrazněji než u normální populace (Cragg et al., 2013; Myers et al., 2007; Wong et al., 2013). Příkladem jednoho z významných rizikových faktorů může být výrazná labilita krevního tlaku, který se pohybuje v nízkých hodnotách během epizod

ortostatické hypotenze a extrémně vysokých hodnotách při autonomní dysreflexii. Tato tlaková nestabilita může vést k cévnímu poranění a následně také k většímu riziku arteriálního onemocnění (Cragg et al., 2013).

Důkladný screening, odhalení a následná léčba jakéhokoliv kardiovaskulárního onemocnění, včetně léčby rizikových faktorů, by měla být nezbytnou součástí multidisciplinární péče o osoby s míšním poraněním (Myers et al., 2007).

1.4 Pohybová aktivita u osob s míšní lézí

Kvalita života je provozováním pohybových aktivit či sportu výrazně ovlivňována. Osoby s míšní lézí jejich postižení v pohybových aktivitách do určité míry limituje, pohybové aktivity však přispívají k udržování i rozvoji funkcí organismu. U osob s míšní lézí se, mimo přímé důsledky míšní léze (ztráta somatických a autonomních funkcí nervového systému), udává v porovnání s běžnou populací asi pětkrát vyšší výskyt oběhových a metabolických poruch. Jedná se nejen o sedavý životní styl a sníženou kondici, ale také o zvýšený výskyt specifických problémů, vyplývajících z degenerativních procesů a svalové atrofie. Popisují se změny v tělesném složení – vzestup depotního tuku a pokles tukuprosté hmoty, snížení žilního návratu aj. (Heller et al., 2013).

Fyzická inaktivita a nuceně sedavý způsob života se podílí na rozvoji některých ohrožujících stavů (obezity, dyslipidemie, inzulinové rezistence, diabetu II. typu, aterosklerózy a zvýšeném riziku infarktu myokardu) a tím zvýšenou morbiditou z kardiovaskulárních příčin. Má však také, společně s možnými dechovými obtížemi, vliv na pokles fyzické zdatnosti, čímž se zhoršuje schopnost provádění běžných denních aktivit a kvalita života je tak velmi negativně ovlivněna. (Kříž a Hlinková, 2017; Machač et al., 2016).

1.4.1 Význam pohybové aktivity

Pohybová aktivita hraje v aktivním životě osob po míšním poranění nevyhnutelnou roli tím, že pomáhá snižovat následky chronických život ohrožujících zdravotních komplikací a prodlužuje délku života (Gorgey, 2014). Je řadou studií a prací popsáno a dokázáno, že zvýšená pohybová aktivita, v rámci pravidelného cvičebního programu, přináší protektivní a preventivní efekt proti rozvoji rizikových

faktorů metabolických i kardiovaskulárních onemocnění (metabolický syndrom, chronické záněty aj.), tyto faktory snižuje, dochází ke zlepšení kardiovaskulární zdatnosti a zvýšení tolerance fyzické zátěže (Bakkum et al., 2015; Gorgey, 2014; Tawashy et al., 2010; Wong et al., 2013).

I přes limitace stran omezené kardiální odpovědi a vytrvalostní kapacity, fyzická aktivita zlepšuje kardiovaskulární zdatnost a zvyšuje funkční nezávislost (Stevens a Morgan, 2015). Cvičení je důležitá komponenta uchování kardiovaskulárního a svalového zdraví (Fisher et al., 2015), nesmí být však opomenut ani příznivý vliv pohybové aktivity na celkovou psychickou pohodu (Goosey-Tolfrey a Price, 2010). To společně se znalostí limitací pohybových aktivit, edukací a motivací, nutričním poradenstvím a podporou rekreačních programů, zajišťuje v rámci interdisciplinárního přístupu aktivní životní styl (Gorgey, 2014).

Wong a kolektiv (2013) ve své studii potvrdili pozitivní vliv zátěže na poddajnost arterií. Vytrvalostně trénovaní jedinci s míšním poraněním mají vyšší poddajnost arterií, než jejich netrénovaní protějšci, což snižuje riziko výskytu aterosklerózy, potažmo jiného kardiovaskulárního onemocnění (Wong et al., 2013).

Pozitivní vliv aerobního tréninku, a důležitost jeho včasného zahájení, na kardiovaskulární zdraví dokázali ve své studii i Tawashy a kolektiv (2010). Pacient, muž, 22 let, s kompletní míšní lézí v úrovni C5 12 týdnů po úraze, se zúčastnil dvouměsíčního programu, který byl zaměřen ke zlepšení aerobní kapacity a minimalizaci svalového poškození. Během 18 cvičebních jednotek došlo ke zvýšení pacientovy zátěžové tolerance, ve smyslu trvání a intenzity zátěže, zvýšila se spotřeba kyslíku (o 20%) a ortostatická tolerance. Ve studii se také potvrdilo omezení schopnosti zvýšit srdeční frekvenci na hodnoty pro zdravou populaci – v tomto případě byla vrcholová srdeční frekvence 117 tepů za minutu (Tawashy et al., 2010).

Bakkum et al. (2015) popisují pozitivní efekt pohybové aktivity na rizikové komponenty vzniku metabolického syndromu. Ve své studii porovnávali dva odlišné trenažéry, dvakrát týdně po 16 týdnů probíhal trénink buď na ručním ergometru (10 osob) či na hybridním ručním ergometru (9 osob) – kombinace ručního ergometru a FES dolních končetin. Došlo k výraznému ovlivnění jednotlivých rizikových komponent. U všech zúčastněných se snížil obvod pasu, tlak krve, inzulinová rezistence, hladiny zánětlivých faktorů (CRP, IL-6) a procenta viscerálního tuku. Pozitivní efekt tréninku byl však na obou strojích obdobný (Bakkum et al., 2015).

1.4.2 Vliv zátěže na kardiovaskulární systém osob s míšní lézí

Reakce na fyzickou aktivitu se u osob po míšním poranění a normální populace liší. Zátěž nemá na obě skupiny stejný vliv a objevuje se proto řada rozdílů.

Za normálních okolností během fyzické aktivity, aktivací sympatiku a potlačením aktivity parasympatického nervus vagus, srdeční frekvence a spotřeba kyslíku stoupají. Naopak u osob s míšní lézí, porucha sestupných neurálních drah vede k hypoaktivitě sympatiku a neomezené parasympatické aktivitě, což vede při zátěži ke snížení srdeční adaptability (Stevens a Morgan, 2015).

U normální populace je systolický objem klíčový v adaptaci na vytrvalostní trénink a s tréninkem stoupá, což umožní vyšší přísun okysličené krve pracujícím svalům. Srdeční výdej stoupá s vytrvalostním tréninkem také. Maximální hodnoty systolického objemu a srdečního výdeje jsou u osob s míšním poraněním, v porovnání se zdravou populací, snižené (Goosey-Tolfrey a Price, 2010). Tyto změny mohou vést až k srdeční atrofii (Myers et al., 2007). Systolický objem je snížen z důvodu ztráty sympatické aktivity pod úrovní léze, což neumožňuje tak efektivní návrat krve z nepracujících svalů. S každým srdečním stahem se do srdce může vrátit menší objem krve. Tím dochází, v kombinaci se snížením maximální srdeční frekvence, ke snížení srdečního výdeje (Goosey-Tolfrey a Price, 2010).

Při fyzické aktivitě (u zdravé populace) zajišťuje sympatický nervový systém kompenzaci kardiovaskulárního a tepelného stresu vyvolaného aerobní či anaerobní aktivitou. Srdeční výdej je u zdravých jedinců udržován tím, že sympatikus svou vazokonstrikční odpovědí zvýší žilní návrat a end-diastolický komorový objem, zatímco srdeční frekvence a srdeční kontraktilita stoupá. Tyto mechanismy u osob s vysokou míšní lézí, a tím sníženou aktivitou sympatiku, nemohou fungovat, avšak částečná tachykardická odpověď se vlivem snížené aktivity parasympatického nervus vagus projeví (Teasell et al., 2000).

Také redistribuce krve do aktivních svalů během zátěže je u osob s míšním poraněním, na rozdíl od normální populace, výrazně narušena. Společně s absencí střídavé kontrakce a relaxace pracujících svalů a neefektivní venokonstrikce, žilní návrat je neefektivní, srdeční výdej je oslaben (Myers et al., 2007) a celková schopnost transportovat kyslík k pracujícím svalům je výrazně narušena (Tawashy et al., 2010). Krev má tendenci shromažďovat se v dolních končetinách. Kompenzační zvýšení srdeční frekvence v klidu a během zátěže zkouší zvýšit srdeční výdej za současného

omezení komorového objemu. Proto ruční ergometrie často končí hypotenzí, protože metabolické nároky zátěže neodpovídají normálním změnám v periferní cévní rezistenci (Myers et al., 2007).

Tetraplegici jsou při zátěži limitováni také ventilací. Ochmutí interkostálního a břišního svalstva, snížená plicní compliance, snížená brániční exkurze a oslabená chemoreceptorová stimulace vedou k omezení nádechových a výdechových tlaků (Myers et al., 2007).

Během zvyšující se aerobní zátěže u normální populace stoupá s intenzitou zátěže spotřeba kyslíku do maximálních hodnot, kdy při dalším zvyšování zátěže již ke zvyšování spotřeby kyslíku nedochází – nastává plató na maximální spotřebě kyslíku (VO_{2max}). Během cvičení horní poloviny těla tohoto plató není dosaženo tak často, dříve nastoupí únava lokální, než centrální, a hodnoty spotřeby kyslíku se označují VO_{2peak} , což ale stále znamená maximální vynaložené úsilí. Hodnoty VO_{2peak} jsou určovány mnoha faktory: množstvím svalů, které lze využít, maximálním srdečním výdejem a množstvím využitelného kyslíku. Tyto funkce jsou, jak již bylo řečeno, u osob s míšním poraněním narušené (Goosey-Tolfrey a Price, 2010).

Heller a kolektiv (2013) ve své studii porovnávali rozdíly ve funkčních ukazatelích u jedinců rozdělených dle výšky míšní léze na tetraplegiky C5–C8, paraplegiky T1–T10 a paraplegiky T11–S5. Byla měřena úroveň aerobní kapacity pomocí stupňovaného maximálního testu synchronní práce horních končetin na klikovém ergometru. Skupina tetraplegiků vykazovala výrazně nižší hodnoty řady kardiorespiračních ukazatelů (nižší hodnoty klidového systolického i diastolického tlaku, vrcholové srdeční frekvence aj.), než paraplegici a výsledky tohoto šetření potvrzují předpoklad významné závislosti funkční kapacity na výši míšní léze. Pro potřeby své práce zde uvádím hodnoty vrcholové srdeční frekvence (SF_{peak}) ze zmiňované studie – skupina tetraplegiků C5–C8 (16 mužů): SF_{peak} 126 ± 23 tepů za minutu (bpm), skupina paraplegiků T1–T10 (15 mužů): SF_{peak} 181 ± 10 bpm, skupina paraplegiků T11–S5 (25 mužů): SF_{peak} 182 ± 12 bpm. Tato studie také prokázala, že individuální ekonomika aerobní práce není výškou míšní léze ovlivněna, hodnoty ventilačního anaerobního prahu u paraplegiků souvisí s výškou míšní léze pouze v absolutním, nikoli relativním vyjádření (v % maxima). Významnější závislost funkční kapacity na výšce míšní léze se přisuzuje postižením nad úrovní segmentů T3, rozhodujícím faktorem funkční kapacity pod úrovní T6 se zdá být pohybový režim,

čímž se dokazuje značná možnost ovlivnění kardiorespirační zdatnosti sportovní aktivitou (Heller et al., 2013).

Změny v srdeční frekvenci (SF) a spotřebě kyslíku (VO_2) v klidu a při zátěži zkoumali, u tetraplegiků (léze nad C7) a tří skupin paraplegiků (úrovně léze T1–T4, T5–T10, a léze pod T11), ve své studii také Schmid s kolektivem (1998). Měření probíhalo stupňovaným zátěžovým testem na ručním ergometru. Z důvodů porušení sympatických drah vykazovali tetraplegici nižší klidovou aktivitu periferního sympatického nervového systému a zanedbatelnou stimulaci během maximální zátěže. To vedlo k nižším hodnotám volného plasmatického adrenalinu a noradrenalinu v klidu a jen mírnému zvýšení během zátěže, a to ve srovnání s ostatními skupinami, kde došlo při zátěži k exponenciálnímu nárůstu těchto hodnot. Nižší bazální aktivita postgangliových sympatických neuronů a dřeně nadledvin a převaha parasympatické vagové aktivity měla vliv, u skupiny tetraplegiků, také na omezení nárůstu srdeční frekvence a maximální spotřebu kyslíku. To značí o nižším metabolismu. Uvedu zde opět pouze hodnoty klidové (SF_{klid}) a maximální srdeční frekvence (SF_{max}) v tepech za minutu (bpm) – skupina tetraplegiků (nad C7): SF_{klid} $67,7 \pm 11,6$ bpm, SF_{max} $110,2 \pm 16,7$ bpm; skupina paraplegiků (T1–T4): SF_{klid} $73,4 \pm 12,0$ bpm, SF_{max} $172,1 \pm 12,6$ bpm; skupina paraplegiků (T5–T10): SF_{klid} $79,1 \pm 18,8$ bpm, SF_{max} $181,7 \pm 19,1$ bpm; skupina paraplegiků (pod T11): SF_{klid} $76,3 \pm 14,6$ bpm, SF_{max} $176,2 \pm 18,7$ bpm (Schmid et al., 1998).

Problematikou odpovědi kardiovaskulárního systému na maximální zátěž se ve své studii zabývali také Machač a kolektiv (2016). Ve svém výzkumu byly na ručním ergometru při stupňovaném zátěžovém testu měřeny tyto ukazatele: tlak krve (TK) minutu po maximálním výkonu, vrcholová srdeční frekvence (SF_{peak}) a vrcholová spotřeba kyslíku (VO_{2peak}). Do studie bylo zařazeno 20 mužů po míšním poranění (tetraplegici) a 27 zdravých mužů, jako kontrolní skupina. Všichni ze skupiny tetraplegiků měli míšní lézi v úrovni C5–C7, což umožnilo hodnotit efekt omezené autonomní aktivity na kardiovaskulární systém. Cílem bylo popsát rozdíly ve vrcholové srdeční frekvenci (SF_{peak}) a vrcholové spotřebě kyslíku (VO_{2peak}) u obou skupin a zjistit, zda na tyto ukazatele má vliv kompletnost respektive nekompletnost míšní léze. U kontrolní skupiny došlo po zátěži ke zvýšení systolického krevního tlaku, u skupiny tetraplegiků, jako odpověď na zátěž, ke zvýšení krevního tlaku nedošlo. U dalších ukazatelů se projevilo následující: VO_{2peak} u tetraplegiků dosáhlo 59% kontrolní skupiny, hodnoty SF_{peak} u tetraplegiků dosáhly 73% kontrolní skupiny. Pro potřeby své

práce zde opět uvádím výsledky hodnot klidové (SF_{klid}) a vrcholové srdeční frekvence (SF_{peak}) v tepech za minutu (bpm) – skupina tetraplegiků (20 mužů): SF_{klid} $55,1 \pm 9,2$ bpm vleže, SF_{klid} $59,9 \pm 9,9$ bpm vsedě, SF_{peak} $112,4 \pm 13,6$ bpm; skupina zdravých (27 mužů): SF_{klid} $62,0 \pm 8,6$ bpm vleže, SF_{klid} $64,7 \pm 9,1$ bpm vsedě, SF_{peak} $154,1 \pm 14,5$ bpm. Co se hlediska vlivu completeness míšní léze na kardiovaskulární funkce týká, nebyly změřeny významné rozdíly v klidových i zátěžových hodnotách (porovnání tetraplegiků s rozsahem léze AIS A a AIS B). Completeness léze, vyjádřená na AIS škále, nekorresponduje s kardiovaskulárními funkcemi (potažmo dysfunkcemi) kontrolovaných autonomním nervovým systémem (Machač et al., 2016).

1.4.3 Srdeční frekvence

U zdravé populace je adaptace srdeční frekvence (SF) a spotřeby kyslíku (VO_2) během pohybové aktivity řízena centrálním nervovým systémem, autonomním nervovým systémem (snížením vagového tonu a aktivací sympatiku), hormonálními vlivy a lokálními mechanismy. Při stupňovaném zátěžovém testu, stimulací periferního sympatiku, stoupá hladina volného plazmatického adrenalinu a noradrenalinu, což ovlivňuje srdeční frekvenci, tepový objem, tlak krve, glykogenolýzu, lipolýzu a glykolýzu. U osob s míšním poraněním toto ne vždy platí, kardiovaskulární, pulmonální a metabolické změny v klidu a během zátěže závisí na stupni centrální denervace pregangliových sympatických neuronů (Schmid et al., 1998).

Během pohybové aktivity srdeční frekvence vlivem snižující se aktivity nervus vagus a rostoucí aktivity sympatiku stoupá. Hodnotu maximální srdeční frekvence (v tepech za minutu), na kterou je normální populace schopna svou srdeční frekvenci zvýšit, lze vypočítat podle vzorečku 220 mínus věk, pro cvičení horními končetinami je tato hodnota nižší (200 mínus věk) (Goosey-Tolfrey a Price, 2010).

Sympatická inervace srdce a většiny cév pro horní končetiny vychází ze segmentů T1–T5, pro cévy splanchniku a dolních končetin ze segmentů T6–L2 (Kříž a Rejchrt, 2014). Machač a kolektiv (2016) uvádí úroveň T1–T6 a T5–L2. Parasympatickou inervaci srdce zajišťuje nervus vagus. Informace o vlivu sympatického a parasympatického působení na srdce nám poskytuje analýza variability srdeční frekvence (Wang et al., 2000). U osob po poranění míchy nad úrovní T6 (respektive T1) nedochází k odpovídající sympatické odpovědi a ke zvýšení srdeční frekvence a krevního tlaku během zátěže, což vede k horším výkonům a vyčerpání. Ztrátou

sympatické kardiální inervace závisí zvyšování srdeční frekvence pouze na parasymptiku a katecholaminech, proto nelze dosáhnout vyšší maximální srdeční frekvence než 110–130 tepů za minutu (Kříž a Rejchrt, 2014; Theisen, 2012). Meyers a kolektiv (2007) udávají hodnoty kolem 120–125 tepů za minutu. Nižší předpokládané maximální hodnoty srdeční frekvence pozorujeme do úrovně léze T6, kaudálnější léze by měly na zátěž odpovídat normálně (Theisen, 2012). Míra narušení sympatické aktivity a její vliv na srdeční frekvenci závisí tedy na úrovni a kompletnosti míšní léze. Předpokládá se, že parasympatická inervace srdce je v těchto případech neporušena, jelikož vlákna vedou z jader v mozgovém kmeni (Wang et al., 2000). U tetraplegiků proto nemůžeme srdeční frekvenci pokládat za nejlepší indikátor intenzity tréninku a lze předpokládat i sníženou pracovní kapacitu (Goosey-Tolfrey a Price, 2010).

Při poranění nad úrovní léze T6 jsou snížena srdeční frekvence a minutový výdej dále zhoršeny změnou odpovědi katecholaminů na zátěž a ztrátou svalové venózní pumpy na dolních končetinách. Někteří atleti se snaží tyto fyziologické limitace kompenzovat úmyslným navozením AD působením bolesti či diskomfortu pod úrovní míšního poranění – zaštipnutím močového katétru, přetočením či sezením na skrotu aj. Tato indukce AD – boosting – působí zvýšení krevního tlaku, zvýšení vrcholu srdeční frekvence a maximálního objemu O₂, zlepšení prokrvení pracujících svalů a zlepšení výkonu. Boosting přináší riziko rozvoje závažných komplikací a je paralympijským výborem z bezpečnostních důvodů zakázán (Kříž a Rejchrt, 2014).

Poruchami sympatikotonie u lézí vyšších než T4 dochází k výraznému snížení pracovní i maximální srdeční frekvence a snížení minutového srdečního výdeje, vzniklá autonomní dysregulace může následně představovat riziko vzniku hypertenze (Heller et al., 2013). Poškození sympatického nervového systému u osob s poraněním v oblasti krční páteře se během aktivity projeví omezenou chronotropní a ionotropní funkcí srdce a omezením nárůstu srdeční frekvence a maximální spotřeby kyslíku (VO₂), což bylo v několika studiích potvrzeno (Machač et al., 2016; Schmid et al., 1998).

Jak ve své studii dokázali Hayes a kolektiv (2005), srdeční frekvence může být použita také jako hrubý předpoklad energetického výdeje během aktivit denního života (ADL) vysoké intenzity, pokud je zajištěn individuální přepočtení srdeční frekvence dle hodnot získaných z testování maximální zátěže. Samotná srdeční frekvence při provádění ADL, bez individuálního přepočtu, není pro určení energetického výdeje průkazná (Hayes et al., 2005).

1.4.4 Sed, posturální stabilita

Stran důležitosti zajištění správné postury a sedu při provádění pohybových aktivit, a z hlediska možností se na tomto zajišťování podílet (dle pohybových možností osob s odlišnými úrovněmi míšní léze), uvádím v následující části práce informace o sedu a posturální stabilitě.

Pro zajištění stabilní postury je nezbytná koordinovaná aktivita trupových svalů, jež mají svou funkci po poranění míchy v různém rozsahu narušenou. Termín ‚postura‘ vyjadřuje aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil a na její stabilizaci se kromě zádočných, břišních a svalů pánevního dna podílí i bránice. Ztráta síly trupových svalů (v různém rozsahu dle výšky léze) vede během vertikalizace ke zvýšeným posturálním nárokům na bránici, jejíž inervace zůstává většinou neporušena. Při vertikalizaci tetraplegických pacientů toto nadměrné zatěžování bránice její posturální funkcí znamená přechodné zhoršení její respirační funkce (Kříž a Hlinková, 2016).

Porušená stabilita trupu se projeví při provádění jakéhokoliv pohybu končetin. Ke stabilizaci úponů svalů provádějících pohyb je nutná tzv. posturální stabilizace. Při držení statické polohy i v průběhu pohybu hovoříme o zajištění tzv. puncta fixa pro pracující svaly. Aktivní proces vytvoření puncta fixa, který lze v průběhu pohybu řídit, nazýváme posturální reaktibilitou. Tetraplegický i paraplegický pacient má v důsledku nedostupných efektorů a nedostatečné aferentace do CNS omezené možnosti nastavení postury a automatického řízení držení těla (Kříž a Hlinková, 2016).

