

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra fyzioterapie

**Efekt propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční
páteře u silničních cyklistů**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

PhDr. Jan Busta, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Hana Bezděková

Praha, květen 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně pod odborným vedením PhDr. Jana Busty, Ph.D., s využitím citované odborné literatury a zdrojů. Tato práce, ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne:

.....

Hana Bezděková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala panu PhDr. Janu Bustovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, a za jeho čas strávený při vedení mé diplomové práce. Ráda bych poděkovala také všem účastníkům výzkumu, kteří byli ochotni se na výzkumu podílet. V neposlední řadě patří poděkování mé rodině za velkou podporu při studiu.

Abstrakt

Autor: Bc. Hana Bezděková

Název: Efekt propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů

Cíl: Cílem diplomové práce bylo zhodnocení efektu šestitýdenní terapie vybraných prvků propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů.

Metody: Jedná se o kvaziexperimentální studii s použitím objektivního neinvazivního vyšetření. Pro hodnocení postavení krční páteře bylo vybráno pomocí fotogrammetrie měření kraniovertebrálního úhlu volně přístupným softwarem Kinovea®, jako hodnotící prostředek síly hlubokých flexorů krku byl vybrán kraniocervikální flekční test. Výzkumný soubor tvořilo 8 mužů a 2 ženy. Ke statistickému zpracování dat byl zvolen Shapiro-Wilkův test, párový t-test a regresní a korelační analýza. Pro statistické testy byla nastavena hladina významnosti $\alpha = 0,05$. K ověření věcné významnosti byl použit test Cohenova d.

Výsledky: U výzkumného souboru silničních cyklistů nedošlo po 6 týdnech cvičení PNF ke statisticky ani věcně významnému rozdílu mezi vstupní a výstupní hodnotou kraniovertebrálního úhlu. Bylo statisticky potvrzeno, že cvičení PNF má pozitivní efekt na zvýšení síly hlubokých flexorů krku. Zároveň jsou silniční cyklisté úměrně ke zvyšující se době, s jakou se věnují silniční cyklistice, náchylnější k předsunutému postavení hlavy.

Klíčová slova: propioceptivní neuromuskulární facilitace, silniční cyklistika, krční páteř

Abstract

Author: Bc. Hana Bezděková

Title: The Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation to Cervical Spine Posture in Road Cyclists

Objectives: The aim of this diploma thesis is to assess the effect of 6 weeks proprioceptive neuromuscular facilitation therapy on posture of the cervical spine in road cyclists.

Methods: This is a quaziexperimental study with general noninvasive examination. Photogrammetry was used for evaluation of posture of the cervical spine and craniocervical flexion test was used to assess strength in deep neck flexors. The group that was examined consisted of 8 men and 2 women. Statistical analysis was performed using Shapiro-Wilk test, coupled t-test and regression. The significance level was set to $\alpha = 0,05$. Cohen's d test was used to verify material significance.

Results: There was no statistical and effect size significance found in input and output difference of craniovertebral angle in the experimental group after 6 weeks of PNF exercises. On the other hand, we have proven the statistical and effect size significance in strength of deep cervical flexors before and after PNF treatment. Road cyclists are also, proportionally to time spent road cycling, more vulnerable to forward head posture.

Keywords: proprioceptive neuromuscular facilitation, road cyclists, cervical spine