V důsledku ochrnutí trupového svalstva je u jedinců s tetraplegií a vysokou paraplegií také přítomna porucha napřímění páteře. Trup je ve vertikále pasivní a vyžaduje zevní oporu či oporu o horní končetiny. Aktivní napřímění je porušeno nejen v oblasti hrudní a bederní páteře, ale také v cerviko-torakálním přechodu. Napřímění v této oblasti přímo souvisí se schopností stabilizace lopatky. Ta, pokud je koordinovanou svalovou aktivitou fixována k hrudníku, poskytuje pevnou oporu pro tah svalů. Tím umožňuje pohyb směrem do napřímění cerviko-torakálního přechodu a celé krční páteře. Aktivní oporou o horní končetiny mohou tetraplegici dosáhnout dočasné fixace lopatky, což lze využít ke vzpřímenému držení horní části trupu a krční páteře. U paraplegiků určuje kvalitu napřímění páteře kvalita souhry svalů trupu a ramenního pletence. Pokud motorický deficit ovlivňuje schopnost aktivního držení těla, pak je nastavení takové postury, která nepřetěžuje aktivní segmenty a zároveň umožňuje pacientovi kvalitní provedení pohybu, velice důležité. Posturální stabilitu je nutné

zajistit kvalitním a vhodným umístěním zevní opory (nastavení sedu ve vozíku, opora o horní končetiny aj.), která umožní odpovídající vertikalizaci a zlepší schopnost pohybu volných segmentů těla (Kříž a Hlinková, 2016).

Úroveň postižení posturálních funkcí závisí na rozsahu neurologického deficitu. U tetraplegického pacienta je stabilita vsedě vázána na oporu o horní končetiny a kvalita postury je proto spojena s kvalitou opory. Typické je držení v kyfóze v hrudní a bederní páteři, předsun hlavy a neschopnost aktivního napřímění cerviko-torakálního přechodu. Sed ve vozíku je stabilnější, trupu je poskytnuta zevní opora, přesto je stabilita zvyšována pasivním nastavením pánve do retroverze a přesunutím zatížení ze sedacích hrbolů více na sakrum. Postura vsedě u paraplegického pacienta je stabilnější, schopnost manipulace horními končetinami a pohybu trupu závisí na neurologické výšce léze. Pacienti s vysokou paraplegií (např. T2) se vsedě podobají spíše tetraplegikům, jsou méně stabilní, držení je spíše pasivní a schopnost manipulace bez opory je omezená. Pacienti s nízkou úrovní léze (např. L2) jsou schopni vsedě napřímít trup, manipulovat horními končetinami bez opory a pánev mají zatíženou v oblasti sedacích hrbolů. V držení těla má také svou roli zachování povrchového i hlubokého čítí. U osob s krční a horní hrudní míšní lézí narušuje schopnost vertikalizace, kromě omezené svalové síly v oblasti trupu, i porušení sympatické kontroly srdeční aktivity a tonu cévní stěny. Klinickými důsledky jsou arteriální hypotenze a bradykardie (Kříž a Hlinková, 2016).

Zajištění a nastavení správné postury sedu by mělo předcházet jakémukoli pohybové aktivitě. Výchozí pozice, nastavení pozice ramen (do deprese a retrakce), zasunutí brady a narovnání se, by měla být posturálně kontrolována a udržována po celou dobu pohybové aktivity (Allford a Mitchel-Norfolk, 2010).

1.4.5 Možnosti ovlivnění energetického výdeje pohybovou aktivitou

Jak již bylo zmiňováno, snížená pohybová aktivita a nízký bazální metabolismus mohou zapříčinit rozvoj obezity, diabetu II. typu a kardiovaskulárních onemocnění. U osob s míšním poraněním je tedy třeba nastavit dlouhodobou strukturovanou aktivitu, která bude přínosná k ovlivnění energetické bilance, udržení fyzické kondice, zlepšení soběstačnosti a kvality života. Nevýhodou je pokles množství svalů, které lze do pohybové aktivity zapojit – svaly horních končetin nemohou vykonávat práci v takovém rozsahu, jako svalstvo dolních končetin, a proto i únava nastupuje dříve. Funkce kardiovaskulárního aparátu je navíc ovlivněna ztrátou svalové pumpy na

dolních končetinách, u vyšších míšních lézí také ztrátou sympatické regulace (Kříž a Hlinková, 2017).

Denní energetický výdej zahrnuje klidový metabolismus (65%), termický efekt stravy (5–10%) a fyzickou aktivitu (25–30%). Hodnoty energetického výdeje jsou po míšním poranění výrazně redukovány, a to z důvodu sníženého množství aktivní tělesné hmoty a porušení sympatické aktivity. Fyzickou aktivitou se rozumí aktivní pohyb prováděný svalovými skupinami bez porušené inervace nad úrovní míšní léze, jako alternativu lze využít funkční elektrostimulaci (FES) velkých svalových skupin dolních končetin (Kříž a Hlinková, 2017). Trénink horních končetin a horní poloviny těla může být účinným nástrojem pro omezení výskytu kardiorespiračních a metabolických onemocnění, avšak individuální rozdíly v kardiorespirační zdatnosti u osob s míšní lézí jsou značné (Heller et al., 2013).

1.4.6 Faktory limitující pohybovou aktivitu

Fyzická aktivita u osob s míšním poraněním je omezená pouze na horní končetiny (respektive na horní polovinu těla) a je zřejmé, že jejich aktivita nemůže zajistit takovou úroveň fyzické zdatnosti, jaká by mohla být dosažena při cvičení dolními končetinami (Kříž a Hlinková, 2017). Jednoznačnými limity jsou: malé množství funkční svalové hmoty, inaktivní svalová pumpa na dolních končetinách a nedostatečná kardiovaskulární odpověď na zátěž (Bakkum et al., 2015).

Nejvýznamnějším limitujícím faktorem pohybové aktivity je plegie kosterních svalů pod úrovní míšní léze. Snižuje se množství aktivované svalové hmoty, klesá spotřeba energetických substrátů a kyslíku ve svalech, dochází k časně svalové únavě. Plegií svalů na dolních končetinách dochází ke ztrátě fyziologické svalové krevní pumpy, dochází k hromadění krve v dolních končetinách, což se podílí na neefektivní cirkulaci krve ve splachnické oblasti, nízkém cirkulujícím objemu krve, neschopnosti zvýšení tlaku krve při zátěži a sníženému srdečnímu výdeji (Kříž a Hlinková, 2017; Machač et al., 2016).

Dalším faktorem je ztráta sympatické regulace cév, srdce a dřeně nadledvin. Během zátěže dochází k limitovanému uvolnění katecholaminů a k neschopnosti zvýšit cirkulující objem krve a krevní tlak. Snížen je žilní návrat, srdeční objem a srdeční výdej, deficit není kompenzován ionotropní a chronotropní reakcí a odpověď na fyzickou zátěž je zhoršena (Kříž a Hlinková, 2017).

Dle úrovně poranění se liší různé kardiovaskulární, plicní i metabolické adaptace v klidu i v zátěži. Tetraplegici mají během zátěže limitovaný vzestup srdečního výdeje a sníženou vrcholovou spotřebu kyslíku (VO_{2peak}), u paraplegiků je sympatická inervace srdce částečně zachována, poškozená je však inervace dřeně nadledvin. Decentralizace oběhu, poškozením inervace svaloviny cév na dolní polovině těla, vede k limitované srdeční aktivitě a VO_{2peak} , a to proti paraplegikům s nižší úrovní léze a zdravé populaci (Schmid et al., 1998).

Limitujícím faktorem pohybové aktivity je také, především u stárnoucí populace s míšní lézí, chronické přetěžování a rozvoj degenerativních změn kloubů horních končetin. Ohroženy jsou především ramenní klouby (dysfunkce rotátorové manžety, impingement syndrom) a vznikající bolestivé stavy prohlubují fyzickou dekonduci. Vybudování správných pohybových stereotypů a úprava svalových dysbalancí je úkolem dlouhodobé práce zkušeného fyzioterapeuta (Kříž a Hlinková, 2017).

1.4.7 Doporučení pohybových aktivit osob po míšním poranění

Aktivní životní styl, jako významná prevence sekundárních komplikací, by měl zahrnovat pravidelnou strukturovanou fyzickou aktivitu nad rámec běžných denních činností (Kříž a Hlinková, 2017). Intenzita fyzického vypětí, při provozování ADL, je pro zachování kardiovaskulární zdatnosti nedostatečná (Hayes et al., 2005). V roce 2017 byly publikovány nové směrnice pohybových aktivit. Oproti starším doporučením, která se zaměřovala na dosažení kondice, nové směrnice se zaměřují na benefity kardiometabolického zdraví (Martin Ginis et al., 2018).

Jako vhodná se zdá být kombinace vytrvalostního a odporového tréninku. Vytrvalostní trénink, opakované cvičení nízké intenzity velkých svalových skupin v delších časových úsecích, zlepšuje kardiovaskulární funkce. Odporový trénink, vysoká intenzita provádění a nízké opakování, zvyšuje svalovou sílu a napomáhá k nárůstu svalové hmoty. Jako součást tréninku lze pro aktivní zapojení velkých svalových skupin dolních končetin využít i neuromuskulární respektive funkční elektrickou stimulaci (NMES, FES) (Kříž a Hlinková, 2017).

Na následných doporučeních se shodují autoři mnoha prací: Hicks et al. (2011), Gorgey (2014), Fisher et al. (2015), Štěpánová a Kudláček (2015).

Pro dosažení dobré kardiopulmonální zdatnosti a svalové síly by dospělé osoby s míšním poraněním měly provádět nejméně 20 minut aerobního cvičení o střední

až vysoké intenzitě dvakrát týdně a zároveň se věnovat posilovacímu cvičení, skládajícího se ze 3 setů po 8–10 opakováních každého cviku pro všechny hlavní svalové skupiny, a to také dvakrát týdně. Pro dosažení výhod kardiometabolického zdraví by se mělo provádění aerobní aktivity střední až vysoké intenzity zvýšit na 30 minut, a to třikrát týdně (Martin Ginis et al., 2018, SCI Action Canada, 2011). Aerobní aktivitu může představovat jízda na vozíku, na handbiku, různé sporty, cvičení ve vodě, to vše je však nutné individuálně přizpůsobit střední až vysoké intenzitě (SCI Action Canada, 2011). Hicks (2011) udává pro střední intenzitu aerobní zátěže tyto hodnoty: 60–80% maximální srdeční frekvence, nebo 60–65% VO_{2max} . Pro posilovací cvičení lze využít závaží, elastické gumy či posilovací stroje (SCI Action Canada, 2011), ke zvyšování svalové síly doporučuje Hicks a kolektiv (2011) silový trénink o intenzitě 70–80% 1RM (one repetition maximum). Alternativou posilovacího cvičení může být neuromuskulární elektrická stimulace – NMES, respektive funkční elektrická stimulace – FES. Elektrickou stimulaci m. quadriceps femoris ve své studii zkoumali Bickel et al. (2015) a potvrdili, že již 40 kontrakcí dvakrát týdně po 3 měsíce stačí ke značnému nárůstu objemu svalové hmoty (až o 39%).

Bylo dokázáno, že aerobní zátěž, prováděná 2–3krát týdně střední až vysokou intenzitou, zvyšuje fyzickou zátěžovou kapacitu a svalovou sílu. Výrazněji jsou tyto zdravotní benefity průkazné u osob, které jsou po míšním poranění již delší dobu, než u akutních případů. Důkazy pozitivního efektu cvičení na složení těla a funkční kapacitu však tak průkazné nejsou (Hicks et al., 2011).

Pravidelná pohybová aktivita by měla být v rámci zdravého a aktivního životního stylu vždy ve spojení se současnou úpravou energetického příjmu a skladby stravy (Kříž a Hlinková, 2017). Je nutné snížit denní příjem tak, aby odpovídal nižšímu dennímu energetickému výdeji. Množstvím a složením stravy lze kromě energetické bilance ovlivnit také střevní pasáž, která bývá u osob po míšním poranění výrazně zpomalená. Poruchy gastrointestinálního traktu, jako například porucha vyprazdňování jako projev neurogenního střeva, chronická obstipace či hemoroidy, lze částečně ovlivnit vhodnou skladbou stravy. Nastavení rovnovážné energetické bilance, úprava skladby stravy a edukace pacientů i jejich blízkých je pro pochopení rizik kardiovaskulárních onemocnění a diabetu II. typu velmi důležitá. To vše by mělo proběhnout již v postakutní fázi míšního poranění (Hlinková et al., 2017). Osoby s míšním poraněním by měly v rámci zdravého životního stylu přijímat komplexní

sacharidy, zvýšit příjem ovoce a zeleniny ke zvýšení příjmu vlákniny, vitamínů a minerálů, zvýšit příjem bílkovin, snížit celkový příjem tuků a dodržovat dostatečný pitný režim (Khalil et al., 2013).

1.4.8 Funkční východiska zapojených svalových skupin dle trenážeru

Pro potřeby této studie byly do výzkumu zařazeny čtyři odlišné sportovní trenážery. Míra aktivity zapojení určitých svalů a svalových skupin, a náročnost na udržení postury sedu a stability trupu, při jízdě na těchto sportovních trenážerech, závisí na neurologické úrovni míšní léze. Dle neurologické úrovně a kompletnosti míšní léze se liší porušení motorických funkcí určitých svalů a svalových skupin, a tím je výrazně omezena možnost funkčně využívat svaly potřebné k vykonání správného stereotypu pohybu na příslušném trenážeru.

Trenažér č. 1 – veslařský trenažér

Veslování, jako komplexní forma pohybové aktivity, kombinuje složky aerobního i silového tréninku. Tato práce zahrnuje měření na upraveném veslařském trenažeru, kde nelze využít kompletní a správně provedené veslařské tempo, jehož velmi důležitou součástí je záběr dolními končetinami. Proto budou fáze veslařského záběru popsány pouze z hlediska svalů a svalových skupin, které se do pohybu zapojují, bez využití dolních končetin.

Veslování představuje koordinovanou svalovou práci v opakovaném, plynulém pohybu se zapojením všech velkých svalových skupin v těle. Veslařské tempo je rozděleno do 4 hlavních fází dle zapojování příslušných svalových skupin. V první fázi je m. erector spinae relaxován, trup je aktivací břišních svalů ve flexi. M. triceps brachii extenduje loketní klouby, flexorové skupiny prstů a palce horních končetin zajišťují úchop madla. Ve druhé fázi začínají plnit svou funkci stabilizační svaly v oblasti bederní páteře. Do záběru se zapojí svalstvo pletenců ramenních (m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis, m. teres major et minor, m. biceps brachii). Lopatka je fixována pomocí m. serratus anterior a m. trapezius. Trup je extendován zapojením m. erector spinae. Následuje flexe v loketních kloubech (m. biceps, m. brachialis., m. brachioradialis). V konečné fázi dotažení záběru flexe loketních kloubů dominuje. M. flexor et extensor carpi ulnaris stabilizují a addukují předloktí, ramenní klouby jsou v extenzi a addukci, m. latissimus dorsi a m. pectoralis major vnitřně rotují paže.

Pohybu ramenního kloubu dopomáhají m. teres minor, m. deltoideus pars posterior a dlouhá hlava m. biceps brachii. Lopatka je kaudálně rotována zapojením m. pectoralis minor a následně tažena posteriorně zapojením m. trapezius a mm. rhomboideii. Ve fázi návratu se paže natahují (m. deltoideus pars anterior, m. coracobrachialis), loketní klouby extendují (m. triceps brachii) a břišní svalstvo flektuje trup (Concept 2, 2018d).

Při veslařském záběru jsou vykonávány pohyby, při nichž jsou v kontrakci opačné svalové skupiny, než při propulzi vozíku. Proto může být trénink na veslařském trenažéru vhodný jako kompenzační cvičení k jízdě na invalidním vozíku, musí však být zajištěna správná výchozí pozice (Goosey-Tolfrey a Price, 2010).



Obrázek 2: Veslařský trenažér (foto – archiv autorky, 2018)

Trenažér č. 2 – kajakářský trenažér

Trenažér jízdy na kajaku umožňuje simulaci střídavého kajakářského záběru, a to i v úpravě pro osoby na invalidním vozíku. Následně popíši aktivaci svalů v jednotlivých fázích záběru v modifikované úpravě bez využití dolních končetin.

Základní poloha těla je v mírném předklonu, tělo je před prvním záběrem rotováno podél podélné osy těla, tato poloha staticky zatěžuje vzpřimovače páteře a hlavy a m. quadratus lumborum. Před zasazením pádla je nutné stabilizovat lopatku pomocí m. trapezius a mm. rhomboideii, antigravitačně a stabilizačně působí m. pectoralis major a m. latissimus dorsi. Následně se aktivují hlavní záběrové svaly m. latissimus dorsi, m. teres major a m. triceps brachii. Břišní svalstvo (m. obliquus abdominis internus a externus) a břišní lis je aktivován v průběhu celého záběru zejména pro držení rovnováhy. Při vytažení pádla se aktivuje m. deltoideus, při následném pohybu vpřed, tlačné fázi, m. serratus anterior, m. pectoralis major

a m. triceps brachii. V celém průběhu pohybu by měla být páteř a hlava vzpřímená a extendovaná autochtonním systémem páteře a pomocí m. erector trunci. Při střídavém kajakářském záběru se aktivují, mimo již zmíněné, svaly následující: m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. coracobrachialis, m. subscapularis, m. biceps brachii, m. brachialis a m. brachioradialis. Svaly hrudníku a zad plní svoji funkci agonistů při všech pohybech v ramenních kloubech (Dufková, 2011).



Obrázek 3: Kajakářský trenážér (foto – archiv autorky, 2018)

Trenažér č. 3 – běžkařský trenažér

Pro potřeby této diplomové práce byla na běžkařském trenažéru testována jízda soupaž (obě horní končetiny provádějí záběr současně) z pozice vsedě na invalidním vozíku, proto zde popíši tento typ záběru a opět zde uvedu pouze svaly a svalové skupiny, které lze k běžkařskému záběru z pozice vsedě využít.

Záběr soupaž je koordinovaná svalová aktivita, která do své akce zahrnuje všechny velké svalové skupiny v těle. Na synchronizovaném pohybu se v každé fázi záběru podílí svaly primární a sekundární. Svaly primární zajišťují výraznou silovou akci vlastní provedení pohybu. Svaly sekundární mají kvůli nižší svalové síle podpůrnou a stabilizační roli. Na začátku záběru se primárně aktivují m. triceps brachii, m. trapezius, m. latissimus dorsi, podpůrnou funkci zajišťují abdominální svaly a extenzory páteře v oblasti dolní části zad. Samotný záběr provádí m. triceps brachii, m. latissimus dorsi a abdominální svaly, extenzory páteře v oblasti dolní části zad plní opět funkci podpůrnou. Pohyb dokončuje m. trapezius a abdominální svaly. K návratu na začátek záběru je nutné zapojení extenzorů páteře, m. deltoideus pars anterior,

m. trapezius pars descendens, horní vlákna m. pectoralis a podpůrné abdominální svalstvo (Concept 2, 2018b).

Trenažér č. 4 – Rotren

Přístroj lze přirovnat k rotopedu pro horní i dolní končetiny. Při aktivním cvičení dochází k rozpohybování dolních končetin pomocí horních končetin, či opačně. Pohyb probíhá ve zkříženém pohybovém vzoru horních a dolních končetin. Přístroj napomáhá ke zlepšení celkové fyzické kondice, udržování vhodného rozsahu pohybu v kloubech končetin, k ovlivnění elasticity měkkých struktur, aktivaci residuálního svalstva končetin i trupu ve zkříženém pohybovém vzoru. Dochází také ke snižování spasticity trupu a končetin, k zatížení kardiovaskulárního a respiračního systému a k prokrvení zejména dolních končetin, čímž lze předcházet vzniku nežádoucích zdravotních komplikací (Kalpe, 2012).

Na cyklickém střídavém pohybu horních končetin se podílí: m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus pars anterior, m. deltoideus pars posterior, m. pectoralis major a m. trapezius pars descendens (Faupin et al., 2010).



Obrázek 4: Běžkařský trenažér a Rotren (foto – archiv autorky, 2018)

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Tato diplomová práce má za cíl zhodnocení vlivu odlišných pohybových aktivit na kardiovaskulární funkce u osob po míšním poranění. Cílem výzkumu je tedy zjistit vliv čtyř odlišných sportovních trenažérů na vrcholovou srdeční frekvenci (SF_{peak}) dosaženou v zátěžovém testu maximální subjektivní intenzitou zátěže, a to u 30 osob po míšním poranění rozdělených do tří skupin dle neurologické úrovně míšní léze. Dále je cílem hodnoty vrcholové SF_{peak} na jednotlivých trenažérech porovnat, a to jak v rámci každé skupiny, tak v mezi-skupinovém porovnání v závislosti na výšce míšní léze.

2.1 Hypotézy týkající se vlivu odlišných sportovních trenažérů na hodnoty vrcholové SF_{peak}

Budou se významně lišit zátěžové hodnoty SF_{peak} v každé jednotlivé skupině probandů v závislosti na druhu sportovního trenažéru? Bude mít specificky vykonávaný pohyb na jednotlivých trenažérech vliv na SF_{peak} ?

H₀₁: U skupiny TET jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

H₀₂: U skupiny PARV jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

H₀₃: U skupiny PARN jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

2.2 Hypotéza týkající se vlivu neurologické úrovně míšní léze na hodnoty vrcholové SF_{peak}

Budou, u mezi-skupinového porovnání skupin TET, PARV a PARN nezávisle na druhu sportovního trenažéru, významné rozdíly v zátěži v hodnotách SF_{peak} ? Budou reakce SF na subjektivně vrcholovou intenzitu zátěže u skupin významně rozdílné?

H₀₄: Střední hodnoty dat SF_{peak} , nezávisle na trenažéru, jsou u skupin TET, PARV a PARN stejné.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Popis výzkumu

Výzkum pro tuto diplomovou práci probíhal od září 2017 do února 2018 v posilovně Centra Paraple, o.p.s. (CP). U 30 osob s míšní lézí, rozdělených do 3 skupin dle neurologické úrovně míšní léze, byly měřeny hodnoty srdečních frekvencí při zátěži. Hodnota vrcholové srdeční frekvence (SF_{peak}) byla změřena při dosažení subjektivního maxima zátěže jízdou na sportovním trenažéru během zátěžového testu. Výzkum neprobíhal v laboratorních podmínkách na laboratorních strojích, nýbrž na, pro širokou veřejnost, volně dostupných sportovních trenažérech určených pro každodenní vykonávání pohybové aktivity. Do výzkumu byly zahrnuty čtyři sportovní trenažéry upravené pro užívání osobami s míšní lézí na mechanickém invalidním vozíku (MIV). Následovalo statistické zpracování naměřených hodnot a porovnání výsledků jak v rámci jednotlivých skupin, tak mezi-skupinové porovnání.

3.2 Charakteristika souboru

V rámci měření pro potřeby této diplomové práce bylo do výzkumného souboru zařazeno 30 osob s míšní lézí v chronickém stadiu, doba od úrazu byla $10,37 \pm 5,86$ let. Byli vybráni pobytoví i ambulantní klienti Centra Paraple, o.p.s., kteří byli ochotni účastnit se na měření do této studie a dali souhlas ke zpracování naměřených dat. Soubor zahrnoval 22 mužů a 8 žen (věk $40,97 \pm 11,58$ let) s různou neurologickou úrovní a kompletností míšní léze – podrobněji popsáno u charakteristik skupin. Pro potřeby této studie byli probandi rozděleni do 3 skupin dle neurologické úrovně míšní léze. Příčiny míšního poranění, rozsah a kompletnost míšní léze (AIS) a neurologickou úroveň míšní léze (ISNCSCI) lze vidět v Grafu 1, Grafu 2 a Grafu 3. Kritériem nezařazení do výzkumu bylo probíhající akutní onemocnění a významný nález v osobní anamnéze probandů z hlediska kardiovaskulárních onemocnění. Podrobná charakteristika celého výzkumného souboru je uvedena v Příloze č. 2.

3.2.1 Skupina č. 1 – tetraplegici (S1 – TET)

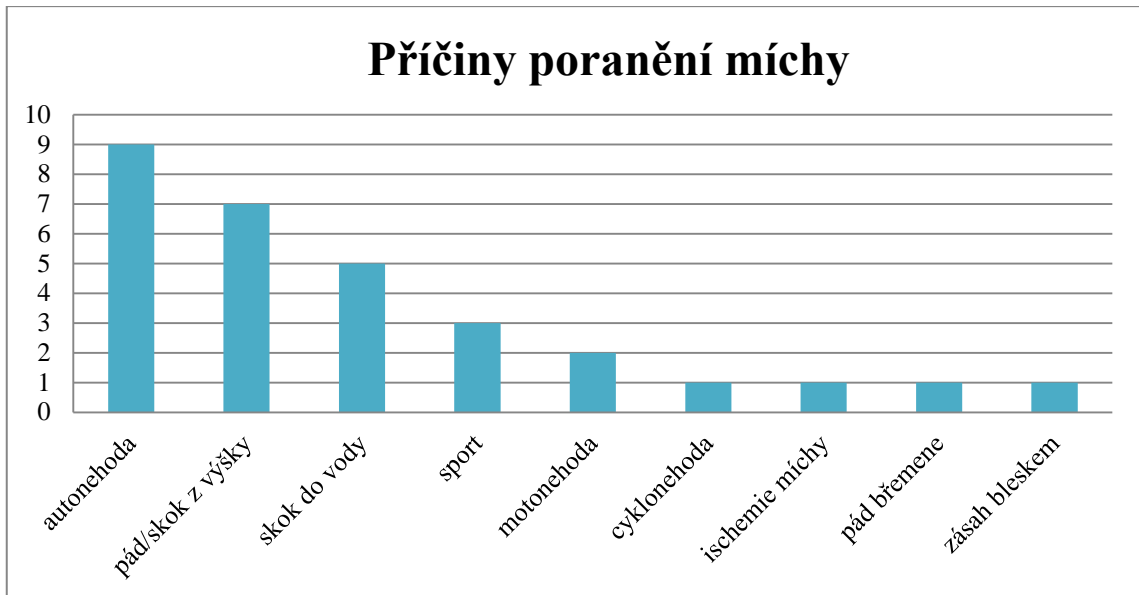
Skupina tetraplegiků (TET) zahrnovala 10 osob s míšní lézí v oblasti krční páteře, 9 mužů a 1 ženu. Průměrný věk byl $35,60 \pm 9,24$ let, doba od úrazu $12,50 \pm 7,23$ let. Dle standardního vyšetření ISNCSCI zahrnovala skupina následující neurologické úrovně míšní léze: C4 (n=2), C5 (n=1), C6 (n=5), C7 (n=1), C8 (n=1). Dle rozsahu a kompletnosti míšní léze: AIS A (n=5), AIS B (n=4), AIS C (n=1). Podrobná charakteristika souboru je uvedena v Příloze č. 3.

3.2.2 Skupina č. 2 – paraplegici s míšní lézí od T1 do T6 (S2 – PARV)

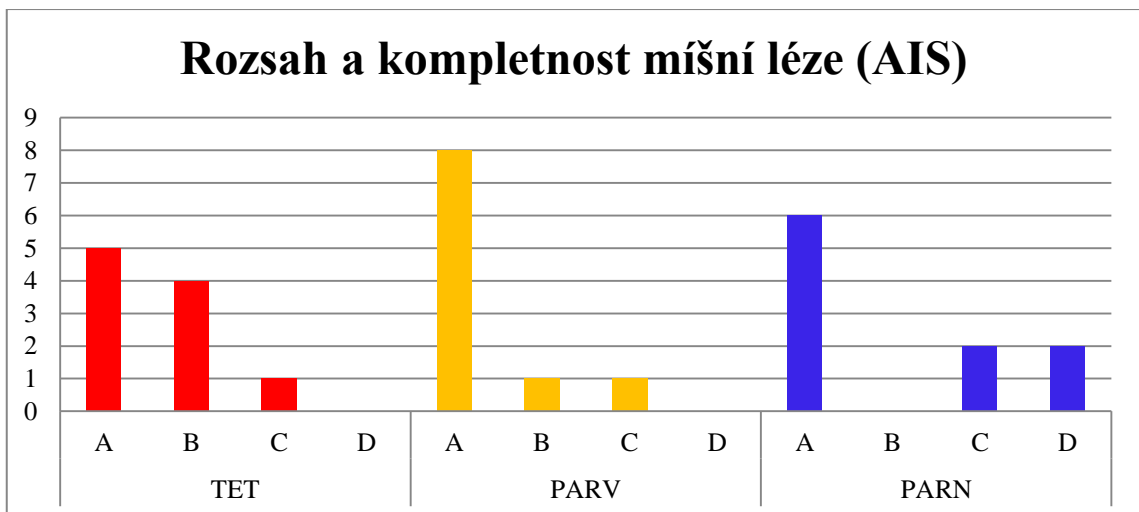
Označení skupiny PARV vychází z úrovně poškození míchy – paraplegici s vysokou hrudní míšní lézí (segmenty T1–T6). Skupina č. 2 zahrnovala 10 osob, 7 mužů a 3 ženy. Průměrný věk byl $45,40 \pm 14,15$ let, doba od úrazu $10,00 \pm 4,35$ let. Dle standardního vyšetření ISNCSCI zahrnovala skupina následující neurologické úrovně míšní léze: T1 (n=1), T4 (n=3), T5 (n=4), T6 (n=2). Dle rozsahu a kompletnosti míšní léze: AIS A (n=8), AIS B (n=1), AIS C (n=1). Podrobná charakteristika souboru je uvedena v Příloze č. 4.

3.2.3 Skupina č. 3 – paraplegici s míšní lézí od T6 kaudálně (S3 – PARN)

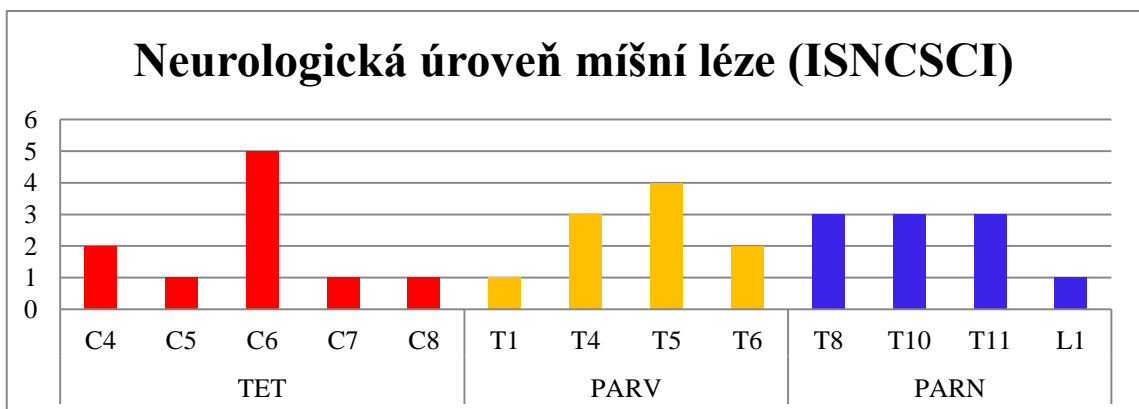
Skupina paraplegiků s nízkou hrudní míšní lézí od T6 kaudálně (PARN) zahrnovala 10 osob, 6 mužů a 4 ženy. Průměrný věk byl $41,90 \pm 9,57$ let, doba od úrazu $8,60 \pm 5,54$ let. Dle standardního vyšetření ISNCSCI zahrnovala skupina následující neurologické úrovně míšní léze: T8 (n=3), T10 (n=3), T11 (n=3), L1 (n=1). Dle rozsahu a kompletnosti míšní léze: AIS A (n=6), AIS C (n=2), AIS D (n=2). Podrobná charakteristika souboru je uvedena v Příloze č. 5.



Graf 1: Příčiny poranění míchy celého souboru



Graf 2: Rozsah a kompletnost míšní léze (AIS) celého souboru



Graf 3: Neurologická úroveň míšní léze (ISNCSCI) celého souboru

3.3 Hodnotící nástroje

Měření probíhalo na čtyřech odlišných sportovních trenažérech v posilovně CP – veslařský trenažér (VESLO), kajakářský trenažér (KAJAK), běžkařský trenažér (BĚŽKY) a Rotren (ROTREN). Trenažéry byly vybrány pro jejich různorodost ve vlivu na posturu a stabilitu sedu při zátěži a dle toho, které svalové skupiny jsou při zátěži zapojovány do své funkce. Na všech trenažérech absolvovali probandi testování vsedě ve vlastním mechanickém invalidním vozíku bez nutnosti přesezení. U probandů skupiny TET bylo z důvodu motorického omezení a nemožnosti kvalitního aktivního úchopu nutné využít speciálních rukavic fixujících úchop horními končetinami k madlu na příslušném trenažéru (Obrázek 5). U těchto probandů bylo také nutno k podpoření stability trupu vsedě využít pás fixující hrudník k zádové opěrci mechanického invalidního vozíku. Tohoto hrudního pásu bylo pro zajištění srovnatelných podmínek využito i u probandů skupin PARV a PARN.



Obrázek 5: Fixace úchopu pomocí rukavic u probandů skupiny TET (foto – archiv autorky, 2018)

3.3.1 Trenažér č. 1 – veslařský trenažér (T1 – VESLO)

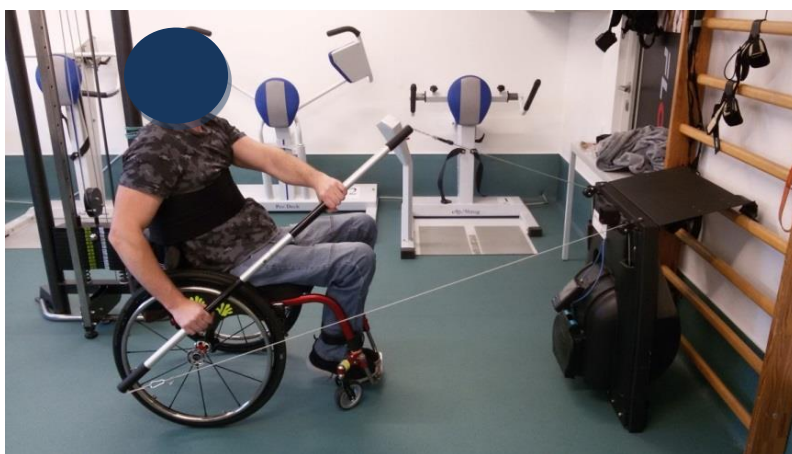
Veslařský trenažér Concept2, model Adapt2Row, je speciálně upraven pro osoby na invalidním vozíku. Cvičení probíhá z vlastního MIV bez nutnosti přesezení na pohyblivé sedátko, které se využívá pro osoby s funkčními dolními končetinami. Lze nastavit individuální úroveň zatížení (stupeň 1–10) (Concept 2, 2018a).



Obrázek 6: Proband skupiny TET na veslařském trenážeru (foto – archiv autorky, 2018)

3.3.2 *Trenažér č. 2 – kajakářský trenažér (T2 – KAJAK)*

SwimErg je přístroj určený pro nácvik správného plaveckého stylu, v CP se však využívá pro simulaci jízdy na kajaku. Přístroj je upraven tak, aby mohl být obsluhován z pozice vsedě z MIV, a je vybaven příslušenstvím (Kayak Kit for Vasa Swim ergometer) pro přenastavení na simulaci jízdy na kajaku. Opět lze nastavit individuální úroveň zatížení (stupeň 1–10) (Vasa trainer, 2018).



Obrázek 7: Proband skupiny PARV na kajakářském trenažeru (foto – archiv autorky, 2018)

3.3.3 *Trenažér č. 3 – běžkařský trenažér (T3 – BĚŽKY)*

Pro simulaci jízdy na běžkách byl využit běžkařský trenažér SkiErg2, který umožňuje jízdu se zapojením paží střídavě či jízdu soupaž. Při měření byla testována jízda soupaž (obě horní končetiny provádějí záběr současně) z pozice vsedě na MIV. Na přístroji lze nastavit úroveň zátěže (stupeň 1–10) (Concept, 2018c).



Obrázek 8: Probandka skupiny PARN na běžkařském trenážeru (foto – archiv autorky, 2018)

3.3.4 *Trenažér č. 4 – Rotren (T4 – ROTREN)*

Přístroj Rotren lze přirovnat k rotopedu pro horní i dolní končetiny, kdy při aktivním cvičení horních končetin dochází k rozpohybování dolních končetin. Speciálně pro specifickou klientelu CP byl vyvinut přístroj Rotren Solo X, který využívá pohyb ve zkříženém pohybovém vzoru horních a dolních končetin. Přístroj Rotren Solo X slouží k aktivnímu cvičení horních končetin s možností nastavení obtížnosti a současně dochází pomocí převodníku k rozpohybování dolních končetin ve zkříženém pohybovém vzoru (Kalpe, 2012). Měření probíhalo opět v pozici vsedě ve vlastním MIV s připevněnými dolními končetinami ke šlapkám Rotrenu.



Obrázek 9: Proband skupiny PARV na Rotrenu (foto – archiv autorky, 2018)

3.3.5 Sporttester

Pro monitoraci zátěžových hodnot srdeční frekvence (SF_{peak}) v tepech za minutu (bpm) bylo využito Sporttesteru Polar RS400. Toto měřicí zařízení srdeční tepové frekvence se skládá z náramkového přijímače (hodinek) a vysílače – pružného elastického pásu s elektrodami snímajícími srdeční frekvenci přímo z hrudníku (Wearlink). Navlhčený pás byl před každým měřením v zátěži probandovi připevněn na hrudník.

3.3.6 Subjektivní hodnocení intenzity zátěže

Intenzita zátěže byla nastavena a hodnocena subjektivně vnímáním intenzity zatížení na Borgově škále RPE (Rating of Perceived Exertion). Škála čísel 6–20 označuje subjektivní vnímání zátěže, kdy 6 znamená „vůbec žádnou zátěž“ a 20 znamená „maximální úsilí“ (Mocková et al., 2000).

| | | | |
|----|--|----|---------------------------------------|
| 6 | Vůbec žádná zátěž (No exertion at all) | 13 | Středně lehká zátěž (Somewhat hard) |
| 7 | Zcela nepatrná zátěž (Extremely light) | 14 | Velká zátěž (Hard (heavy)) |
| 8 | | 15 | |
| 9 | Velmi lehká zátěž (Very light) | 16 | Velmi velká zátěž (Very hard) |
| 10 | | 17 | |
| 11 | Lehká zátěž (Light) | 18 | Extrémně velká zátěž (Extremely hard) |
| 12 | | 19 | |
| | | 20 | Maximální úsilí (Maximal exertion) |

Tabulka 2: Borgova RPE škála (Mocková et al., 2000)

3.4 Průběh zátěžového testu

Zátěžový test spočíval v jízdě na sportovním trenažéru. Každý proband absolvoval čtyři zátěžové testy, vždy jeden na každém ze čtyř odlišných sportovních trenažerů. Zátěžový protokol byl pro potřeby tohoto výzkumu upraven. Testování neprobíhalo v laboratorních podmínkách, nýbrž na sportovních trenažérech s omezenou specifickou možností přidávání zátěže. Zátěžový protokol obsahoval zahřívací fázi následovanou hlavní částí testu – zátěží do subjektivního maxima. Toto testování probíhalo ve dvou dnech kvůli fyzické náročnosti testu a z provozních důvodů CP. Každý proband byl vždy jeden den testován na dvou trenažérech, následující den proběhl test na zbývajících dvou.

Hodnoty srdeční frekvence byly kontinuálně po celou dobu testu monitorovány pomocí sporttesteru a měřicího pásu. Před každým testem byl na úvod probandovi připevněn měřicí pás přes hrudník, následovalo vybavení kompenzačními pomůckami (úchopové rukavice, hrudní pás, vypodložení zádové opěrky) a byla upravena postura sedu – vzpřímený sed podpořený kompenzačními pomůckami. Dále proběhla instruktáž správného stereotypu jízdy na trenažéru a byl vysvětlen princip subjektivního hodnocení RPE na Borgově škále.

Test začínal zahřívací fází jízdou na trenažéru, doba a intenzita zátěže na stupnicích jednotlivých trenažerů byly nastaveny individuálně. Z důvodu různorodosti skupin stran fyzické kondice, délka zahřívací fáze probíhala individuálně v rozmezí 2–4 minut, hodnota subjektivně vnímané intenzity zátěže byla v zahřívací fázi hodnocena stupněm 9–11 na Borgově škále RPE.

Následovala hlavní část testu, fáze postupně zvyšované zátěže do subjektivně maximálně vydaného úsilí aktivní jízdou na trenažéru. Zátěž byla zvyšována na stupnicích obtížnosti jednotlivých trenažerů, v okamžiku dosažení stupně 10 byla zátěž stupňována frekvencí pohybu. Probandi měli za úkol vykonat maximální úsilí, jakého jsou schopni, na Borgově škále RPE stupeň 18–20. Důvodem ukončení testu bylo dosažení subjektivního maxima vydaného úsilí. V tom okamžiku byla odečtena vrcholová srdeční frekvence, SF_{peak} .

Po celou dobu testu byli probandi verbálně motivováni k vrcholnému výkonu. Tento zátěžový test podstoupil každý proband na všech čtyřech trenažérech. Naměřené hodnoty byly zaznamenány a dále vyhodnoceny.

Před prvním zátěžovým testem proběhlo u každého probanda také změření klidové srdeční frekvence (SF_{klid}). Toto měření proběhlo ráno, ihned po probuzení v poloze vleže na zádech. Tato diplomová práce se však zaměřuje na zátěžové testy a hodnoty SF_{peak} . Zabývání se klidovými hodnotami SF u osob po míšním poranění nebylo cílem tohoto výzkumu, proto uvádím veškeré výsledky týkající se SF_{klid} v Příloze č. 12. Tyto hodnoty a výsledky jsou zajímavé a mohou být užitečným přínosem pro další zkoumání.

3.5 Metodika statistického zpracování dat

Naměřené hodnoty SF byly následně statisticky zpracovány. V programu Microsoft Office Excel 2010 byly vytvořeny grafy a tabulky a pro popisnou statistiku z jednotlivých naměřených hodnot vypočítány – průměr, směrodatná odchylka (SD), medián, maximum a minimum.

Data jsme testovali pomocí p-hodnoty, kterou jsme získali z každého použitého testu. Následně jsme p-hodnotu porovnali s hladinou významnosti, kterou jsme zvolili 0,05. Pokud p-hodnota vyšla $p < 0,05$, zamítli jsme nulovou hypotézu testu.

Nejprve proběhlo testování typických předpokladů testů hypotéz. Normalitu rozdělení různých seskupení dat jsme testovali pomocí Shapirova-Wilkova testu normality (Shapiro a Wilk, 1965), který je vhodný pro menší datasety. Jeho nulová hypotéza zní: data pocházejí z normálního rozdělení. Pro všechna seskupení vyšlo, že nemůžeme zamítnout, že SF_{peak} pocházejí z normálního rozdělení s hladinou významnosti 0,05 (s výjimkou SF_{peak} TET na KAJAK: p-hodnota 0,047). Z vizuálního zhodnocení umístění dat v box-plotu (mírně nesymetrické umístění SF kolem průměru), však data splňují základní vlastnosti normálního rozdělení pro potřeby dalších testů – všechna data pocházejí z normálního rozdělení.

Rovnost variancí jsme testovali pomocí Bartlettova testu (Bartlett, 1937). Bartlettův test má nulovou hypotézu: data mají stejnou varianci. Při hodnocení SF_{peak} : s hladinou významnosti 0,05 jsme hypotézu nezamítli pro všechny kombinace trenažérskupiny (p-hodnota 0,60), pro skupiny přes všechny trenažéry jsme nulovou hypotézu zamítli s p-hodnotou 0,03 a pro trenažéry přes všechny skupiny jsme hypotézu nezamítli (p-hodnota 0,94). Skupiny mají mezi sebou různou varianci, trenažéry a trenažérskupiny nikoliv.

Po ověření předpokladů testu hypotéz jsme mohli testovat data SF_{peak} . K testování jsme použili dvourozměrnou ANOVA s opakováním (Fischer, 1925). Příslušnost ke skupině byla brána jako neopakující se faktor, trenážér jako opakující se. ANOVA měla tři hypotézy:

- 1) Střední hodnoty dat jsou pro skupiny TET, PARV a PARN stejné.
- 2) Střední hodnoty dat jsou pro trenážéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN stejné.
- 3) Trenážér neovlivňuje SF jednotlivých skupin a zároveň skupina neovlivňuje SF na jednotlivých trenážérech.

Pro SF_{peak} vyšly p-hodnoty: 1) 0,002; 2) 0,002; 3) 0,973. Tyto výsledky se nám zdáli být zvláštní. Zdálo by se, že SF závisí na skupině, závisí na trenážéru, ale pro jednotlivé skupiny už na trenážéru nezávisí a zároveň pro jednotlivé trenážéry nezávisí na skupině. Z ověřování rovnosti variancí Bartlettovým testem však víme, že skupiny mezi sebou nemají stejné variance. Pro nespolehlivost testu ANOVA v případě, že data nemají stejné variance, bylo potřeba využít k dalšímu ověřování hypotéz vhodných post-hoc testů (Box, 1954). Pro srovnávání středních hodnot dat se stejnou variancí jsme využili Studentův t-test (Student, 1908), pro data s různou variancí Welchův t-test (Welch, 1947). Oba testy mají stejnou nulovou hypotézu: data mají stejnou střední hodnotu.