Seznam použitých zkratk

AO – atlantookcipitální

Art. - articulacio

CCFT - kraniocervikální flekční test

cm – centimetr

CPI - kumulativní výkonnostní index hlubokých flexorů krku

Cp – krční páteř

CVA – kraniovertebrální úhel

č. – číslo

LHK – levá horní končetina

Lig. - ligamentum

m. – musculus

mm. – muscoli

mm Hg – milimetr rtuťového sloupce, jednotka tlaku

NDI – Neck Disability Index

Obr. - obrázek

PHK – pravá horní končetina

PIR – postizometrická relaxace

PNF – proprioceptivní neuromuskulární facilitace

RK – ramenní kloub

SD – směrodatná odchylka

St. – stupeň

Tab. – tabulka

VP – výchozí poloha

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Teoretická východiska	11
2.1. Muskuloskeletální obtíže silničních cyklistů	11
2.2. Porovnání silničních cyklistů s MTB cyklisty	12
2.3. Jízda na silničním kole.....	13
2.3.1. Kineziologie jízdy na silničním kole.....	14
2.3.2. Cyklistický posed.....	15
2.4. Kineziologie krční páteře	17
2.5. Metoda proprioceptivní neuromuskulární facilitace	19
2.5.1. Příklady posilovacích technik konceptu PNF	21
2.5.2. Příklady relaxačních technik konceptu PNF	22
2.6. Kraniocervikální flekční test.....	24
2.7. Kraniovertebrální úhel	26
2.8. Vliv cyklistiky na posturu těla	28
3 Cíl, výzkumné otázky a hypotézy práce	32
3.1. Cíl práce	32
3.2. Výzkumné otázky	32
3.3. Hypotézy	32
4 Metodika práce	33
4.1. Charakteristika práce.....	33
4.2. Výzkumný soubor.....	33
4.3. Organizace výzkumu.....	34
4.3.1. Vybavení pro výzkum	34
4.4. Metody sběru dat.....	35
4.5. Průběh terapeutických jednotek	38
4.6. Statistická analýza dat.....	41
4.6.1. Popisná statistika.....	41
4.6.2. Explorativní statistika.....	41
5. Výsledky práce	43
5.1. Souhrnné výsledky	50
5.1.1. Kraniovertebrální úhel	50
5.1.2. Kraniocervikální flekční test	54
6. Diskuze	57
6.1. Diskuze k teoretickým východiskům diplomové práce	57
6.2. Diskuze k výzkumným otázkám a hypotézám.....	59
6.2.1. Diskuze k výzkumné otázce č. 1	59

6.2.2. Diskuze k výzkumné otázce č. 2	61
6.2.3. Diskuze k výzkumné otázce č. 3	62
6.3. Limity práce	64
7. Závěr	66
8 Seznam použité literatury	68
9. Přílohy.....	80
9.1. Schválená žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS	81
9.2. Vzor informovaného souhlasu	83
9.3. Seznam obrázků	85
9.4. Seznam tabulek	86
9.5. Seznam grafů	87

1 Úvod

Cyklistika se řadí díky snadné dostupnosti mezi sporty provozovanými lidmi po celém světě. Kolo je využíváno napříč všemi generacemi a používáme jej k aktivnímu odpočinku, jako dopravní prostředek do zaměstnání, i jako prostředek k poměření sil a výkonnosti v rámci cyklistických závodů. Cyklistika nemá prakticky žádné věkové omezení. Považuje se jak za vytrvalostní, tak i silový sport, čehož mnoho sportovních odvětví využívá v průběhu přípravných tréninkových cyklů nebo jako doplňkového sportu. Stejně tak, jako je tomu i u dalších sportů, dochází u silniční cyklistiky k neustálému vývoji v aspektech tréninkového cyklu, techniky jízdy i technického vybavení. To vše významně ovlivní míru zatížení pohybového aparátu a výkonnost cyklisty.

Silniční cyklistika má v důsledku jednostranné zátěže své specifické obtíže pohybového aparátu vznikající v návaznosti na opakovaný stereotypní pohyb. Je většinou praktikována vytrvalostní formou se zaměřením na svižnější, vyšší frekvenci šlapání v delším časovém horizontu.