4 VÝSLEDKY

V Tabulce 3 uvádím přehled naměřených dat SF_{peak} (bpm) celého souboru.

| n=30 | Skupina | AIS | Trenažér č. 1 | Trenažér č. 2 | Trenažér č. 3 | Trenažér č. 4 | |
|------|---------|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| | | | VESLO | KAJAK | BĚŽKY | ROTREN | |
| | | | SF_{peak} (bpm) | SF_{peak} (bpm) | SF_{peak} (bpm) | SF_{peak} (bpm) | |
| 1 | T. K. | TET | B | 95 | 98 | 95 | 102 |
| 2 | R. Š. | TET | B | 115 | 123 | 115 | 105 |
| 3 | T. P. | TET | B | 158 | 153 | 158 | 130 |
| 4 | F. M. | TET | C | 116 | 114 | 119 | 109 |
| 5 | P. K. | TET | A | 118 | 119 | 122 | 118 |
| 6 | V. H. | TET | A | 130 | 115 | 130 | 114 |
| 7 | A. B. | TET | A | 136 | 140 | 130 | 137 |
| 8 | L. N. | TET | A | 102 | 109 | 112 | 110 |
| 9 | J. Č. | TET | B | 143 | 130 | 135 | 135 |
| 10 | M. E. | TET | A | 130 | 143 | 157 | 135 |
| 1 | Š. H. | PARV | A | 167 | 153 | 168 | 159 |
| 2 | V. J. | PARV | A | 148 | 143 | 154 | 149 |
| 3 | I. H. | PARV | A | 134 | 141 | 141 | 124 |
| 4 | P. D. | PARV | A | 139 | 125 | 141 | 131 |
| 5 | E. Š. | PARV | A | 169 | 161 | 163 | 159 |
| 6 | M. L. | PARV | A | 167 | 164 | 174 | 167 |
| 7 | M. B. | PARV | A | 157 | 170 | 160 | 158 |
| 8 | R. P. | PARV | A | 140 | 147 | 138 | 121 |
| 9 | J. S. | PARV | C | 129 | 132 | 127 | 125 |
| 10 | K. M. | PARV | B | 138 | 138 | 147 | 143 |
| 1 | F. N. | PARN | A | 167 | 167 | 171 | 133 |
| 2 | T. P. | PARN | A | 133 | 152 | 153 | 134 |
| 3 | E. T. | PARN | A | 144 | 167 | 160 | 164 |
| 4 | M. D. | PARN | A | 149 | 168 | 177 | 167 |
| 5 | M. S. | PARN | D | 133 | 116 | 115 | 113 |
| 6 | J. K. | PARN | D | 179 | 163 | 180 | 190 |
| 7 | M. H. | PARN | A | 152 | 157 | 154 | 143 |
| 8 | J. K. | PARN | C | 126 | 114 | 126 | 102 |
| 9 | Z. P. | PARN | A | 180 | 184 | 178 | 168 |
| 10 | J. R. | PARN | C | 150 | 156 | 170 | 170 |
| | | | PRŮMĚR | 141,47 | 142,07 | 145,67 | 137,17 |
| | | | SD | 21,12 | 21,97 | 22,91 | 23,60 |
| | | | MEDIAN | 139,50 | 143,00 | 150,00 | 134,50 |
| | | | MAX | 180,00 | 184,00 | 180,00 | 190,00 |
| | | | MIN | 95,00 | 98,00 | 95,00 | 102,00 |

Tabulka 3: Přehled naměřených dat celého souboru

4.1 Výsledky k hypotézám týkajících se vlivu odlišných sportovních trenažerů na hodnoty vrcholové SF_{peak}

H₀₁: U skupiny TET jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažerech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

Pro porovnání středních hodnot SF_{peak} ve všech kombinacích mezi trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN, u skupiny TET, jsme zvolili Studentův t-test, protože data mezi trenažéry mají stejné variance.

| Skupina č. 1 TET (n=10) | | Neurologická úroveň míšní léze | AIS | T1 – VESLO SF_{peak} (bpm) | T2 – KAJAK SF_{peak} (bpm) | T3 – BĚŽKY SF_{peak} (bpm) | T4 – ROTREN SF_{peak} (bpm) |
|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|-----|---|---|---|--|
| 1 | T. K. | C6 | B | 95 | 98 | 95 | 102 |
| 2 | R. Š. | C8 | B | 115 | 123 | 115 | 105 |
| 3 | T. P. | C7 | B | 158 | 153 | 158 | 130 |
| 4 | F. M. | C6 | C | 116 | 114 | 119 | 109 |
| 5 | P. K. | C5 | A | 118 | 119 | 122 | 118 |
| 6 | V. H. | C6 | A | 130 | 115 | 130 | 114 |
| 7 | A. B. | C4 | A | 136 | 140 | 130 | 137 |
| 8 | L. N. | C4 | A | 102 | 109 | 112 | 110 |
| 9 | J. Č. | C6 | B | 143 | 130 | 135 | 135 |
| 10 | M. E. | C6 | A | 130 | 143 | 157 | 135 |
| PRŮMĚR | | | | 124,30 | 124,40 | 127,30 | 119,50 |
| SD | | | | 18,97 | 17,00 | 19,51 | 13,53 |
| MEDIAN | | | | 124,00 | 121,00 | 126,00 | 116,00 |
| MAX | | | | 158,00 | 153,00 | 158,00 | 137,00 |
| MIN | | | | 95,00 | 98,00 | 95,00 | 102,00 |

Tabulka 4: Výsledky SF_{peak} – skupina TET; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN

Pro střední hodnoty SF_{peak} trenažerů, u skupiny TET, jsou p-hodnoty:

VESLO vs. KAJAK 0,99023

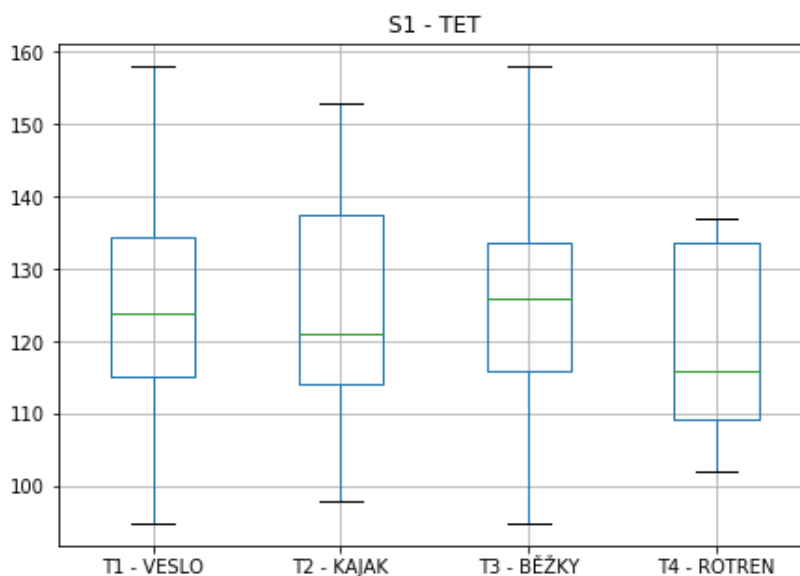
VESLO vs. BĚŽKY 0,73137

VESLO vs. ROTREN 0,52292

KAJAK vs. BĚŽKY 0,72712

KAJAK vs. ROTREN 0,48479

BĚŽKY vs. ROTREN 0,31248



Graf 4: SFpeak – skupina TET; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

| Skupina č. 1 TET SF _{peak} | T1 – VESLO | | T2 – KAJAK | | T3 – BĚŽKY | | T4 – ROTREN | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) |
| | | | 124,40 | 121,00 | 127,30 | 126,00 | 119,50 | 116,00 |
| T1 – VESLO | | | 124,30 | 124,00 | 124,30 | 124,00 | 124,30 | 124,00 |
| p hodnota | | | 0,99 | | 0,73 | | 0,52 | |
| | 124,30 | 124,00 | | | 127,30 | 126,00 | 119,50 | 116,00 |
| T2 – KAJAK | 124,40 | 121,00 | | | 124,40 | 121,00 | 124,40 | 121,00 |
| p hodnota | 0,99 | | | | 0,73 | | 0,48 | |
| | 124,30 | 124,00 | 124,40 | 121,00 | | | 119,50 | 116,00 |
| T3 – BĚŽKY | 127,30 | 126,00 | 127,30 | 126,00 | | | 127,30 | 126,00 |
| p hodnota | 0,73 | | 0,73 | | | | 0,31 | |
| | 124,30 | 124,00 | 124,40 | 121,00 | 127,30 | 126,00 | | |
| T4 – ROTREN | 119,50 | 116,00 | 119,50 | 116,00 | 119,50 | 116,00 | | |
| p hodnota | 0,52 | | 0,48 | | 0,31 | | | |

Tabulka 5: SFpeak – porovnání trenažérů u skupiny TET; p-hodnoty

Při stanovené hladině významnosti 0,05 nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout v žádném z případů (p-hodnoty > 0,05). Přijímáme nulovou hypotézu – u skupiny TET jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

H₀₂: U skupiny PARV jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

Pro porovnání středních hodnot SF_{peak} ve všech kombinacích mezi trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN, u skupiny PARV, jsme zvolili Studentův t-test, protože data mezi trenažéry mají stejné variance.

| Skupina č. 2 PARV (n=10) | | Neurologická úroveň míšní léze | AIS | T1 – VESLO SF _{peak} (bpm) | T2 – KAJAK SF _{peak} (bpm) | T3 – BĚŽKY SF _{peak} (bpm) | T4 – ROTREN SF _{peak} (bpm) |
|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|-----|--|--|--|---|
| 1 | Š. H. | T4 | A | 167 | 153 | 168 | 159 |
| 2 | V. J. | T6 | A | 148 | 143 | 154 | 149 |
| 3 | I. H. | T4 | A | 134 | 141 | 141 | 124 |
| 4 | P. D. | T6 | A | 139 | 125 | 141 | 131 |
| 5 | E. Š. | T4 | A | 169 | 161 | 163 | 159 |
| 6 | M. L. | T5 | A | 167 | 164 | 174 | 167 |
| 7 | M. B. | T1 | A | 157 | 170 | 160 | 158 |
| 8 | R. P. | T5 | A | 140 | 147 | 138 | 121 |
| 9 | J. S. | T5 | C | 129 | 132 | 127 | 125 |
| 10 | K. M. | T5 | B | 138 | 138 | 147 | 143 |
| PRŮMĚR | | | | 148,80 | 147,40 | 151,30 | 143,60 |
| SD | | | | 15,05 | 14,49 | 14,95 | 17,19 |
| MEDIAN | | | | 144,00 | 145,00 | 150,50 | 146,00 |
| MAX | | | | 169,00 | 170,00 | 174,00 | 167,00 |
| MIN | | | | 129,00 | 125,00 | 127,00 | 121,00 |

Tabulka 6: Výsledky SF_{peak} – skupina PARV; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN

Pro střední hodnoty SF_{peak} trenažérů, u skupiny PARV, jsou p-hodnoty:

VESLO vs. KAJAK 0,83459

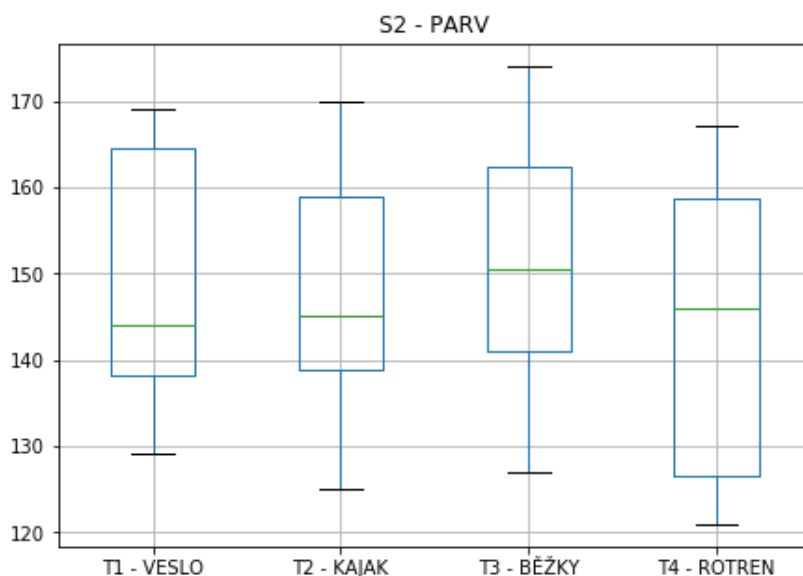
VESLO vs. BĚŽKY 0,71379

VESLO vs. ROTREN 0,48093

KAJAK vs. BĚŽKY 0,56104

KAJAK vs. ROTREN 0,59953

BĚŽKY vs. ROTREN 0,29925



Graf 5: SFpeak – skupina PARV; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

| Skupina č. 2 PARV SF _{peak} | T1 – VESLO | | T2 – KAJAK | | T3 – BĚŽKY | | T4 – ROTREN | |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) | průměr SF _{peak} (bpm) | medián SF _{peak} (bpm) |
| | | | 147,40 | 145,00 | 151,30 | 150,50 | 143,60 | 146,00 |
| T1 – VESLO | | | 148,80 | 144,00 | 148,80 | 144,00 | 148,80 | 144,00 |
| p hodnota | | | 0,83 | | 0,71 | | 0,48 | |
| | 148,80 | 144,00 | | | 151,30 | 150,50 | 143,60 | 146,00 |
| T2 – KAJAK | 147,40 | 145,00 | | | 147,40 | 145,00 | 147,40 | 145,00 |
| p hodnota | 0,83 | | | | 0,56 | | 0,60 | |
| | 148,80 | 144,00 | 147,40 | 145,00 | | | 143,60 | 146,00 |
| T3 – BĚŽKY | 151,30 | 150,50 | 151,30 | 150,50 | | | 151,30 | 150,50 |
| p hodnota | 0,71 | | 0,56 | | | | 0,30 | |
| | 148,80 | 144,00 | 147,40 | 145,00 | 151,30 | 150,50 | | |
| T4 – ROTREN | 143,60 | 146,00 | 143,60 | 146,00 | 143,60 | 146,00 | | |
| p hodnota | 0,48 | | 0,60 | | 0,30 | | | |

Tabulka 7: SFpeak – porovnání trenažérů u skupiny PARV; p-hodnoty

Při stanovené hladině významnosti 0,05 opět nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout v žádném z případů (p-hodnoty > 0,05). Přijímáme nulovou hypotézu – u skupiny PARV jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

H₀₃: U skupiny PARN jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

Pro porovnání středních hodnot SF_{peak} ve všech kombinacích mezi trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN, u skupiny PARN, jsme zvolili Studentův t-test, protože data mezi trenažéry mají stejné variance.

| Skupina č. 3 PARN (n=10) | | Neurologická úroveň míšní léze | AIS | T1 – VESLO SF _{peak} (bpm) | T2 – KAJAK SF _{peak} (bpm) | T3 – BĚŽKY SF _{peak} (bpm) | T4 – ROTREN SF _{peak} (bpm) |
|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|-----|---|---|---|--|
| 1 | F. N. | T10 | A | 167 | 167 | 171 | 133 |
| 2 | T. P. | T8 | A | 133 | 152 | 153 | 134 |
| 3 | E. T. | L1 | A | 144 | 167 | 160 | 164 |
| 4 | M. D. | T10 | A | 149 | 168 | 177 | 167 |
| 5 | M. S. | T8 | D | 133 | 116 | 115 | 113 |
| 6 | J. K. | T11 | D | 179 | 163 | 180 | 190 |
| 7 | M. H. | T11 | A | 152 | 157 | 154 | 143 |
| 8 | J. K. | T8 | C | 126 | 114 | 126 | 102 |
| 9 | Z. P. | T11 | A | 180 | 184 | 178 | 168 |
| 10 | J. R. | T10 | C | 150 | 156 | 170 | 170 |
| PRŮMĚR | | | | 151,30 | 154,40 | 158,40 | 148,40 |
| SD | | | | 18,88 | 22,54 | 22,30 | 27,99 |
| MEDIAN | | | | 149,50 | 160,00 | 165,00 | 153,50 |
| MAX | | | | 180,00 | 184,00 | 180,00 | 190,00 |
| MIN | | | | 126,00 | 114,00 | 115,00 | 102,00 |

Tabulka 8: Výsledky SF_{peak} – skupina PARN; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN

Pro střední hodnoty SF_{peak} trenažérů, u skupiny PARN, jsou p-hodnoty:

VESLO vs. KAJAK 0,74271

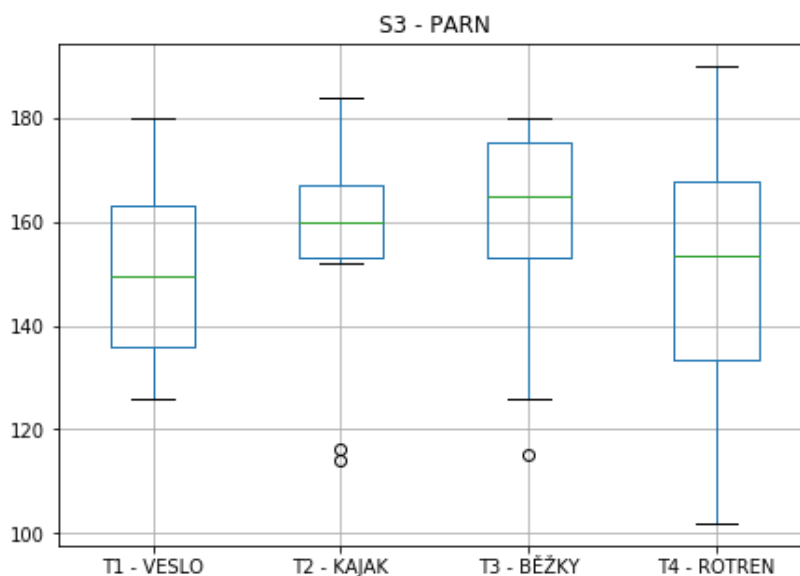
VESLO vs. BĚŽKY 0,45217

VESLO vs. ROTREN 0,78899

KAJAK vs. BĚŽKY 0,69465

KAJAK vs. ROTREN 0,60399

BĚŽKY vs. ROTREN 0,38851



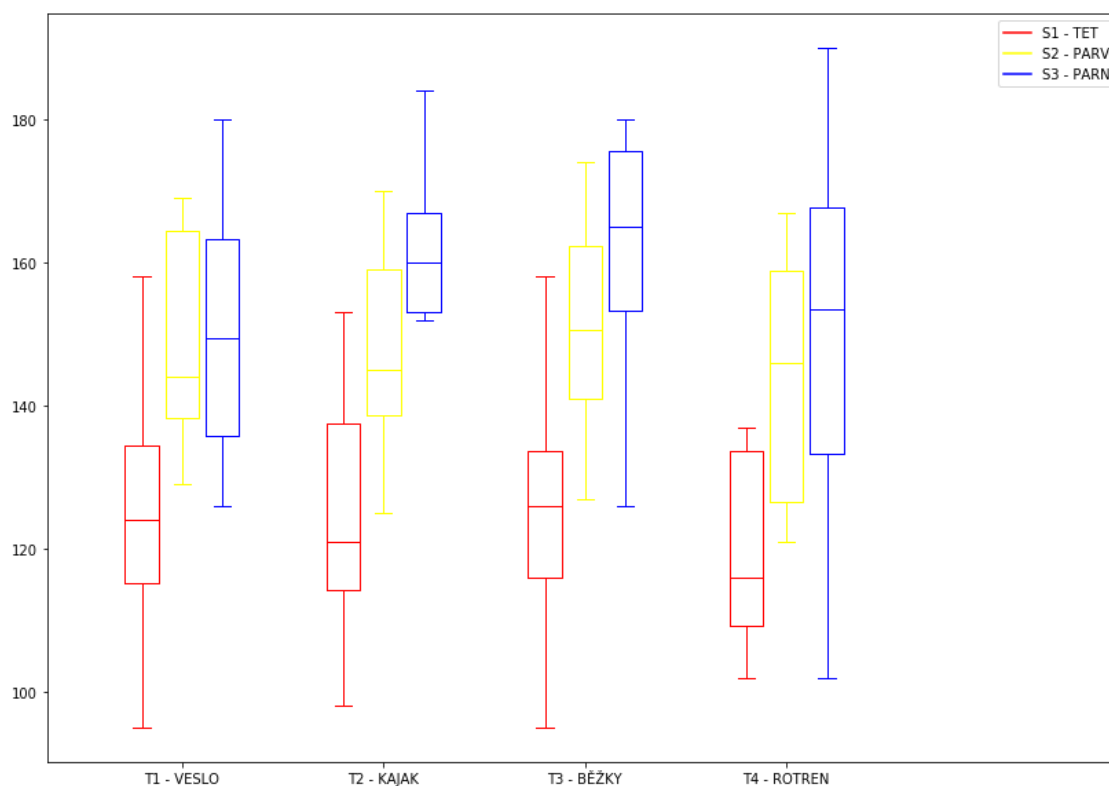
Graf 6: SFpeak – skupina PARN; trenažéry VESLO, KAJAK, BĚŽKY, ROTREN; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

| Skupina č. 3 PARN SF _{peak} | T1 – VESLO | | T2 – KAJAK | | T3 – BĚŽKY | | T4 – ROTREN | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) |
| | | | 154,40 | 160,00 | 158,40 | 165,00 | 148,40 | 153,50 |
| T1 – VESLO | | | 151,30 | 149,50 | 151,30 | 149,50 | 151,30 | 149,50 |
| p hodnota | | | 0,74 | | 0,45 | | 0,79 | |
| | 151,30 | 149,50 | | | 158,40 | 165,00 | 148,40 | 153,50 |
| T2 – KAJAK | 154,40 | 160,00 | | | 154,40 | 160,00 | 154,40 | 160,00 |
| p hodnota | 0,74 | | | | 0,69 | | 0,60 | |
| | 151,30 | 149,50 | 154,40 | 160,00 | | | 148,40 | 153,50 |
| T3 – BĚŽKY | 158,40 | 165,00 | 158,40 | 165,00 | | | 158,40 | 165,00 |
| p hodnota | 0,45 | | 0,69 | | | | 0,39 | |
| | 151,30 | 149,50 | 154,40 | 160,00 | 158,40 | 165,00 | | |
| T4 – ROTREN | 148,40 | 153,50 | 148,40 | 153,50 | 148,40 | 153,50 | | |
| p hodnota | 0,79 | | 0,60 | | 0,39 | | | |

Tabulka 9: SFpeak – porovnání trenažérů u skupiny PARN; p-hodnoty

Při stanovené hladině významnosti 0,05 nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout v žádném z případů (p-hodnoty > 0,05). Přijímáme nulovou hypotézu – u skupiny PARN jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.

V následujícím Grafu 7 a Tabulce 10 přehledně uvádím porovnání výsledků všech skupin probandů na všech sportovních trenažérech.



Graf 7: SFpeak; přehled výsledků všech skupin na všech sportovních trenažérech; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

| | T1 – VESLO | T2 – KAJAK | T3 – BĚŽKY | T4 – ROTREN |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | SF _{peak} (bpm) | SF _{peak} (bpm) | SF _{peak} (bpm) | SF _{peak} (bpm) |
| S1 – TET | | | | |
| PRŮMĚR | 124,30 | 124,40 | 127,30 | 119,50 |
| SD | 18,97 | 17,00 | 19,51 | 13,53 |
| MEDIAN | 124,00 | 121,00 | 126,00 | 116,00 |
| MAX | 158,00 | 153,00 | 158,00 | 137,00 |
| MIN | 95,00 | 98,00 | 95,00 | 102,00 |
| S2 – PARV | | | | |
| PRŮMĚR | 148,80 | 147,40 | 151,30 | 143,60 |
| SD | 15,05 | 14,49 | 14,95 | 17,19 |
| MEDIAN | 144,00 | 145,00 | 150,50 | 146,00 |
| MAX | 169,00 | 170,00 | 174,00 | 167,00 |
| MIN | 129,00 | 125,00 | 127,00 | 121,00 |
| S3 – PARN | | | | |
| PRŮMĚR | 151,30 | 154,40 | 158,40 | 148,40 |
| SD | 18,88 | 22,54 | 22,30 | 27,99 |
| MEDIAN | 149,50 | 160,00 | 165,00 | 153,50 |
| MAX | 180,00 | 184,00 | 180,00 | 190,00 |
| MIN | 126,00 | 114,00 | 115,00 | 102,00 |

Tabulka 10: SFpeak; přehled výsledků všech skupin na všech sportovních trenažérech

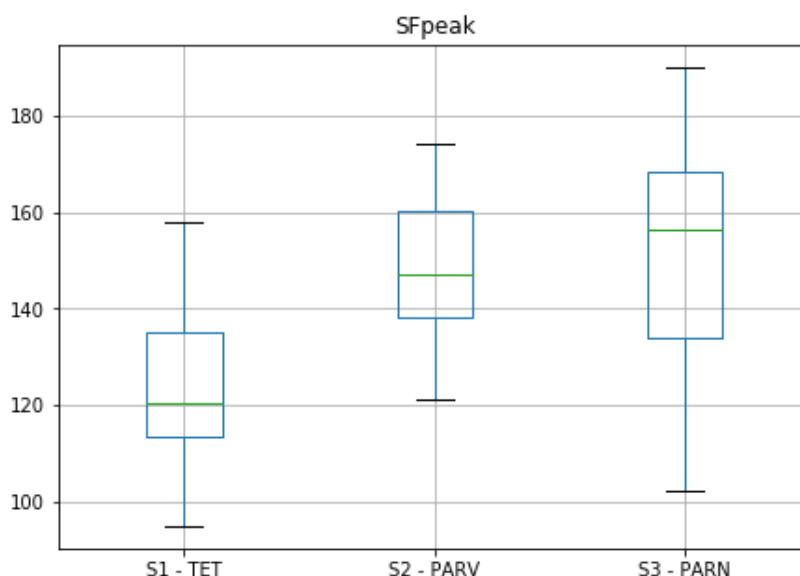
4.2 Výsledky k hypotéze týkající se vlivu neurologické úrovně míšní léze na hodnoty vrcholové SF_{peak}

H₀4: Střední hodnoty dat SF_{peak} , nezávisle na trenažéru, jsou u skupin TET, PARV a PARN stejné.

Pro porovnání středních hodnot SF_{peak} , nezávisle na trenažéru, ve všech kombinacích mezi skupinami TET, PARV a PARN jsme zvolili Welchův t-test, protože data mezi skupinami nemají stejnou varianci.

| SF_{peak} (bpm) | S1 – TET | S2 – PARV | S3 – PARN |
|-------------------|----------|-----------|-----------|
| PRŮMĚR | 123,88 | 147,78 | 153,13 |
| SD | 16,96 | 15,12 | 22,57 |
| MEDIAN | 120,50 | 147,00 | 156,50 |
| MAX | 158,00 | 174,00 | 190,00 |
| MIN | 95,00 | 121,00 | 102,00 |

Tabulka 11: Výsledky SF_{peak} – skupiny TET, PARV, PARN; nezávisle na trenažéru



Graf 8: SF_{peak} – porovnání skupin nezávisle na trenažéru; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

Pro střední hodnoty SF_{peak} skupin, nezávisle na trenažéru, jsou p-hodnoty:

TET vs. PARV 3,75155e-09

TET vs. PARN 7,14694e-09

PARV vs. PARN 0,21710

| SF _{peak} n=30 | S1 – TET | | S2 – PARV | | S3 – PARN | |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) | průměr SFpeak (bpm) | medián SFpeak (bpm) |
| | | | 147,78 | 147,00 | 153,13 | 156,50 |
| S1 – TET | | | 123,88 | 120,50 | 123,88 | 120,50 |
| p hodnota | | | p < 0,05 | | p < 0,05 | |
| | 123,88 | 120,50 | | | 153,13 | 156,50 |
| S2 – PARV | 147,78 | 147,00 | | | 147,78 | 147,00 |
| p hodnota | p < 0,05 | | | | 0,22 | |
| | 123,88 | 120,50 | 147,78 | 147,00 | | |
| S3 – PARN | 153,13 | 156,50 | 153,13 | 156,50 | | |
| p hodnota | p < 0,05 | | 0,22 | | | |

Tabulka 12: SFpeak – porovnání skupin nezávisle na trenažéru; p-hodnoty

Při stanovené hladině významnosti 0,05 nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout v případě porovnání skupin PARV vs. PARN (p-hodnoty > 0,05). Přijímáme nulovou hypotézu – střední hodnoty dat SF_{peak}, nezávisle na trenažéru, jsou u skupin PARV a PARN stejné. Při porovnání skupin TET vs. PARV a TET vs. PARN nulovou hypotézu zamítáme (p-hodnoty < 0,05) a přijímáme alternativní hypotézu – střední hodnoty dat SF_{peak}, nezávisle na trenažéru, jsou u skupin TET vs. PARV a TET vs. PARN odlišné.

5 DISKUSE

Tato diplomová práce se zabývala, a měla za cíl, zhodnotit vliv odlišných pohybových aktivit na kardiovaskulární funkce, respektive srdeční frekvenci, u osob po míšním poranění. Vliv neurologické úrovně míšní léze na SF (a tím rozdíly ve výsledcích v mezi-skupinovém porovnání skupin TET, PARV a PARN) byl staršími zahraničními i tuzemskými studii dokázán (tato práce se touto otázkou zabývá v Hypotéze č. 4), avšak porovnáváním odlišných pohybových aktivit se doposud mnoho autorů nezabývalo. V praktické části práce jsme proto tyto vlivy testovali, a to měřením hodnot SF_{peak} v zátěžových testech na čtyřech odlišných sportovních trenažérech.

Pohybová aktivita u osob po míšním poranění je obecně ovlivňována mnoha limitujícími faktory vycházejícími z podstaty poškození míchy a vliv zátěže (co se týče reakce kardiovaskulárního systému) je specifický. Tyto faktory a poznatky byly dopodrobna popsány v první (teoretické) části práce. Kříž a Hlinková (2017) a Bakkum s kolektivem (2015) k hlavním limitacím řadí malé množství funkční svalové hmoty (plegií kosterních svalů pod úrovní míšní léze), inaktivní svalovou pumpu na dolních končetinách a nedostatečnou odpověď kardiovaskulárních funkcí na fyzickou zátěž (ztrátou sympatické regulace cév, srdce a dřeně nadledvin).

Při zpracovávání této diplomové práce se však, s přihlédnutím na tyto faktory omezující pohybovou aktivitu, projeví i další specifické fenomény a trendy v odlišnostech, a to jak mezi jednotlivými trenažéry, tak mezi probandy v rámci jedné skupiny, a také mezi skupinami. Tyto odlišnosti budou následně popsány a diskutovány u vyjádření k hypotézám.

Pro porozumění prvním třem hypotézám, týkajících se vlivu odlišných sportovních trenažérů na hodnoty vrcholové SF_{peak} , byla v teoretické části práce popsána funkční východiska zapojených svalových skupin na trenažérech. Skupiny TET, PARV a PARN mají mezi sebou, na základě úrovně míšní léze, odlišnosti v úrovni motorického poškození a tím jiné možnosti, jak zapojit určité svaly a svalové skupiny do specificky vykonávaných pohybů na sportovních trenažérech. A také každý z trenažérů vyžaduje svůj vlastní a specifický typ zátěže, čímž se od sebe odlišují. Proto by úroveň zachovaných svalů mohla s vlivem odlišných trenažérů na dosahování vrcholové SF_{peak} i v rámci jednotlivých skupin úzce souviset. Na základě těchto znalostí jsme, stanovením hypotéz, předpokládali mezi trenažéry statisticky významné rozdíly.

Problematiku vlivu úrovně míšní léze na hodnoty vrcholové SF_{peak} , stejně jako v této práci Hypotéza č. 4, již řešila řada starších zahraničních studií. Ty uvádí a dokazují, že s poraněním míchy, především u krčních a vysokých hrudních lézí, se pojí významná dysfunkce autonomního nervového systému (narušení sympatické supraspinální kontroly srdce a cév, parasympatikus je neporušen) (Ondrušová a Nováková, 2014; Teasell et al., 2000). Bylo nejméně jednou dokázáno, že rozsah narušení kardiovaskulárních funkcí přímo souvisí s neurologickou úrovní míšní léze – čím vyšší neurologická úroveň míšní léze, tím větší stupeň kardiovaskulární dysfunkce (West et al., 2012; West et al., 2013). Jak uvádí Kříž a Rejchrt (2014), sympatická inervace srdce vychází ze segmentů T1–T5, proto nejvýraznější změny nastávají při lézi v úrovni T6 a výše. Dle anatomického uložení sympatické inervace srdce předpokládáme, v rámci této práce, ovlivnění kardiovaskulárních funkcí narušením autonomního nervového systému u skupin TET a PARV (úroveň míšní léze C1–T6). Autonomní nervový systém má tedy na řízení srdeční frekvence, a její nárůst do vrcholových hodnot, přímý vliv. Tyto poznatky jasně dokazují, že osoby s míšním poraněním budou mít, v přímé závislosti na neurologické úrovni míšní léze, ovlivněny hodnoty zátěžové SF_{peak} . Na jejich základě předpokládáme, stanovením Hypotézy č. 4, potvrzení faktů, že skupina tetraplegiků TET bude mít při zátěži nižší hodnoty SF_{peak} , oproti skupinám paraplegiků a skupina PARN bude dosahovat hodnot nejvyšších. Nesmíme zapomenout, že narušení ANS s sebou nese pouze ovlivnění kardiovaskulárních funkcí (změny v hodnotách SF, tlaku krve, riziko autonomní dysreflexie a další) a abnormální odezvu na fyzickou zátěž. Přináší také abnormality v mnoha dalších orgánových systémech (na které tato práce nebyla zaměřena) včetně dysfunkce bronchopulmonárního systému, gastrointestinální poruchy, poruchy močení, poruchy sudomotorických a sexuálních funkcí, rozvoje neurogenního a míšního šoku či poruchy termoregulace (Alexander et al., 2009; Ondrušová a Nováková, 2014; Partida et al., 2016).

5.1 Diskuse k hypotézám týkajících se vlivu odlišných sportovních trenažérů na hodnoty vrcholové SF_{peak}

Hypotézy H_{01} , H_{02} a H_{03} se týkaly hlavního cíle této diplomové práce – porovnání naměřených hodnot vrcholových SF_{peak} dosažených při jízdě na čtyřech odlišných sportovních trenažérech do subjektivně maximálně vydaného úsilí

(hodnoceno stupněm 18–20 na Borgově škále RPE). Bude mít specificky vykonávaný pohyb na jednotlivých trenažérech vliv na vrcholovou SF?

Všechny tři nulové hypotézy – H_{01} : U skupiny TET jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.; H_{02} : U skupiny PARV jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné.; H_{03} : U skupiny PARN jsou střední hodnoty dat SF_{peak} na trenažérech VESLO, KAJAK, BĚŽKY a ROTREN stejné. – jsme na základě výsledků statistického zpracování přijali. Významné rozdíly mezi čtyřmi sportovními trenažéry, v porovnání dosažených středních hodnot vrcholových SF_{peak} , a to u všech tří sledovaných skupin, se tedy přijetím nulových hypotéz neukázaly statisticky významné. Avšak jak je z výsledků patrné a viditelné, odlišnosti mezi trenažéry pozorovány byly.

Nejvyšší průměrné SF_{peak} dosáhli probandi ve všech skupinách na T3 – BĚŽKY: TET (127,30±19,51 bpm); PARV (151,30±14,95 bpm); (PARN 158,40±22,30 bpm). Následoval v pořadí trenažerů T2 – KAJAK pro skupiny TET (124,40±17,00 bpm) a PARN (154,40±22,54 bpm) a T1 – VESLO pro skupinu PARV (148,80±15,05 bpm). Na třetím místě následoval pro skupiny TET (124,30±18,97 bpm) a PARN (151,30±18,88 bpm) T1 – VESLO a pro skupinu PARV (147,40±14,49 bpm) T2 – KAJAK. Nejnižších průměrných SF_{peak} dosahovali probandi všech skupin na T4 – ROTREN: TET (119,50±13,53 bpm); PARV (143,60±17,19 bpm); PARN (148,40±27,99 bpm). Při zkoumání individuálních výsledků probandů však toto řazení ne vždy platí – každý proband měl, co se týče dosažení nejvyšších hodnot SF_{peak} , pořadí trenažerů seřazeno jinak. Ve výsledcích se také projeví rozdíly v dosažení vrcholové SF_{peak} mezi skupinami (viz. diskuse k Hypotéze č. 4). Na všech trenažérech dosáhli probandi skupiny TET ze všech skupin nejnižších hodnot vrcholové SF_{peak} , následovali probandi skupiny PARV a nejvyšších hodnot dosahovali probandi skupiny PARN. To potvrzuje závislost dosahování vrcholových hodnot SF v zátěži na neurologické úrovni míšní léze.

Tyto výsledky jsou přehledně uvedeny v Grafu 7 a Tabulce 10 – skupiny se mezi sebou v dosažených hodnotách SF_{peak} liší (vzestupné řazení TET, PARV a PARN u všech trenažerů); v rámci skupin se hodnoty dosažených SF_{peak} na jednotlivých trenažérech liší, avšak ne statisticky významně.

Z vlastního pozorování průběhu měření v zátěžových testech, a také z výsledků naměřených hodnot, byly však patrné určité další trendy a odlišnosti ve vlivech trenažerů na probandy, specifické pro každou jednotlivou skupinu.

Jeden z pozorovaných trendů se vztahoval k posuzování neurologické úrovně a kompletnosti míšní léze a k autonomní kompletnosti/nekompletnosti míšní léze. Heller a kolektiv (2013) popisují významnější závislost funkční kapacity na výši míšního postižení do úrovně míšní léze T3, pod úrovní T6 je rozhodujícím faktorem funkční kapacity spíše pohybový režim. Jak již bylo řečeno, v této studii patřily do skupiny s předpokládaným narušením ANS skupiny probandů TET a PARV (míšní léze C1–T6), u skupiny PARN vliv narušené sympatické kontroly na srdeční frekvenci nepředpokládáme. V první (teoretické) části práce bylo popsáno (a ve své práci to dokazuje West a kolektiv (2013)), že u osob s míšním poraněním při posuzování kardiovaskulárních funkcí závisí nejen na neurologické úrovni a kompletnosti míšní léze, ale také na kompletnosti narušení ANS, což se ve standardních praxích nevyšetřuje. Vliv kompletnosti míšní léze na kardiovaskulární funkce zkoumal ve své práci Machač s kolektivem (2016). V klidových i zátěžových hodnotách nebyly změřeny významné rozdíly (porovnání tetraplegiků s rozsahem léze AIS A a AIS B). Zdá se tedy, že neurologická kompletnost léze, vyjádřená na AIS škále, nekoresponduje s kardiovaskulárními funkcemi kontrolovaných autonomním nervovým systémem (Machač et al., 2016) a významnější souvislost s kardiovaskulárními funkcemi má autonomní (než neurologická) kompletnost léze, a to v chronickém stadiu po míšním poranění – uváděno v souvislosti se současnou literaturou Westem s kolektivem (2013). Stupeň zachované autonomní kontroly bude více předvídat úroveň zbývajících kardiovaskulárních funkcí, čím kranialněji je úroveň míšní léze (West et al., 2013).

U probandů skupiny TET se tedy narušení autonomního nervového systému, a tím ovlivnění srdeční frekvence, dle jejich neurologické úrovně míšní léze, předpokládá. Probandi této skupiny dosáhli nejvyšší průměrné SF_{peak} na BĚŽKÁCH ($127,30 \pm 19,51$ bpm), nejnižší na ROTRENU ($119,50 \pm 13,53$ bpm), rozdíl mezi trenážéry byl pouze 7,80 bpm. To však neplatí v případě maximálních a minimálních individuálních výsledků. Nejvyšší dosažená hodnota SF_{peak} u skupiny TET byla 158 bpm, nejnižší 95 bpm – rozdíl 63 bpm. Výrazné rozdíly mezi probandy v dosahování vrcholových hodnot SF_{peak} mohly mít několik příčin. Při bližším studování výsledků se ukázalo, že autonomní kompletnost či nekompletnost míšní léze bude mít nejspíš na kardiovaskulární funkce větší vliv, než neurologická kompletnost či nekompletnost. To lze ukázat na příkladu dvou probandů skupiny TET s neurologickou úrovní míšní léze C6. Proband M. E., kompletní míšní léze AIS A, dosáhl vysokých hodnot SF_{peak} : 130 bpm, 143 bpm, 157 bpm a 135 bpm. To jsou vyšší hodnoty než

110–130 bpm, které považují, v případě tetraplegiků, Kříž a Rejchrt (2014) i Theisen (2012) za hraniční hodnoty SF_{max} . Dosažením takto vysokých hodnot se zdá, že proband M. E. měl autonomně nekompletní míšní lézi. Vyšších hodnot než 130 bpm dosáhlo 5 probandů, z toho 3 byly hodnoceny jako AIS A. Naopak proband T. K., ač senzitivně nekompletní míšní léze AIS B, dosáhl nízkých hodnot SF_{peak} : 95 bpm, 98 bpm, 95 bpm a 102 bpm. Rozsah a kompletnost senzomotorické úrovně míšní léze nemusí tedy zdaleka odpovídat rozsahu a kompletnosti léze autonomní. Rozdíly ve výsledcích mohly být také ovlivněny nehomogeností souboru, co se týká kompletnosti či nekompletnosti míšní léze (AIS) – do studie byli zařazeni, a tedy spolu porovnáváni, probandi s různou kompletností míšní léze. Schopnost dosažení vrcholových hodnot SF_{peak} u probandů skupiny TET je tedy pravděpodobně ovlivňována především úrovní dysfunkce autonomního nervového systému (a jeho kompletností). Otázkou zůstává, do jaké míry lze SF u těchto osob systematickým tréninkem ovlivňovat.

Z pozorování provádění pohybových stereotypů při zátěžových testech u skupiny TET se projeví také určité rozdíly mezi trenážéry a mezi jednotlivými probandy, které mohly mít na dosahování rozdílných vrcholových hodnot SF_{peak} také určitý vliv. K provádění pohybů mohli probandi skupiny TET využít pouze zachovanou aktivitu reziduálních svalů na horních končetinách, která přímo závisí na úrovni míšní léze. Plegie kosterních svalů pod úrovní léze je výrazným limitujícím faktorem pohybu (což zdůrazňují Kříž a Hlinková (2017)) a značně tedy ovlivní jejich pohybové možnosti. Probandi této skupiny měli, z důvodů úplného motorického deficitu trupového svalstva, výrazně narušenou také stabilitu trupu, a to jak předozadní, tak laterolaterální. S tím souvisí i pozorovaná limitace ve ventilaci při zátěži (z důvodu plegie interkostálního svalstva) – tu popisují i Myers et al. (2007). Ke zhoršování stability trupu při zátěži může přispět i změna funkce bránice z respirační na posturální. A to v případech, kdy výchozí poloha je na posturální funkce bránice příliš náročná. Tím byly omezeny jak respirační funkce, tak výkonnost i vytrvalost a celková komfortnost vykonávání pohybové aktivity. To vše vedlo k limitaci v provádění správných a kompletních pohybových vzorů na jednotlivých trenážérech. U probandů skupiny TET bylo nutné podpořit motorický deficit kompenzačními pomůckami – zajistit stabilitu trupu kvalitní fixací hrudním pásem a zajistit úchop fixačními rukavicemi. Při provádění pohybových stereotypů v zátěžových testech bylo, u probandů skupiny TET, jasně zřetelné, jaké individuální rozdíly mezi probandy jsou, a to co se týče motorických omezení dle neurologické úrovně míšní léze od C4 po C8. Velmi důležitým se zdál být motorický

deficit m. triceps brachii u probandů s míšní lézí do úrovně C7, protože tento sval je svojí funkcí – extenze loketních kloubů – v pohybových stereotypch záběrů velmi důležitý. Limitací na VESLE a BĚŽKÁCH bylo pro probandy skupiny TET udržení předozadní stability trupu. Výrazněji se tento trend projevil na VESLE, kde záběr horními končetinami probíhá horizontálně přitažením madla do úrovně hrudníku, na rozdíl od téměř vertikálního záběru horními končetinami na BĚŽKÁCH. Ač zajištění hrudním pásem, aktivní držení těla bylo náročné. U BĚŽEK se však, pouze u této skupiny, projevila více další limitace. Tím byl již zmiňovaný motorický deficit svalů horních končetin (a to v různém rozsahu), především narušení funkce m. triceps brachii, které znemožňovalo dotažení kompletního pohybového stereotypu do maximální extenze loketních kloubů, a tím byla práce ztížena. Nejvýrazněji byla nestabilita trupu patrná na KAJAKU. Zde nebylo možné využít ani pasivní opory o zádovou opěrku při konečné fázi záběru (jako u BĚŽEK či VESLA). Pohyb byl opět limitován motorickým deficitem v případě svalů horních končetin (především m. triceps brachii), svalů trupových a mezilopatkových. Na všech trenažérech byl velikou limitací pohybu motorický deficit trupového svalstva a tím nezapojení trupu do aktivního pohybu či stabilizační funkce, a to jak předozadní, tak laterolaterální stability. U této skupiny nejednou vedla svalová únava a vyčerpání k předčasnému ukončení zátěžového testu.