Téma této diplomové práce jsem si vybrala z důvodu, že se v mém blízkém okolí vyskytují dlouholetí sportovci věnující se závodní nebo rekreační silniční cyklistice. Mnozí z nich často trpí bolestí a obtížemi muskuloskeletálního aparátu v různých oblastech těla, často bez jakékoli kompenzace stereotypního zatížení. Dle mých dosavadních zkušeností a pozorování bývá oblast krční páteře v cyklistice často opomíjenou oblastí v rámci kompenzačního cvičení, strečinku, automobilizace a další prevence vzniku bolestivých syndromů. Z tohoto důvodu považuji za důležité věnovat se problematice krční páteře a nabídnout cyklistům zajímavou metodu terapeutického cvičení na oblast krční páteře.

Koncepce jednotlivých tréninků je zaměřována především na zlepšení rychlosti, vytrvalosti a kompenzaci nebývá často věnováno moc pozornosti. I z fyzioterapeutického pohledu je dle mého názoru na místě sportovce edukovat o základních zásadách kompenzačního cvičení, hodících se jak do tréninkových jednotek, tak i pro individuální zájem. Záměrem této práce by měla být pro čtenáře i osvěta ve smyslu prevence vzniku svalových dysbalancí a redukce bolestí cervikothorakální oblasti pohybového aparátu u silničních cyklistů.

Největším nepřítelem silničního cyklisty je odpor větru, kdy se pro jeho snížení sportovnější jezdec snaží zaujmout co nejvíce aerodynamickou pozici. Zvyšuje polohu sedla, snižuje polohu řídítek, aby se snížil čelní odpor vzduchu a zaklání hlavu, aby viděl před sebe. Dlouhodobý záklon, hyperextenze hlavy nepříznivě působí na krční páteř, nutí šíjové svaly do kontinuální izometrické kontrakce, a to se často stává příčinou bolesti šíje, často i s projekcí do horních končetin. V důsledku toho se dají u silničních cyklistů předpokládat funkční změny a svalové dysbalance v oblasti krční páteře a horních končetin, zejména ve smyslu hypertonu extenzorů krku, povrchových flexorů krku a snížené aktivity a síly hlubokých flexorů krku. Tyto faktory mohou ve větší míře ovlivnit postavení krční páteře a hlavy.

Záměrem této práce je proto nejprve čtenářům na základě teoretických podkladů čerpajících z české i zahraniční literatury přiblížit problematiku krční páteře u silničních cyklistů, kdy je stěžejním faktorem ovlivňujícím posturu hlavy a krku nucená aerodynamická pozice při jízdě na silničním kole.

V praktické části bude použita kvaziexperimentální metoda výzkumu, kdy se u cyklistů zaměříme na zhodnocení postavení hlavy a krční páteře. Zhodnotíme, zda má cílené ovlivnění svalů krku vliv na změnu kraniovertebrálního úhlu silničních cyklistů, který udává míru protrakce hlavy a krku, jako možné predispozice funkčních a strukturálních změn v oblasti krku. Zaměříme se na kvalitu aktivace, koordinace a síly hlubokých flexorů krku, které se svou aktivitou podílejí na zajištění fyziologického postavení krční páteře, a tím ovlivňují výše zmíněný problém.

Postavení hlavy a krku, i sílu hlubokých flexorů krku se pokusíme ovlivnit, po dobu 6 týdnů metodou propioceptivní neuromuskulární facilitace. Je prokázáno, že metoda propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) má vliv na zvýšení síly hlubokých flexorů krku, a tím ovlivňuje posturu krční páteře (Agung, 2021; Rezasoltani, 2010).

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení efektu 6 týdnů terapie vybraných prvků propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů.

2 Teoretická východiska

Pro teoretickou část této práce byly využity zdroje v elektronické i tištěné podobě ze zahraniční a české literatury. Informace byly čerpány z vědeckých článků, učebnic a monografií, periodik a akademických prací. Odborná literatura byla vyhledávána přes vědecké databáze ScienceDirect, Web of Science, EBSCOhost, MEDline, Elsevier. K vyhledávání byl dále využit webový vyhledávač GoogleScholar a vědecká sociální síť ResearchGate. Všechny citace byly vytvořeny podle citační normy ČSN ISO 690.