U probandů skupiny PARV mohly být kardiovaskulární funkce, a možnost dosažení vrcholových hodnot SF_{peak} , také ještě ovlivňovány narušeným autonomním nervovým systémem (do úrovně míšní léze T6). Nejvyšších průměrných hodnot SF_{peak} dosáhli probandi skupiny PARV na BĚŽKÁCH ($151,30 \pm 14,95$ bpm), nejnižších na ROTRENU ($143,60 \pm 17,19$ bpm), rozdíl mezi trenažéry byl pouze 7,70 bpm. Nejvyšší dosažená hodnota SF_{peak} u skupiny PARV byla 174 bpm, nejnižší 121 bpm – rozdíl 53 bpm. Při dosahování takto vysokých hodnot SF je i v případě skupiny PARV otázkou vliv autonomní kompletnosti/nekompletnosti míšní léze. Probandi skupiny PARV měli k dispozici větší množství motoricky zachovaných kosterních svalů (oproti skupině TET) – motorický deficit nepostihuje svalstvo horních končetin, určitá omezení (individuálně dle úrovně míšní léze) jsou u mezilopatkového a trupového svalstva. Při provádění pohybové aktivity je aktivováno větší množství svalové hmoty. Mezi jednotlivými probandy byly v dosahovaných vrcholových hodnotách SF_{peak} pozorovány značné rozdíly. U probandů této skupiny lze, mimo již zmíněný vliv narušeného autonomního nervového systému při dosahování maximální subjektivní intenzity zátěže, pozorovat možné další vlivy: úroveň fyzické kondice jednotlivých probandů, jiné

úrovně toho, co který proband považoval za svůj subjektivní vrcholový maximální výkon, jak byli probandi motivováni, možný vliv určité medikace aj. Bylo pozorováno, že pokud měl proband k pohybové aktivitě pozitivní vztah a pravidelně provádí kondiční trénink, byl motivovanější a dosáhl vyššího subjektivního maxima. Někteří probandi končili zátěžové testy pro svalovou únavu. Uvedu zde příklad dvou probandek – obě ženy, NLI T4, AIS A. Probandka I. H., která neprovádí žádnou pravidelnou pohybovou aktivitu, dosáhla jedněch z nejnižších hodnot SF_{peak} ve skupině PARV: 134 bpm, 141 bpm, 141 bpm a 124 bpm. Zátěžové testy končila pro únavu svalů, nedostatečným pozitivním vztahem k pohybové aktivitě nebyla ani dostatečně motivována k vyšším výkonům. Druhá probandka E. Š. minimálně jednou týdně pravidelně dochází do posilovny CP. Zde provádí vytrvalostní trénink jízdou na běžkařském a veslařském trenažéru. Ta dosáhla hodnot SF_{peak} podstatně vyšších, v rámci skupiny PARV téměř nejvyšších: 169 bpm, 161 bpm, 163 bpm a 159 bpm. Do jaké míry je za tyto výsledky zodpovědný případný vliv narušené sympatické kontroly či jiné vlivy, nelze s přesností určit.

U skupiny PARN (úroveň míšní léze od T6) již není pozorován vliv narušení autonomního nervového systému na kardiovaskulární funkce. Rozhodujícím faktorem funkční kapacity pod úrovní T6 se zdá být pohybový režim (Heller et al. (2013)). Tím se dokazuje značná možnost ovlivnění kardiorespirační zdatnosti sportovní aktivitou a pravidelným tréninkem. Rozdíly v hodnotách vrcholové SF_{peak} mezi jednotlivými probandy tedy závisely především na faktorech uvedených výše u skupiny PARV (motivace, subjektivní hodnocení maximální zátěže aj.). Probandi skupiny PARN dosahovali ze všech skupin nejvyšších hodnot SF_{peak} na všech trenažérech a vrcholové hodnoty SF_{peak} by se mohly, z důvodu neporušení ANS, v některých případech blížit hodnotám normální populace. Nejvyšších průměrných hodnot SF_{peak} dosáhli na BĚŽKÁCH ($158,40 \pm 22,30$ bpm), nejnižších na ROTRENU ($148,40 \pm 27,99$ bpm), rozdíl mezi trenažéry byl pouze 10,00 bpm. Nejvyšší dosažená hodnota SF_{peak} u skupiny PARN byla 190 bpm, nejnižší 102 bpm – rozdíl 88 bpm. U řady probandů se hodnoty SF_{peak} přibližovaly normě – výpočet pro SF_{max} u normální populace 220 mínus věk. Příkladem může být probandka Z. P. (NLI T11, AIS A, 32 let), pravidelně trénující v posilovně CP vytrvalostní zdatnost na kajakářském trenažéru, dosahovala hodnot SF_{peak} blízcích se normě pro svou věkovou skupinu: 180 bpm, 184 bpm, 178 bpm, 168 bpm.

Následně popsané trendy mohly mít opět vliv na dosahování vrcholových hodnot SF_{peak} a na odlišnostech u trenažérů. Co se týče limitací pohybu z hlediska plegie kosterních svalů pod úrovní míšní léze, byla u skupin paraplegiků PARV a PARN nejvýraznějším pozorovaným trendem, mezi probandy a trenažéry, míra narušení motorické funkce trupového svalstva, stabilita trupu a tím nastavení opěrné báze pro provádění správných, kvalitních a kompletních pohybových stereotypů horními končetinami. To vše výrazně negativně omezovalo celkový výkon v zátěžovém testu. U skupin PARV a PARN nebyl motorický deficit na horních končetinách, oslabení se projevilo na stabilitě trupu, jejíž kvalita se přímo odvíjela od neurologické úrovně míšní léze (čím nižší míšní léze, tím více motoricky funkčních břišních a zádových svalů a lepší stabilita trupu). Se zlepšující se stabilitou trupu u skupin PARV a PARN (skupina TET nemá tyto mechanismy k dispozici) bylo pozorováno, jak lze lépe aktivně zapojit do pohybu i trup – rotace na KAJAKU, částečná flexe a extenze (limitováno hrudním pásem) na BĚŽKÁCH a VESLE. Udržování laterolaterální stability trupu, prováděním střídavého záběru na KAJAKU, bylo pro probandy skupiny PARV náročnější, než udržování předozadní stability na VESLE a BĚŽKÁCH, kde bylo možné využít pasivní oporu o zádovou opěrku v konečné fázi pohybu.

Pozorováním provádění pohybových stereotypů na trenažérech se tedy potvrdilo, že neurologická úroveň míšní léze, a tím určený motorický deficit horních končetin u skupiny TET a trupového svalstva (a tím možnost zajistit kvalitní stabilní posturu sedu) u všech skupin, má na celkový výkon v zátěžovém testu velmi výrazný těsný vztah. Skupina PARN měla, co se zachovaných svalů týká, ze všech skupin největší možnosti v jejich využití v pohybových stereotypích. Nastavení a udržování správné postury a tím lepší možnosti k provádění pohybu horními končetinami byly také jedním z důvodů dosahování delších časů zátěžových testů a vyšších SF_{peak} .

Pro sjednocení podmínek, stran stability trupu, bylo v rámci tohoto výzkumu u všech probandů využito kompenzační pomůcky – hrudního pásu – fixující trup k zádové opěrce MIV. I přes toto zajištění trupu bylo udržení stability vsedě v MIV náročné a nejednou vedlo „padání“ do stran či dopředu k ukončení zátěžového testu. Tento fenomén se vyskytoval u některých probandů napříč všemi skupinami, výrazněji však u probandů skupiny TET, a to z důvodů popsaných výše.

U některých probandů napříč všemi skupinami se při jízdě na ROTRENU vyskytl problém se spastickými projevy na dolních končetinách. Fázické i tonické projevy

spasticity, v různém rozsahu, síle a podobě, ztěžovaly práci horním končetinám a v některých případech byly důvodem ukončení zátěžového testu.

Dalším hlediskem odlišnosti trenažerů bylo využití soupažného či střídavého pohybu horních končetin. Dva trenažéry (VESLO a BĚŽKY) využívají soupažného pohybu horních končetin. Tento pohyb je na provádění jednodušší, dochází k většímu záběru v jeden moment a zapojí se více velkých svalových skupin horních končetin a trupu naráz. Soupažný pohyb je zároveň náročnější na předozadní stabilitu trupu, která je u krčních (TET) a vysokých hrudních (PARV) míšních lézí, z důvodu úplného či částečného motorického deficitu svalstva trupu, výrazně oslabena a probandi jí tak, při zajišťování kvalitní postury pro vykonání pohybu, nemají k dispozici. Při střídavém pohybu horních končetin (ROTREN a KAJAK) je k pohybu využíván střídavý vzor zapojení celého těla (horní končetiny, trupové svalstvo). Tento typ pohybu má větší nároky na stabilitu trupu, a to jak předozadní tak laterolaterální. U KAJAKU, na rozdíl od ROTRENU, jsou nároky na stabilitu trupu ještě výraznější, a to z podstaty kajakářského záběru, který využívá většího rozsahu pohybu horními končetinami a rotací trupu. Dallmeijer a kolektiv (2004) dodávají, že synchronní práce je méně namáhavá a efektivnější, než střídavá.

5.2 Diskuse k hypotéze týkající se vlivu neurologické úrovně míšní léze na hodnoty vrcholové SF_{peak}

Hypotéza H_04 se týkala porovnání naměřených hodnot SF_{peak} mezi skupinami TET, PARV a PARN, a to nezávisle na druhu sportovního trenažeru. Budou, u mezi-skupinového porovnání skupin TET, PARV a PARN nezávisle na druhu sportovního trenažeru, významné rozdíly v zátěži v hodnotách SF_{peak} ?

H_04 : Střední hodnoty dat SF_{peak} , nezávisle na trenažeru, jsou u skupin TET, PARV a PARN stejné. – jsme na základě výsledků statistického zpracování přijali v případě porovnání skupin PARV vs. PARN. Při porovnání skupin TET vs. PARV a TET vs. PARN jsme na základě výsledků statistického zpracování přijali alternativní hypotézu – Střední hodnoty dat SF_{peak} , nezávisle na trenažeru, jsou u skupin TET vs. PARV a TET vs. PARN odlišné. Tyto výsledky se shodují s poznatky ze starších studií – Machač a kolektiv (2016), Schmid a kolektiv (1998), Heller a kolektiv (2013). Ti však, na rozdíl od této práce, která k zátěžovému testu využívala sportovní trenažéry, ve

svých pracích využili laboratorních podmínek a stupňovaného zátěžového testu na ručním klikovém ergometru. V porovnání s těmito studii se i v této práci potvrdilo, že čím vyšší úroveň míšní léze, tím nižší hodnoty vrcholové SF_{peak} . Výsledky průměrných SF_{peak} jsou u skupiny TET ($123,88 \pm 16,96$ bpm) nižší než u skupin PARV ($147,78 \pm 15,12$ bpm) a PARN ($153,13 \pm 22,57$ bpm). Mezi skupinou TET a oběma skupinami paraplegiků se statisticky významný rozdíl ve výsledcích projevil, mezi skupinami PARV a PARN sice výsledky neukázaly statisticky významný rozdíl v dosahování vrcholových SF_{peak} , rozdíl v hodnotách je však viditelný. To může být způsobeno jak již zmiňovanou individuální kompletností či nekompletností narušení ANS, celkovou kompletností míšní léze, tak relativně nízkým počtem probandů ve skupinách. I když výsledky nebyly v porovnání všech skupin signifikantní, ukázalo se (a to i v porovnání se staršími studii), že tetraplegici mají obecně nižší SF_{peak} než paraplegici

5.3 Diskuse k metodice práce

V průběhu výzkumu se vyskytly situace, které mohly konečné výsledky práce do určité míry ovlivnit. Značný vliv mohl přinášet počet probandů v jednotlivých skupinách. Při vyšším počtu probandů ve skupinách bychom mohli předpokládat výsledky statisticky významnější. S tím souvisí i další faktor, a to zařazení do studie a porovnávání výsledků probandů s různou neurologickou kompletností míšní léze. Pro získání detailnějších, srovnatelnějších a statisticky významnějších výsledků by bylo vhodné zařadit do výzkumu početnější a specifitější skupiny osob po míšním poranění. To se týká jak jednotnosti zkoumaného vzorku probandů v neurologické kompletnosti míšní léze, tak například sjednocení fyzické zdatnosti (provádění pravidelné pohybové aktivity, úroveň trénovanosti aj.) a jiných faktorů.

Pro stanovení jednotnosti výsledků na čtyřech odlišných trenažérech byl zátěžový test, pro potřeby této práce, specificky upraven. S tím souvisí limitace s porovnáváním výsledků s ostatními studii, které využívaly laboratorních podmínek a standardních stupňovaných zátěžových testů na klikovém ručním ergometru. Výzkum v této diplomové práci probíhal na sportovních trenažérech určených a doporučovaných pro vykonávání pravidelné pohybové aktivity, volně dostupných pro širokou veřejnost.

Zajímavé by se také mohlo zdát porovnání výsledků této studie s kontrolní skupinou zdravých jedinců, kteří by podstoupili totožné 4 zátěžové testy.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce měla za cíl zkoumání a zhodnocení vlivu odlišných pohybových aktivit na SF u osob po míšním poranění, proto jsme porovnávali zátěžové hodnoty SF (vrcholovou SF_{peak}) na čtyřech odlišných sportovních trenažérech. Po zátěžových testech na trenažérech a naměření vrcholových hodnot SF_{peak} v maximálním subjektivním zatížení se ukázalo, že rozdíly ve středních hodnotách SF_{peak} nebyly, v rámci porovnávání trenažérů v každé jednotlivé skupině probandů, statisticky významné. I když nebyly rozdíly mezi trenažéry, co se dosažení vrcholových hodnot SF_{peak} týká, signifikantní, ve výsledcích i pozorování průběhu testů se projevily jiné trendy v odlišnostech vlivu trenažérů na jednotlivé skupiny probandů. Tento výsledek nám tedy přináší podněty k dalšímu zkoumání.

Jako významný trend se ukázal problém s autonomní kompletností či nekompletností míšní léze, což zdůrazňuje i West et al. (2013) – autonomní kompletnost léze má významnější souvislost s kardiovaskulárními funkcemi než neurologická kompletnost léze v chronickém stadiu po míšním poranění. To nejvýrazněji u skupiny TET, která je narušením autonomního systému a jeho vlivy na SF postižena nejvíce, ale také u skupiny PARV, která úroveň míšní léze do T6 mohla být tímto narušením také ovlivňována. V této studii se ukázalo, že co se týče srdeční frekvence při provádění pohybových aktivit, záleží spíše na autonomní kompletnosti či nekompletnosti míšní léze (a dalších faktorech), než kompletnosti či nekompletnosti neurologické (a druhu sportovního trenažéru). Do budoucích výzkumů i klinické praxe je doporučované (a důležité) při vyšetřování kardiovaskulárních funkcí v chronických stádiích zohlednit jak autonomní, tak neurologickou kompletnost míšní léze (West et al., 2013). Otázkou do budoucna může být také autonomní kompletnost/nekompletnost míšní léze u vrcholových sportovců. Sportovci s míšní lézí do úrovně T6, ač například hodnoceni stupněm AIS A a tedy bráni jako kompletní míšní léze, ale s nekompletním autonomním poškozením, by mohli být schopni dosahovat vyšších vrcholových hodnot SF. To by teoreticky mohlo pozitivně ovlivnit jejich výkonnost a podmínky mezi sportovci by tedy nemusely být srovnatelné. Nesmíme však nikdy zapomínat na možná rizika autonomní dysreflexie.

Nové poznatky a trendy zjištěné v rámci této diplomové práce nám tedy mohou v praxi, při práci s osobami po míšním poranění, pomoci v individuálním výběru

vhodné pohybové aktivity pro jednotlivé osoby. Pro individuální zohlednění musíme brát v potaz také výrazný rozdíl mezi skupinami a trenažéry z hlediska udržování stability a postury trupu, zapojování určitých svalových skupin, komfortu při provádění pohybové aktivity, náročnosti provádění správných pohybových stereotypů pro určité skupiny i jednotlivé osoby aj. Z hlediska dosažení vrcholové SF_{peak} se může zdát, že všechny sportovní trenažéry jsou vhodné pro všechny skupiny. Avšak při výběru sportovního trenažeru pro provádění smysluplné a systematické pohybové aktivity musíme přihlídnout k několika důležitým bodům – individuálním cílům klienta (trénink vrcholového sportovce vs. rekreační pohybová aktivita), využití kompenzačních pomůcek, zajištění správné postury sedu při provádění pohybové aktivity a individuální možnosti jejího udržení, individuální oblíbenosti dané pohybové aktivity a mnoha dalším. Neméně důležité jsou také, při výběru aktivit, odlišnosti v trenažérech – ROTREN, jako přechod mezi rehabilitační pomůckou a sportovním trenažérem, vhodný ke snížení spasticity dolních končetin; BĚŽKY a VESLO pro nácvik předozadní stability; KAJAK pro trénink rotací a stability trupu. Všechny výše uvedené nové poznatky, i poznatky ze starších studií, lze využít v praxi. Zvláště pak při zaměření na pohybový režim osob na vozíku je lze brát jako ne nedůležitý dodatek k doporučením pro pohybové aktivity pro osoby po míšním poranění popsanych směrnicemi v první (teoretické) části práce.

Z pohledu fyzioterapeuta nesmíme opomenout, při doporučení a edukaci k provádění pravidelné pohybové aktivity u osob s míšním poškozením, také důležitost zajištění vyhovující postury sedu před zahájením a v průběhu tréninku, významnost provádění korektního a kvalitního pohybového stereotypu, dodržování zásad správného držení těla, využití kompenzačních pomůcek, nepřetěžování ostatních částí pohybového aparátu (ramenních kloubů) aj. Před zahájením pohybové aktivity je také velmi důležité vybrat a nastavit nejvhodnější, komfortní polohu pro zajištění dobrých respiračních funkcí k usnadnění ventilace a tím umožnění lepší výkonnosti a vytrvalosti. Při výběru vhodného trenažeru volíme, s přihlédnutím na další aspekty, ten, na kterém bude klient provádět pohybové stereotypy nejvhodněji, nebude docházet k přetěžování a tím k možným degenerativním změnám pohybového aparátu, kdy vznikající bolestivé stavy prohlubují nežádoucí fyzickou dekonkci. Vhodným pohybem, jako kompenzace jízdy na mechanickém vozíku, se zdá být pohyb opačného charakteru k propulzi vozíku. Nesmíme zapomenout také na řádnou edukaci, využívání vhodných kompenzačních

pomůcek a kompenzačního cvičení, popřípadě i přizpůsobení provádění pohybových aktivit individuálním možnostem a limitacím jednotlivých klientů.

Dalším cílem bylo srovnat vrcholové hodnoty SF_{peak} na jednotlivých trenažérech v mezi-skupinovém porovnání v závislosti na výšce míšní léze. Tím se potvrdily poznatky z dřívějších studií o závislosti neurologické úrovně míšní léze na hodnoty SF_{peak} při zátěži. Hodnoty SF tedy přímo závisí na neurologické úrovni míšní léze, čím nižší úroveň léze, tím SF stoupá. To se ukázalo na statisticky významných rozdílech mezi skupinou TET oproti skupinám PARV a PARN v porovnání skupin nezávisle na druhu sportovního trenažéru.

Pohybová aktivita má významný vliv na kvalitu života, a to nejen u osob po míšním poranění. Avšak u této specifické skupiny osob narážíme na celou řadu limitací daných tímto postižením. Důsledky míšní léze se projevují nejen ve ztrátě somatických a autonomních funkcí nervového systému, ale také ve změnách funkcí kardiovaskulárních, metabolických a jiných. Život na vozíku, snížená kondice, změny v tělesném složení a další problémy mohou vést k výskytu ohrožujících stavů (diabetes II. typu, obezita aj.) a tím k rozvoji život ohrožujících kardiovaskulárních onemocnění. Proto zvýšená pohybová aktivita, v rámci pravidelného cvičebního programu, přináší protektivní a preventivní efekt, přispívá k postupnému zvyšování kondice a udržení zdraví, má příznivý vliv na psychickou pohodu jedince a zajišťuje zdravý a aktivní styl života. Nejde nesouhlasit se Stevensem a Morganem (2015) a Fischerem s kolektivem (2015) v tvrzení, že fyzická aktivita zlepšuje kardiovaskulární zdatnost a zvyšuje funkční nezávislost, a to i přes limitace stran omezené kardiální odpovědi a vytrvalostní kapacity. Cvičení je důležitá komponenta uchování kardiovaskulárního a svalového zdraví. Význam, vliv a limitace pohybových aktivit byly podrobně popsány v první (teoretické) části práce.

Hlavním předmětem a přínosem této práce mělo být zhodnocení, zda mají rozdílné pohybové aktivity vliv na srdeční frekvenci u osob po míšním poranění. Dosažené cíle této práce lze shrnout do jednoduchého poučení do praxe: sportovní trenažéry se od sebe, co se týká dosažení vrcholové SF_{peak} , neliší, v řadě jiných důležitých aspektů pohybových aktivit se liší, jednu věc mají ale společnou – systematicky prováděná pohybová aktivita na nich vykonávaná s sebou přináší veškeré benefity a tím zajišťuje spokojený, aktivní a zdravý životní styl každého, kdo pravidelnou pohybovou aktivitu přijme za nenahraditelnou součást svého života.

Vybírat pravidelnou strukturovanou fyzickou aktivitu, nad rámec běžných denních činností, je však nutné pečlivě a individuálně, a to pro každého klienta. Musíme přihlídnout na rozsah míšní léze, jeho pohybové schopnosti a možnosti, cíle jeho tréninku, oblíbenost určité aktivity, časové a finanční možnosti aj. Zapomínat nesmíme ani na směrnice a doporučení pohybových aktivit osob po míšním poranění, které nám ve výběru mohou pomoci. Nezáleží na tom, pro jakou formu pohybové aktivity se člověk ve výsledku rozhodne. Velmi důležité však je, aby měl pravidelný a systematicky prováděný vytrvalostní aerobní trénink, doplněný o trénink odporový, v životě člověka po míšním poranění své místo. Zařazení takových tréninků by se nemělo odkládat, ideálně co nejdříve po stabilizaci zdravotního stavu. Vhodné podmínky pro začátek přináší například pobyt v Centru Paraple, kde by aerobní i odporový trénink v rámci pohybové terapie (vedle fyzioterapeutické, ergoterapeutické, psychoterapeutické a sociální péče) měly být zařazovány do programu již při prvních pobytech, a to s přihlédnutím na zdravotní stav klienta.

REFERENČNÍ SEZNAM

- ALEXANDER, M. S., BIERING-SORENSEN, F., BODNER, D., et al. International standards to document remaining autonomic function after spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2009, **47**(1), 36–43. ISSN 1362-4393.
- ALLFORD, A., MITCHELL-NORFOLK, L. Strength and conditioning for wheelchair sport. In: GOOSEY-TOLFREY, V. *Wheelchair sport: a complete guide for athletes, coaches, and teachers*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 2010, 64–74. ISBN 0-7360-8676-5.
- BAKKUM, A. J. T., PAULSON, T. A. W., BISHOP, N. C., GOOSEY-TOLFREY, V. L., STOLWIJK-SWÜSTE, J. M., KUPPEVELT, D. J., GROOT, S., JANSSEN, T. W. J. Effects of hybrid cycle and handcycle exercise on cardiovascular disease risk factors in people with spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2015, **47**(6), 523–530. ISSN 1650-1977.
- BARTLETT, M. S. Properties of Sufficiency and Statistical Tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences* [online]. 1937, **160**(901), 268–282 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1098/rspa.1937.0109. Dostupné z: <http://rspa.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspa.1937.0109>
- BICKEL, C. S., YARAR-FISHER, C., MAHONEY, E. T., MCCULLY, K. K. Neuromuscular Electrical Stimulation–Induced Resistance Training After SCI: A Review of the Dudley Protocol. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2015, **21**(4), 294–302. ISSN 1082-0744.
- BOX, G. E. P. Some Theorems on Quadratic Forms Applied in the Study of Analysis of Variance Problems, II. Effects of Inequality of Variance and of Correlation Between Errors in the Two-Way Classification. *The Annals of Mathematical Statistics*. 1954, **25**(3), 484–498.
- Concept 2. Concept2: jedinečný veslařský trenažér. *Concept 2* [online]. 2018a. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.concept2.cz/veslovaci-trenazer/>
- Concept 2. Muscles used on the SkiErg. *Concept 2* [online]. 2018b. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: http://www.concept2.com/files/pdf/us/skierg/skierg_muscles_used.pdf
- Concept 2. SkiErg2: běžkařský trenažér. *Concept 2* [online]. 2018c. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.concept2.cz/skierg2/>

- Concept 2. The Biomechanics of Rowing. *Concept 2* [online]. 2018d. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: http://www.concept2.com/files/pdf/us/training/Training_MusclesUsed.pdf
- CRAGG, J. J., NOONAN, V. K., KRASSIOUKOV, A., BORISOFF, J. Cardiovascular disease and spinal cord injury: Results from a national population health survey. *Neurology*. 2013, **81**(8), 723–728. ISSN 0028-3878.
- ČLS JEP. Statistika 2016. *Česká společnost pro míšní léze ČLS JEP* [online]. 2018 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: https://www.spinalcord.cz/_userfiles/dokumenty/statistiky/pocet-pacientu-srj16.pdf
- DALLMEIJER, A. J., OTTJES, L., DE WAARDT, E., VAN DER WOUDE, L. H. V. A Physiological Comparison of Synchronous and Asynchronous Hand Cycling. *International Journal of Sports Medicine*. 2004, **25**(8), 622–626. ISSN 0172-4622.
- DEVIVO, M. J. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord*. 2012, **50**(5), 365–372. ISSN 1362-4393.
- DUFKOVÁ, A. *Srovnání kineziologického obsahu pohybu při záběru vpřed na rychlostním kajaku a pádlovacím trenážeru*. Praha, 2011. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009, 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- DYLEVSKÝ, I., MRÁZKOVÁ, O., DRUGA, R. *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada, 2000, 664 s. ISBN 80-716-9681-1.
- FALTÝNKOVÁ, Z. *Vše okolo tetraplegie*. Praha: Česká asociace paraplegiků – CZEPA, 2012, 59 s. ISBN nevedeno.
- FAUPIN, A., GORCE, P., WATELAIN, E., MEYER, C., THEVENON, A. A Biomechanical Analysis of Handcycling: A Case Study. *Journal of Applied Biomechanics*. 2010, **26**(2), 240–245. ISSN 1065-8483.
- FISHER, J. A., MCNELIS, M. A., GORGEY, A. S., DOLBOW, D. R., GOETZ, L. L. Does Upper Extremity Training Influence Body Composition after Spinal Cord Injury? *Aging and Disease* [online]. 2015, **6**(4), 271–281 [cit. 2018-02-09]. DOI: 10.14336/AD.2014.0912. ISSN 2152-5250. Dostupné z: <http://www.aginganddisease.org/EN/10.14336/AD.2014.0912>
- FISHER, R. A. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1925.

- GOOSEY-TOLFREY, V., PRICE, M. Physiology of wheelchair sport. In: GOOSEY-TOLFREY, V. *Wheelchair sport: a complete guide for athletes, coaches, and teachers*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 2010, 48–62. ISBN 0-7360-8676-5.
- GORGEY, A. S. Exercise awareness and barriers after spinal cord injury. *World Journal of Orthopedics* [online]. 2014, **5**(3), 158–162 [cit. 2018-02-09]. DOI: 10.5312/wjo.v5.i3.158. ISSN 2218-5836. Dostupné z: <http://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v5/i3/158.htm>
- GORGEY, A. S., CHIODO, A. E., ZEMPER, E. D., HORNYAK, J. E., RODRIGUEZ, G. M., GATER, D. R. Relationship of spasticity to soft tissue body composition and the metabolic profile in persons with chronic motor complete spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2010, **33**(1), 6–15. ISSN 1079-0268.
- MARTIN GINIS, K. A., VAN DER SCHEER, J. W., LATIMER-CHEUNG, A. E., et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord*. 2018, **56**(4), 308–321. ISSN 1362-4393.
- HÁKOVÁ, R., KRŮŽ, J. Míšní šok - od patofyziologie ke klinickým projevům. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2015, **78/111**(3), 263–267. ISSN 1210-7859.
- HARVEY, L. *Management of spinal cord injuries: a guide for physiotherapists*. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2008, 316 s. ISBN 978-044-3068-584.
- HAYES, A. M., MYERS, J. N., HO, M., LEE, M. Y., PERKASH, I., KIRATLI, B. J. Heart rate as a predictor of energy expenditure in people with spinal cord injury. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2005, **42**(5), 617–624. ISSN 0748-7711.
- HELLER, J., VODIČKA, P., COUFALOVÁ, K., CHALOUPKOVÁ, E. Funkční profil u aktivních tetraplegiků a paraplegiků – mužů a žen – v závislosti na výši míšní léze. *Česká kinantropologie*. 2013, **17**(3), 91–102. ISSN 1211-9261.
- HICKS, A. L., MARTIN GINIS, K. A., PELLETIER, C. A., DITOR, D. S., FOULON, B., WOLFE, D. L. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2011, **49**(11), 1103–1127. ISSN 1362-4393.
- HLINKOVÁ, Z., SLABÝ, K., KRŮŽ, J. Změny v metabolismu po poranění míchy. 3. část: Možnosti ovlivnění energetického příjmu. *DMEV*. 2017, **20**(3), 152–156. ISSN 1211-9326.

- HO, C. H., WUERMSER, L., PRIEBE, M. M., CHIODO, A. E., SCENZA, W. M., KIRSHBLUM, S. C. Spinal Cord Injury Medicine. 1. Epidemiology and Classification. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007, **88**(3), 49–54. ISSN 0003-9993.
- CHAN, C. W. L., ENG, J. J., TATOR, C. H., KRASSIOUKOV, A. Epidemiology of sport-related spinal cord injuries: A systematic review. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2016, **39**(3), 255–264. ISSN 1079-0268.
- CHEN, Y., TANG, Y., ALLEN, V., DEVIVO, M. J. Aging and Spinal Cord Injury: External Causes of Injury and Implications for Prevention. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2015, **21**(3), 218–226. ISSN 1082-0744.
- CHEN, Y., TANG, Y., VOGEL, L., DEVIVO, M. Causes of Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2013, **19**(1), 1–8. ISSN 1082-0744.
- JAZAYERI, S. B., BEYGI, S., SHOKRANEH, F., HAGEN, E. M., RAHIMI-MOVAGHAR, V. Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review. *European Spine Journal*. 2015, **24**(5), 905–918. ISSN 0940-6719.
- Kalpe. Rotren Solo X. *Kalpe* [online]. 2012 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.kalpe.cz/rotren-solo-x/>
- KHALIL, R. E., GORGEY, A. S., JANISKO, M., DOLBOW, D. R., MOORE, J. R., GATER, D. R. The Role of Nutrition in Health Status after Spinal Cord Injury. *Aging and Disease*. 2013, **4**(1), 14–22. ISSN 2152-5250.
- KIRSHBLUM, S. C., BURNS, S. P., BIERING-SORENSEN, F., et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2011, **34**(6), 535–546. ISSN 1079-0268.
- KŘÍŽ, J. Spinální program v České republice - historie, současnost, perspektivy. *Neurologie pro praxi*. 2013, **14**(3), 140–143. ISSN 1213-1814.
- KŘÍŽ, J., FALTÝNKOVÁ, Z. *Léčba a rehabilitace pacientů s míšní lézí: příručka pro praktického lékaře*. Praha: Česká asociace paraplegiků - CZEPA, 2012.
- KŘÍŽ, J., HÁKOVÁ, R., HYŠPERSKÁ, V., HLINKOVÁ, Z., LUKÁŠ R., ANDĚL, R. Mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci míšního poranění - revize 2013. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2014a, **77/110**(1), 77–81. ISSN 1210-7859.

- KŘÍŽ, J., HLINKOVÁ, Z. Neurorehabilitace senzomotorických funkcí po poranění míchy. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2016, **79/112**(4), 378–396. ISSN 1210-7859.
- KŘÍŽ, J., HLINKOVÁ, Z. Respirační komplikace u pacientů po poškození míchy a jejich řešení na spinální jednotce FN Motol. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2014, **21**(1), 16–20. ISSN 1211-2658.
- KŘÍŽ, J., HLINKOVÁ, Z. Změny v metabolismu po poranění míchy. 2. část: Možnosti ovlivnění energetického výdeje pohybovou aktivitou. *DMEV*. 2017, **20**(2), 68–73. ISSN 1211-9326.
- KŘÍŽ, J., HLINKOVÁ, Z., SLABÝ, K. Změny v metabolismu po poranění míchy. 1. část: Rozdíly v tělesném složení a metabolické důsledky. *DMEV*. 2014b, **17**(4), 209–213. ISSN 1211-9326.
- KŘÍŽ, J., HYŠPERSKÁ, V. Vývoj neurologického a funkčního obrazu po poranění míchy. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2014, **77/110**(2), 186–195. ISSN 1210-7859.
- KŘÍŽ, J., CHVOSTOVÁ, Š. Vyšetřovací a rehabilitační postupy u pacientů po míšní lézi. *Neurologie pro praxi*. 2009, **10**(3), 143–147. ISSN 1213-1814.
- KŘÍŽ, J., REJCHRT, M. Autonomní dysreflexie - závažná komplikace u pacientů po poranění míchy. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2014, **77/110**(2), 168–173. ISSN 1210-7859.
- MACHAČ, S., RADVANSKÝ, J., KOLÁŘ, P., KŘÍŽ, J. Cardiovascular response to peak voluntary exercise in males with cervical spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2016, **39**(4), 412–420. ISSN 1079-0268.
- MATALIOTAKIS, G. I., TSIRIKOS, A. I. Spinal cord trauma: pathophysiology, classification of spinal cord injury syndromes, treatment principles and controversies. *Orthopaedics and Trauma*. 2016, **30**(5), 440–449. ISSN 1877-1327.
- MOCKOVÁ, K., RADVANSKÝ, J., MATOUŠ, M., Vztah odhadnuté intenzity zátěže (RPE – Rating of Perceived Exertion) k tepové frekvenci, spotřebě kyslíku a zátěži u pacientů léčených beta-blokátory sympatiku. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*. 2000, **9**(2), 58–67. ISSN 1210-5481
- MYERS, J., LEE, M., KIRATLI, J. Cardiovascular Disease in Spinal Cord Injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2007, **86**(2), 142–152. ISSN 0894-9115.

- NSCISC. Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance. *NSCISC National Spinal Cord Injury Statistical Center* [online]. Birmingham, Alabama: University of Alabama, 2018 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts%20and%20Figures%20-%202018.pdf>
- ONDRUŠOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, M. Ortostatická hypotenze jako autonomní dysregulační porucha po poranění krční míchy. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2014, **77/110**(2), 174–179. ISSN 1210-7859.
- PALMER, S., KRIEGSMAN, K. H., PALMER, J. B. *Spinal cord injury: a guide for living*. 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2008, 352 s. ISBN 978-0-8018-8778-9.
- PARTIDA, E., MIRONETS, E., HOU, S., TOM, V. J. Cardiovascular dysfunction following spinal cord injury. *Neural Regeneration Research*. 2016, **11**(2), 189–194. ISSN 1673-5374.
- PFEIFFER, J. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada, 2007, 352 s. ISBN 978-80-247-1135-5.
- SEZER, N., AKKUŞ, S., UĞURLU, F. G. Chronic complications of spinal cord injury. *World Journal of Orthopedics* [online]. 2015, **6**(1), 24–33 [cit. 2018-02-09]. DOI: 10.5312/wjo.v6.i1.24. ISSN 2218-5836. Dostupné z: <http://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v6/i1/24.htm>
- SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 1965, **52**(3/4), 591–611. ISSN 0006-3444.
- SCHLADEN, M., GROAH, S. State of the Science on Cardiometabolic Risk After Spinal Cord Injury: Recap of the 2013 ASIA Pre-Conference on Cardiometabolic Disease. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2014, **20**(2), 105–112. ISSN 1082-0744.
- SCHMID, A., HUONKER, M., BARTUREN, J., et al. Catecholamines, heart rate, and oxygen uptake during exercise in persons with spinal cord injury. *Journal of Applied Physiology*. 1998, **85**(2), 635–641. ISSN 8750-7587.
- SCI Action Canada. Physical Activity Guidelines for Adults with Spinal Cord Injury. *SCI Action Canada* [online]. Ontario, Canada: McMaster University, 2011 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://sciactioncanada.ca/docs/guidelines/Physical-Activity-Guidelines-for-Adults-with-a-Spinal-Cord-Injury-English.pdf>
- SOMERS, M. F. *Spinal cord injury: functional rehabilitation*. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2001. ISBN 08-385-8616-3.

- STEVENS, S. L., MORGAN, D. W. Heart Rate Response During Underwater Treadmill Training in Adults with Incomplete Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2015, **21**(1), 40–48. ISSN 1082-0744.
- STUDENT. The Probable Error of a Mean. *Biometrika*. 1908, **6**(1), 1-25. ISSN 0006-3444.
- ŠÁMAL, F., OUZKÝ, M., HANINEC, P. Míšní léze z pohledu neurochirurga. *Neurologie pro praxi*. 2017, **18**(6), 386–388. ISSN 1213-1814.
- ŠTĚPÁNOVÁ, J., KUDLÁČEK, M. Zásady pohybové aktivity pro dospělé osoby s poraněním míchy. *Aplikované pohybové aktivity v teorii a praxi*. 2015, **6**(1), 34–38. ISSN 1804-4204.
- ŠTĚTKÁŘOVÁ, I. Neurofyziologické metody v diagnostice míšních lézí. *Neurologie pro praxi*. 2017, **18**(6), 373–379. ISSN 1213-1814.
- TAWASHY, A. E., ENG, J. J., KRASSIOUKOV, A. V., MILLER, W. C., SPROULE, S. Aerobic Exercise During Early Rehabilitation for Cervical Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*. 2010, **90**(3), 427–437. ISSN 0031-9023.
- TEASELL, R. W., ARNOLD, J. M. O., KRASSIOUKOV, A., DELANEY, G. A. Cardiovascular consequences of loss of supraspinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000, **81**(4), 506–516. ISSN 0003-9993.
- THEISEN, D. Cardiovascular determinants of exercise capacity in the Paralympic athlete with spinal cord injury. *Experimental Physiology*. 2012, **97**(3), 319–324. ISSN 0958-0670.
- TWEEDY, S., DIAPER, N. Introduction to wheelchair sport. In: GOOSEY-TOLFREY, V. *Wheelchair sport: a complete guide for athletes, coaches, and teachers*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 2010, 4–28. ISBN 0-7360-8676-5.
- Vasa trainer. SwimErg. *Vasa* [online]. 2018. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://vasatrainer.com/product/swim-ergometer-swimming-machine/>
- WANG, Y., HUANG, T., LIN, J., HWANG, J., CHAN, H., LAI, J., TSENG, Y. Decreased autonomic nervous system activity as assessed by heart rate variability in patients with chronic tetraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000, **81**(9), 1181–1184. ISSN 0003-9993.
- WELCH, B. L. The generalization of "Student's" problems when several different population variances are involved. *Biometrika*. 1947, **34**(1-2), 28–35. ISSN 0006-3444.

- WEST, C., BELLANTONI, A., KRASSIOUKOV, A. Cardiovascular Function in Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2013, **19**(4), 267–278. ISSN 1082-0744.
- WEST, C. R., MILLS, P., KRASSIOUKOV, A. V. Influence of the neurological level of spinal cord injury on cardiovascular outcomes in humans: a meta-analysis. *Spinal Cord*. 2012, **50**(7), 484–492. ISSN 1362-4393.
- WONG, S. C., BREDIN, S. S. D., KRASSIOUKOV, A. V., TAYLOR, A., WARBURTON, D. E. R. Effects of training status on arterial compliance in able-bodied persons and persons with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2013, **51**(4), 278–281. ISSN 1362-4393.

Ústní sdělení – poznámky z kurzu:

- KŘÍŽ, J., HYŠPERSKÁ, V., HÁKOVÁ, R., HLINKOVÁ, Z., LÍŤÁKOVÁ, V. *VI. kurz vyšetření spinálního pacienta*. Spinální jednotka při Klinice RHB a TVL UK 2. LF a FN v Motole, Praha, 2017.

SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|--|-----|
| Příloha č. 1: Přehled inervovaných svalů HKK a DKK dle úrovní míšních segmentů (Harvey, 2008) (tabulka)..... | 97 |
| Příloha č. 2: Charakteristika výzkumného souboru (tabulka)..... | 99 |
| Příloha č. 3: Charakteristika skupiny č. 1 – TET (tabulka) | 100 |
| Příloha č. 4: Charakteristika skupiny č. 2 – PARV (tabulka)..... | 101 |
| Příloha č. 5: Charakteristika skupiny č. 3 – PARN (tabulka)..... | 102 |
| Příloha č. 6: Probandi skupin TET, PARV a PARN na veslařském trenažéru (fotografie)..... | 103 |
| Příloha č. 7: Probandi skupin TET, PARV a PARN na kajakářském trenažéru (fotografie)..... | 104 |
| Příloha č. 8: Probandi skupin TET, PARV a PARN na běžkařském trenažéru (fotografie)..... | 105 |
| Příloha č. 9: Probandi skupin TET, PARV a PARN na Rotrenu (fotografie) | 105 |
| Příloha č. 10: Informovaný souhlas | 106 |
| Příloha č. 11: Souhlas etické komise Centra Paraple, o.p.s. | 107 |
| Příloha č. 12: Zpracování naměřených klidových hodnot SF (SF_{klid}) | 108 |

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Přehled inervovaných svalů HKK a DKK dle úrovní míšních segmentů (Harvey, 2008) (tabulka)

| Joint | Movement | Muscle | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | T1 |
|--|--|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Scapula | Elevation | Upper trapezius | | | | | | | |
| | Depression Retraction | Levator scapulae | | | | | | | |
| | | Lower trapezius | | | | | | | |
| | | Middle trapezius Rhomboids | | | | | | | |
| Shoulder | Protraction Flexion | Serratus anterior | | | | | | | |
| | | Anterior deltoid | | | | | | | |
| | Flexion | Pectoralis major (clavicular head) | | | | | | | |
| | | Pectoralis major (sternocostal head) | | | | | | | |
| | | Coracobrachialis | | | | | | | |
| | | Posterior deltoid | | | | | | | |
| | Extension | Infraspinatus | | | | | | | |
| | | Teres minor | | | | | | | |
| | | Teres major | | | | | | | |
| | | Latissimus dorsi | | | | | | | |
| | Abduction | Middle deltoid | | | | | | | |
| | | Supraspinatus | | | | | | | |
| | Adduction | Pectoralis major (sternocostal head) | | | | | | | |
| | | Latissimus dorsi | | | | | | | |
| Coracobrachialis | | | | | | | | | |
| Horizontal abduction Horizontal adduction | Posterior deltoid | | | | | | | | |
| | Pectoralis major (clavicular head) | | | | | | | | |
| Medial rotation | Pectoralis minor | | | | | | | | |
| | Anterior deltoid | | | | | | | | |
| | Subscapularis | | | | | | | | |
| | Teres major | | | | | | | | |
| Lateral rotation | Latissimus dorsi | | | | | | | | |
| | Anterior deltoid | | | | | | | | |
| | Infraspinatus Teres minor Posterior deltoid | | | | | | | | |
| Elbow | Flexion | Biceps brachii | | | | | | | |
| | | Brachialis | | | | | | | |
| | Extension Supination Pronation | Brachioradialis | | | | | | | |
| | | Triceps | | | | | | | |
| | | Biceps brachii Supinator Pronator quadratus Pronator teres | | | | | | | |
| Wrist | Flexion | Flexor carpi radialis | | | | | | | |
| | | Palmaris longus | | | | | | | |
| | | Flexor carpi ulnaris | | | | | | | |
| | Extension | Extensor carpi radialis longus | | | | | | | |
| | | Extensor carpi radialis brevis | | | | | | | |
| | | Extensor carpi ulnaris | | | | | | | |
| | Radial deviation | Extensor carpi radialis longus | | | | | | | |
| | | Extensor carpi radialis brevis | | | | | | | |
| Ulnar deviation | Flexor carpi radialis | | | | | | | | |
| | Extensor carpi ulnaris Flexor carpi ulnaris | | | | | | | | |
| Fingers | Flexion (MCP/PIP) Flexion (DIP) | Flexor digitorum superficialis | | | | | | | |
| | | Flexor digitorum profundus | | | | | | | |
| | | Dorsal interossei Palmar interossei | | | | | | | |
| | Flexion (MCP) Extension (MCP/PIP/DIP) | Flexor digiti minimi brevis | | | | | | | |
| | | Extensor digitorum Extensor indicis Extensor digiti minimi | | | | | | | |
| | Extension (PIP/DIP) Abduction | Lumbricals | | | | | | | |
| | | Dorsal interossei | | | | | | | |
| | | Abductor digiti minimi | | | | | | | |
| | Adduction Opposition | Palmar interossei | | | | | | | |
| | | Opponens digiti minimi | | | | | | | |
| Thumb | Flexion (IP) Flexion/rotation (MCP) | Flexor pollicis longus | | | | | | | |
| | | Flexor pollicis brevis | | | | | | | |
| | Extension (MCP) Extension (IP) | Extensor pollicis brevis | | | | | | | |
| | | Extensor pollicis longus | | | | | | | |
| | Abduction Abduction/rotation | Abductor pollicis longus | | | | | | | |
| | | Abductor pollicis brevis | | | | | | | |
| | Adduction/rotation Adduction/flexion (IP) Opposition | Adductor pollicis | | | | | | | |
| | | Palmar interossei Opponens pollicis | | | | | | | |

The spinal nerve roots which predominantly innervate a muscle are indicated with heavy shading. (Abbreviations: DIP = distal interphalangeal joint; IP = interphalangeal joint; MCP = metacarpophalangeal joint; PIP = proximal interphalangeal joint.) Adapted from Reference 1 with permission of Elsevier.

| Joint | Movement | Muscle | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | S1 | S2 | S3 |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Hip | Flexion | Psoas major | ■ | | | | | | | |
| | | Iliacus | | ■ | | | | | | |
| | | Pectineus | | | ■ | | | | | |
| | | Rectus femoris | | | ■ | ■ | | | | |
| | | Adductor longus | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Extension | Sartorius | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | | Gluteus maximus | | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| | | Adductor magnus | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | | Semimembranosus | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| | | Semitendinosus | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| | Medical rotation | Biceps femoris | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| | | Iliacus | | ■ | ■ | | | | | |
| | Lateral rotation | Gluteus medius and minimus | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | Tensor fasciae latae | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | Superior and inferior gemelli | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | Quadratus femoris | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | Piriformis | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Adduction | Obturator internus | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| | | Obturator externus | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | Sartorius | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Gracilis | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Adductor longus and magnus | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Adductor brevis | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Pectineus | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Tensor fasciae latae | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Gluteus medius and minimus | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Piriformis | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Knee | Flexion | Semimembranosus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Semitendinosus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Biceps femoris | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | Extension | Gastrocnemius | | | | | | ■ | ■ | |
| | | Rectus femoris | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | | Vastus lateralis | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | | Vastus intermedius | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Vastus medialis | | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| Ankle | Dorsiflexion | Tibialis anterior | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | | Extensor digitorum longus | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | | Extensor hallucis longus | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Plantarflexion | Peroneus tertius | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Gastrocnemius | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Soleus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | Inversion | Flexor digitorum longus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Flexor hallucis longus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Peroneus longus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | Eversion | Tibialis posterior | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | | Tibialis anterior | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Toes | Flexion | Peroneus longus, tertius, brevis | | | | | ■ | ■ | ■ |
| | | | Flexor digitorum longus | | | | | ■ | ■ | ■ |
| Flexor hallucis longus | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Flexor hallucis brevis | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Flexor digitorum brevis | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Flexor digitorum accessorius | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Flexor digiti minimi brevis | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Extension | | Abductor hallucis | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Abductor digiti minimi | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Lumbricals | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Abduction | | Extensor digitorum longus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Extensor hallucis longus | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| | | Extensor digitorum brevis | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Adduction | Abductor hallucis | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Abductor digiti minimi | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Dorsal interossei | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| Plantar interossei | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| Adductor hallucis | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |

The spinal nerve roots which predominantly innervate a muscle are indicated with heavy shading. Adapted from Reference 1 with permission of Elsevier.