2.1. Muskuloskeletální obtíže silničních cyklistů

Stejně tak, jako drtivá většina ostatních sportů, je cyklistika spojena se vznikem široké škály muskuloskeletálních obtíží nebo overuse injuries, vznikajících z důvodu různých faktorů.

Předpokladem k optimální jízdě na silničním kole je výběr správné velikosti rámu kola, správné nastavení výšky sedla a řídítek. Jako příklady přispívající ke vzniku zranění z přetížení se dají uvést náhlé změny v délce trvání času stráveného na kole, intenzitě nebo frekvenci šlapání, nedostatečné zahřátí nebo potréningové zklidnění, nedostatečná svalová síla či flexibilita, častá jízda s příliš velkým převodem a nízkou kadencí. Dále pro prevenci vzniku zranění u cyklicky se opakujícího cyklistického pohybu je třeba mít dobře osvojený individuální tréninkový plán, s postupným navyšováním jednotlivých parametrů (Gregor, 2000; Schwellnus, 2005).

Doyle (2009) uvádí, že nejčastějším typem cyklistiky, která způsobuje muskuloskeletální obtíže je silniční cyklistika, z důvodu nuceného setrvávání v nefyziologické aerodynamické pozici.

V průřezové studii Battista (2021) analyzoval demografické a sportovně specifické charakteristiky italské kohorty amatérských cyklistů (1274 účastníků) ohledně prevalence low back pain (LBP). Prevalence LBP byla mezi cyklisty udávána 55,1 %; 26,5 % a 10,8 %; za život, v posledních 12 měsících a v posledních 4 týdnech. Prevalence LBP mezi italskými amatérskými cyklisty se zdá být méně častá ve srovnání s běžnou populací. Navíc absolvování předchozího specifického tréninku v sedle pod dohledem trenéra nebo dodržování individuálního tréninkového plánu vyvolalo negativní souvislost s rozvojem LBP.

Dle Gregora (2000) můžeme zmínit jako nejčastější overuse injury oblasti hlezenních, kolenních nebo kyčelních kloubů. Z toho vyplývá, že většina zranění v cyklistice se stane na dolních končetinách, které jsou vystaveny nejvyšší zátěži (Gregor, 2000).

Schwellnus (2005) jako nejčastější oblasti výskytu muskuloskeletálních poruch u cyklistů uvádí oblast krční páteře, kolenních kloubů, třísel, hýždí, zápěstí a dolní části zad.

Lane (2017) uvádí, že muskuloskeletální obtíže jsou přítomny více u silničních cyklistů na klubové úrovni, než u elitních cyklistů, ačkoli většina z nich nepožádá o radu fyzioterapeuta či lékaře. Dále byl výskyt bolesti v kříži u silničních cyklistů na klubové úrovni vyšší než v běžné populaci, i když konkrétní důvod pro to není jasný.

Ve studii Clarsena (2010) zkoumající četnost zranění z přetížení bylo dotazováno 7 týmů elitních silničních cyklistů účastnících se pravidelně významných světových soutěží. Ze 109 respondentů 94 uvedlo za posledních 12 měsíců výskyt muskuloskeletálních obtíží vyžadující pozornost zdravotnického personálu, kde byla zastoupena nejvíce oblast dolní části zad (43), přední části kolene (22), oblast krční páteře (10) a oblast lýtka/stehna (6). Zároveň 23 respondentů uvedlo nucené omezení tréninkového plánu z důvodu LTISR¹ nejčastěji v oblasti kolene (13), dolní části zad (4), lýtka (3) a krční páteře (2).