Příloha č. 2: Charakteristika výzkumného souboru (tabulka)

| | proband | skupina | pohlaví | NLI | AIS | ročník | věk (roky) | rok vzniku | věk v době úrazu (roky) | doba od úrazu (roky) | příčina |
|----|---------|---------|---------|-----|-----|--------|------------|------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | T. K. | TET | M | C6 | B | 1977 | 41 | 2009 | 32 | 9 | skok do vody |
| 2 | R. Š. | TET | M | C8 | B | 1991 | 27 | 2016 | 25 | 2 | autonehoda |
| 3 | T. P. | TET | M | C7 | B | 1982 | 36 | 1999 | 17 | 19 | autonehoda |
| 4 | F. M. | TET | M | C6 | C | 1976 | 42 | 1992 | 16 | 26 | skok do vody |
| 5 | P. K. | TET | M | C5 | A | 1988 | 30 | 2006 | 18 | 12 | autonehoda |
| 6 | V. H. | TET | Ž | C6 | A | 1975 | 43 | 2008 | 33 | 10 | autonehoda |
| 7 | A. B. | TET | M | C4 | A | 1996 | 22 | 2015 | 19 | 3 | skok do vody |
| 8 | L. N. | TET | M | C4 | A | 1965 | 53 | 2003 | 38 | 15 | skok do vody |
| 9 | J. Č. | TET | M | C6 | B | 1989 | 29 | 2006 | 17 | 12 | skok do vody |
| 10 | M. E. | TET | M | C6 | A | 1985 | 33 | 2001 | 16 | 17 | autonehoda |
| 11 | Š. H. | PARV | M | T4 | A | 1979 | 39 | 2002 | 23 | 16 | motonehoda |
| 12 | V. J. | PARV | M | T6 | A | 1951 | 67 | 2003 | 52 | 15 | autonehoda |
| 13 | I. H. | PARV | Ž | T4 | A | 1958 | 60 | 2010 | 52 | 8 | pád z výšky |
| 14 | P. D. | PARV | M | T6 | A | 1980 | 38 | 2009 | 29 | 9 | autonehoda |
| 15 | E. Š. | PARV | Ž | T4 | A | 1981 | 37 | 2008 | 27 | 10 | cyklonehoda |
| 16 | M. L. | PARV | M | T5 | A | 1981 | 37 | 2006 | 25 | 12 | motonehoda |
| 17 | M. B. | PARV | M | T1 | A | 1986 | 32 | 2005 | 19 | 13 | skok z výšky |
| 18 | R. P. | PARV | M | T5 | A | 1956 | 62 | 2009 | 53 | 9 | sport |
| 19 | J. S. | PARV | M | T5 | C | 1963 | 55 | 2017 | 54 | 1 | pád z výšky |
| 20 | K. M. | PARV | Ž | T5 | B | 1991 | 27 | 2011 | 20 | 7 | autonehoda |
| 21 | F. N. | PARN | M | T10 | A | 1980 | 38 | 2015 | 35 | 3 | pád z výšky |
| 22 | T. P. | PARN | M | T8 | A | 1971 | 47 | 1999 | 28 | 19 | sport |
| 23 | E. T. | PARN | Ž | L1 | A | 1962 | 56 | 2010 | 48 | 8 | pád z výšky |
| 24 | M. D. | PARN | Ž | T10 | A | 1971 | 47 | 2007 | 36 | 11 | autonehoda |
| 25 | M. S. | PARN | Ž | T8 | D | 1966 | 52 | 2013 | 47 | 5 | ischemie míchy |
| 26 | J. K. | PARN | M | T11 | D | 1987 | 31 | 2015 | 28 | 3 | pád z výšky |
| 27 | M. H. | PARN | M | T11 | A | 1972 | 46 | 2006 | 34 | 12 | pád z výšky |
| 28 | J. K. | PARN | M | T8 | C | 1975 | 43 | 2015 | 40 | 3 | pád břemene |
| 29 | Z. P. | PARN | Ž | T11 | A | 1986 | 32 | 2003 | 17 | 15 | sport |
| 30 | J. R. | PARN | M | T10 | C | 1991 | 27 | 2011 | 20 | 7 | zásah bleskem |

PRŮMĚR
SD
MEDIAN

| | | | | |
|---------|-------|---------|-------|-------|
| 1977,03 | 40,97 | 2007,63 | 30,60 | 10,37 |
| 11,58 | 11,58 | 5,86 | 12,50 | 5,86 |
| 1979,5 | 38,5 | 2008 | 28 | 10 |

Příloha č. 3: Charakteristika skupiny č. 1 – TET (tabulka)

| Skupina č. 1 TET | | pohlaví | NLI | AIS | ročník | věk (roky) | rok vzniku | věk v době úrazu (roky) | doba od úrazu (roky) | příčina |
|------------------------|-------|---------|-----|-----|--------|------------|------------|----------------------------|-------------------------|--------------|
| 1 | T. K. | M | C6 | B | 1977 | 41 | 2009 | 32 | 9 | skok do vody |
| 2 | R. Š. | M | C8 | B | 1991 | 27 | 2016 | 25 | 2 | autonehoda |
| 3 | T. P. | M | C7 | B | 1982 | 36 | 1999 | 17 | 19 | autonehoda |
| 4 | F. M. | M | C6 | C | 1976 | 42 | 1992 | 16 | 26 | skok do vody |
| 5 | P. K. | M | C5 | A | 1988 | 30 | 2006 | 18 | 12 | autonehoda |
| 6 | V. H. | Ž | C6 | A | 1975 | 43 | 2008 | 33 | 10 | autonehoda |
| 7 | A. B. | M | C4 | A | 1996 | 22 | 2015 | 19 | 3 | skok do vody |
| 8 | L. N. | M | C4 | A | 1965 | 53 | 2003 | 38 | 15 | skok do vody |
| 9 | J. Č. | M | C6 | B | 1989 | 29 | 2006 | 17 | 12 | skok do vody |
| 10 | M. E. | M | C6 | A | 1985 | 33 | 2001 | 16 | 17 | autonehoda |

| | | | | | | | | |
|-----|------|-----|---------|-------|---------|-------|-------|---------------|
| 9 M | 2 C4 | 5 A | 1982,40 | 35,60 | 2005,50 | 23,10 | 12,50 | PRŮMĚR |
| 1 Ž | 1 C5 | 4 B | 9,24 | 9,24 | 7,23 | 8,31 | 7,23 | SD |
| | 5 C6 | 1 C | 1983,5 | 34,5 | 2006 | 18,5 | 12 | MEDIAN |
| | 1 C7 | | | | | | | |
| | 1 C8 | | | | | | | |

Příloha č. 4: Charakteristika skupiny č. 2 – PARV (tabulka)

| Skupina č. 2 PARV | | pohlaví | NLI | AIS | ročník | věk (roky) | rok vzniku | věk v době úrazu (roky) | doba od úrazu (roky) | příčina |
|-------------------------|-------|---------|-----|-----|--------|------------|------------|----------------------------|-------------------------|--------------|
| 1 | Š. H. | M | T4 | A | 1979 | 39 | 2002 | 23 | 16 | motonehoda |
| 2 | V. J. | M | T6 | A | 1951 | 67 | 2003 | 52 | 15 | autonehoda |
| 3 | I. H. | Ž | T4 | A | 1958 | 60 | 2010 | 52 | 8 | pád z výšky |
| 4 | P. D. | M | T6 | A | 1980 | 38 | 2009 | 29 | 9 | autonehoda |
| 5 | E. Š. | Ž | T4 | A | 1981 | 37 | 2008 | 27 | 10 | cyklonehoda |
| 6 | M. L. | M | T5 | A | 1981 | 37 | 2006 | 25 | 12 | motonehoda |
| 7 | M. B. | M | T1 | A | 1986 | 32 | 2005 | 19 | 13 | skok z výšky |
| 8 | R. P. | M | T5 | A | 1956 | 62 | 2009 | 53 | 9 | sport |
| 9 | J. S. | M | T5 | C | 1963 | 55 | 2017 | 54 | 1 | pád z výšky |
| 10 | K. M. | Ž | T5 | B | 1991 | 27 | 2011 | 20 | 7 | autonehoda |

| | | | | | | | | |
|-----|------|-----|---------|-------|---------|-------|-------|---------------|
| 7 M | 1 T1 | 8 A | 1972,60 | 45,40 | 2008,00 | 35,40 | 10,00 | PRŮMĚR |
| 3 Ž | 3 T4 | 1 B | 14,15 | 14,15 | 4,35 | 15,23 | 4,35 | SD |
| | 4 T5 | 1 C | 1979,5 | 38,5 | 2008,5 | 28 | 9,5 | MEDIAN |
| | 2 T6 | | | | | | | |

Příloha č. 5: Charakteristika skupiny č. 3 – PARN (tabulka)

| Skupina č. 3 PARN | | pohlaví | NLI | AIS | ročník | věk (roky) | rok vzniku | věk v době úrazu (roky) | doba od úrazu (roky) | příčina |
|-------------------------|-------|---------|-----|-----|--------|------------|------------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | F. N. | M | T10 | A | 1980 | 38 | 2015 | 35 | 3 | pád z výšky |
| 2 | T. P. | M | T8 | A | 1971 | 47 | 1999 | 28 | 19 | sport |
| 3 | E. T. | Ž | L1 | A | 1962 | 56 | 2010 | 48 | 8 | pád z výšky |
| 4 | M. D. | Ž | T10 | A | 1971 | 47 | 2007 | 36 | 11 | autonehoda |
| 5 | M. S. | Ž | T8 | D | 1966 | 52 | 2013 | 47 | 5 | ischemie míchy |
| 6 | J. K. | M | T11 | D | 1987 | 31 | 2015 | 28 | 3 | pád z výšky |
| 7 | M. H. | M | T11 | A | 1972 | 46 | 2006 | 34 | 12 | pád z výšky |
| 8 | J. K. | M | T8 | C | 1975 | 43 | 2015 | 40 | 3 | pád břemene |
| 9 | Z. P. | Ž | T11 | A | 1986 | 32 | 2003 | 17 | 15 | sport |
| 10 | J. R. | M | T10 | C | 1991 | 27 | 2011 | 20 | 7 | zásah bleskem |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|---------|-------|---------|-------|------|---------------|
| 6 M | 3 T8 | 6 A | 1976,10 | 41,90 | 2009,40 | 33,30 | 8,60 | PRŮMĚR |
| 4 Ž | 3 T10 | 2 C | 9,57 | 9,57 | 5,54 | 10,32 | 5,54 | SD |
| | 3 T11 | 2 D | 1973,5 | 44,5 | 2010,5 | 34,5 | 7,5 | MEDIAN |
| | 1 L1 | | | | | | | |

Příloha č. 6: Probandi skupin TET, PARV a PARN na veslařském trenážeru (fotografie) – archiv autorky, 2018



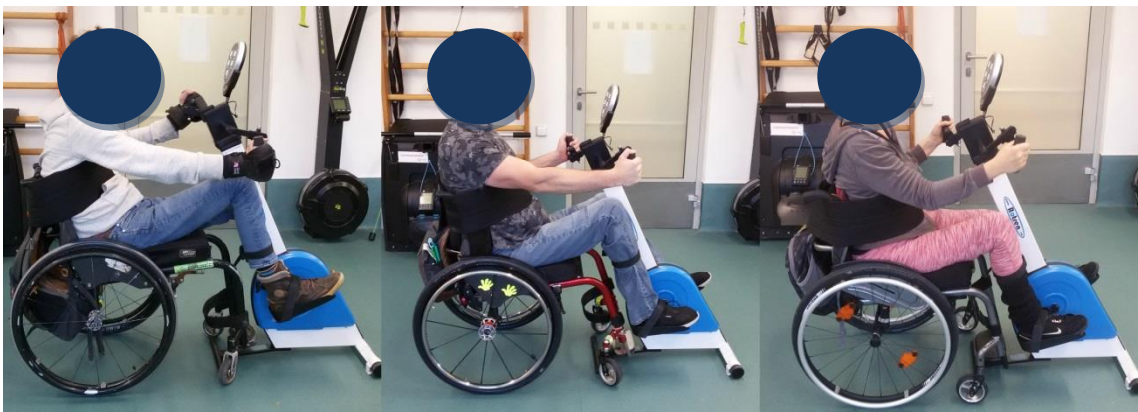
Příloha č. 7: Probandi skupin TET, PARV a PARN na kajakářském trenážeru (fotografie) – archiv autorky, 2018



Příloha č. 8: Probandi skupin TET, PARV a PARN na běžkařském trenážeru (fotografie) – archiv autorky, 2018



Příloha č. 9: Probandi skupin TET, PARV a PARN na Rotrenu (fotografie) – archiv autorky, 2018



Příloha č. 10: Informovaný souhlas

INFORMOVANÝ SOUHLAS
s vyšetřením a následným využitím získaných
dat pro účely zpracování diplomové práce

Prohlašuji, že jsem v souladu se Zákonem o zdravotních službách (§ 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluvou o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, byl/a požádán/a Bc. Magdalenou Svobodnou o souhlas s vyšetřením v rámci vypracování její diplomové práce při studiu navazujícího magisterského programu v oboru fyzioterapie na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy. Vyšetření bude zahrnovat absolvování čtyř zátěžových testů jízdou na čtyřech odlišných sportovních trenažérech v prostorách posilovny Centra Paraple, o.p.s. Dal/a jsem souhlas k nahlížení do své dokumentace osobou získávající způsobilost k výkonu zdravotnického povolání a ke zpracování a uveřejnění dat získaných při vyšetření. Beru na vědomí, že má osobní data nebudou v této studii uvedena.

Dnešního dne jsem byl/a odborným pracovníkem seznámen/a s plánovaným vyšetřením. Bylo mi osobně vysvětleno vše, co je obsahem tohoto písemného informovaného souhlasu a měl/a jsem možnost klást otázky, které mi byly zodpovězeny. Prohlašuji, že jsem tomuto poučení zcela porozuměl/a.

Souhlasím s plánovaným vyšetřením a zpracováním a uveřejněním výsledků v diplomové práci: ANO/NE

Souhlasím s případným pořizováním fotografií a s tím, aby byly v diplomové práci uveřejněny tak, aby podle nich nebyla možná identifikace mé osoby: ANO/NE

Výše uvedené prohlášení potvrzuji vlastnoručním podpisem.

Datum:.....

Osoba, která provedla poučení: Bc. Magdalena Svobodná

Podpis osoby, která provedla poučení:.....

Jméno probanda/ky:.....

Podpis probanda/ky:.....

Příloha č. 11: Souhlas etické komise Centra Paraple, o.p.s.**Souhlas Etické komise**

Centrum Paraple uděluje Bc. Magdaleně Svobodné souhlas se zpracováním dat, naměřených Centrem Paraple, k výzkumným účelům v rámci diplomové práce.

Název projektu: Vliv odlišných pohybových aktivit na kardiovaskulární funkce po míšním poranění

Forma projektu: diplomová práce

Období realizace: říjen 2017 – duben 2018

Předkladatel: Bc. Magdalena Svobodná

Odpovědný pracovník: Mgr. Lenka Honzátková, Dis.

Popis projektu: V rámci výzkumu k diplomové práci bude u 30 osob po míšním poranění, rozdělených do tří skupin dle neurologické úrovně míšni léze, měřena vrcholová srdeční frekvence v zátěži (SF_{penk}). Každý proband absolvuje zátěžové testy čtyři na čtyřech různých sportovních trenažérech, a to s cílem posoudit vliv těchto sportovních trenažérů na vrcholovou srdeční frekvenci dosaženou maximální subjektivní intenzitou zátěže.

Etické aspekty výzkumu: Osobní údaje nebudou zveřejněny. Výzkum proběhl u zletilé části populace. Informovaný souhlas přiložen.

Prohlášení:

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Složení komise:

Předsedkyně: Mgr. Lenka Honzátková, Dis.

Členové: Mgr. Andrea Preclíková, Mgr. Hana Melicharová, Mgr. Iva Hradilová, Mgr. Jan Formánek, Bc. Marta Pudilová, Mgr. Petra Hladíková

Honzátková



Centrum Paraple, o.p.s.
Ovčácká 471, 108 00 Praha 10
+420 224 771 478
parapie@parapie.cz
www.parapie.cz

Příloha č. 12: Zpracování naměřených klidových hodnot SF (SF_{klid})

Naměření hodnot SF_{klid} proběhlo u každého probanda ráno, a to ihned po probuzení v poloze vleže na zádech, v den prvního zátěžového měření. SF_{klid} byla monitorována pomocí sporttesteru s připevněným měřicím pásem na hrudníku. U některých probandů byla, z důvodu nemožnosti připevnění měřicího pásu, SF_{klid} měřena palpační metodou na a. radialis.

 H_0 : Střední hodnoty dat SF_{klid} jsou u skupin TET, PARV a PARN stejné.

Pro porovnání středních hodnot SF_{klid} mezi skupinami TET, PARV a PARN jsme zvolili Welchův t-test, protože data mezi skupinami nemají stejnou varianci.

| SF_{klid} (bpm) | S1 – TET | S2 – PARV | S3 – PARN |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| proband | SF_{klid} (bpm) | SF_{klid} (bpm) | SF_{klid} (bpm) |
| 1 | 50 | 66 | 72 |
| 2 | 50 | 72 | 68 |
| 3 | 58 | 82 | 69 |
| 4 | 68 | 60 | 68 |
| 5 | 77 | 66 | 75 |
| 6 | 76 | 65 | 70 |
| 7 | 72 | 66 | 68 |
| 8 | 70 | 63 | 72 |
| 9 | 64 | 55 | 70 |
| 10 | 62 | 65 | 70 |
| PRŮMĚR | 64,70 | 66,00 | 70,20 |
| SD | 9,75 | 7,15 | 2,25 |
| MEDIAN | 66,00 | 65,50 | 70,00 |
| MAX | 77,00 | 82,00 | 75,00 |
| MIN | 50,00 | 55,00 | 68,00 |

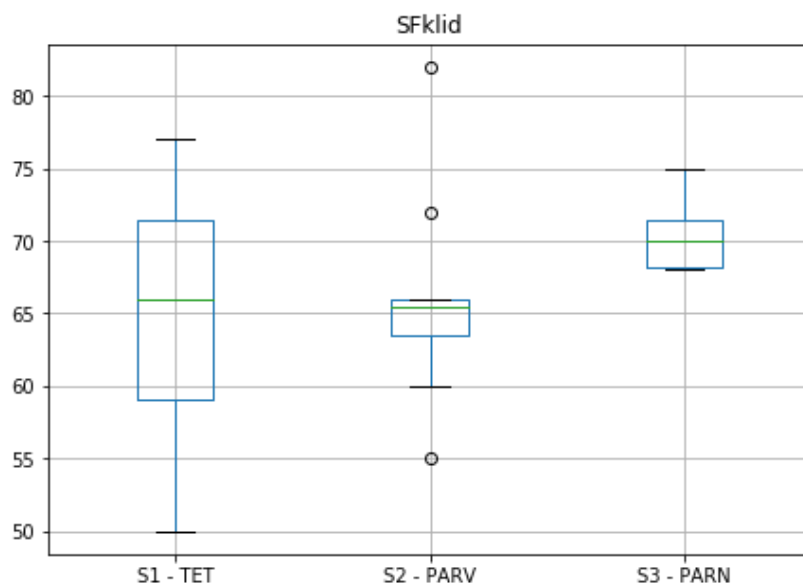
Tabulka 13: Výsledky SF_{klid} – skupiny TET, PARV, PARN

Pro střední hodnoty SF_{klid} skupin jsou p-hodnoty:

TET vs. PARV 0,73818

TET vs. PARN 0,11305

PARV vs. PARN 0,10465



Graf 9: SFklid – porovnání skupin; medián, střední hodnoty, maximum a minimum

| SF _{klid} n=30 | S1 – TET | | S2 – PARV | | S3 – PARN | |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | průměr SFklid (bpm) | medián SFklid (bpm) | průměr SFklid (bpm) | medián SFklid (bpm) | průměr SFklid (bpm) | medián SFklid (bpm) |
| | | | 66,00 | 65,50 | 70,20 | 70,00 |
| S1 – TET | | | 64,70 | 66,00 | 64,70 | 66,00 |
| p hodnota | | | 0,74 | | 0,11 | |
| | 64,70 | 66,00 | | | 70,20 | 70,00 |
| S2 – PARV | 66,00 | 65,50 | | | 66,00 | 65,50 |
| p hodnota | 0,74 | | | | 0,11 | |
| | 64,70 | 66,00 | 66,00 | 65,50 | | |
| S3 – PARN | 70,20 | 70,00 | 70,20 | 70,00 | | |
| p hodnota | 0,11 | | 0,11 | | | |

Tabulka 14: SFklid – porovnání skupin; p-hodnoty

Při stanovené hladině významnosti 0,05 nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout ani v jednom z případů (p-hodnota > 0,05). Přijímáme nulovou hypotézu – střední hodnoty dat SF_{klid} jsou u skupin TET, PARV a PARN statisticky stejné.