2.2. Porovnání silničních cyklistů s MTB cyklisty

I když silniční a horská cyklistika využívá kolo, jedná se o dva velmi odlišné sporty. Tyto rozdíly jsou patrné zejména v typu jízdního kola, ujetých vzdálenostech, terénu a v neposlední řadě i v koncepci závodů (Kruger, 2014).

Horská kola jsou obvykle těžší, než kola silniční, zatímco geometrie rámu a kol se u obou blíží podobnému designu, horská kola jsou obecně postavena ze silnějších trubek s bezpečnějším upevněním na spojích trubek. Řídítka jsou rovná a kolmá k rámu a obecně vytváří pozici jezdce, která je vzpřímenější než na kole silničním. Tato poloha způsobuje větší odpor vzduchu a zlepšuje trakci zadního kola. Vzhledem k tomu, že síly

¹ LTISR – „time-loss injury“ je zranění, které omezilo sportovce v participaci na tréninku či zápase alespoň na 1 den (Clarsen, 2010)

odporu vzduchu jsou na horském kole minimální kvůli nízkým rychlostem a trakce zadního kola je prvořadá, tento kompromis je přijatelný. Řazení a ovládací prvky brzdění jsou umístěny v blízkosti rukojetí a nevyžadují sundání ruky z rukojeti při řazení jako u silničních kol. Pláště jsou širší, s většími výstupky navrženými pro zlepšení trakce na přírodním povrchu.

Vzhled horského kola zvýšil počet a druhy sil, které na jezdce působí. Kromě odporu vzduchu a třecí síly, běžně spojené se silniční cyklistikou, MTB cyklisté zažívají více vibrací a nárazových sil. Proto je zde mnohem větší potřeba kontroly rovnováhy kola (Orendurff, 1996).

Studie Muyora (2015) se zaměřila na porovnání křivky páteře a extensibilitu hamstringů u silničních a MTB cyklistů vůči kontrolní skupině. Silniční cyklisté vykazovali výrazně větší hrudní kyfózu a anteflekční postavení pánve, než jezdci MTB a necyklisté. Postura těla u silničního cyklisty je na rozdíl od MTB jezdců charakterizována větší mírou anteflexe pánve, trupu a bederní flexe. Zároveň mají výrazně větší extensibilitu hamstringů při maximální anteflexi trupu s nataženými koleny.

2.3. Jízda na silničním kole

Chceme-li, aby jízda na kole byla správná a co nejméně zatěžující pro tělo, je třeba nastavit vhodné biomechanické podmínky pro pohyb dolních končetin a nastavení tělesných segmentů. Faktory zajišťující optimální polohu cyklisty můžeme rozdělit na vnější (extrinsic) a vnitřní (intrinsic). Vnitřní faktory jsou cyklistovi vlastní a zahrnují úroveň kondice i anatomické uspořádání dolních končetin. Za vnější faktory považujeme vybavení, techniku jízdy a koncepci tréninku (Johnston, 2017). Cyklistický výkon závisí na fyziologických faktorech, které ovlivňují produkci mechanické energie, a na mechanických a environmentálních faktorech, ovlivňujících spotřebu energie. Z výzkumu Jeukendrupa (2001) vyplývá, že začínající cyklisté mohou při zvyšování svého výkonu více profitovat při úpravách cyklistického posedu, vybavení, výživě nebo tréninku ve srovnání s elitními cyklisty. Trénink byl nejdůležitějším faktorem při zvyšování výkonnosti, u jedinců se ale dosáhlo velkého zlepšení i malou změnou polohy těla na kole.

Aerodynamický odpor je pro cyklisty zásadní, jako jeden z nejméně omezujících faktorů jízdy, proto má i největší potenciál pro zlepšení. Pro mnoho profesionálních

cyklistů a triatlonistů jde o největší úsporu energie. Těchto úspor lze dále dosáhnout jízdou ve skupině nebo optimalizací držení těla na kole. V týmové časovce nebo v malé skupině do devíti cyklistů jedoucích stejnou rychlostí lze ušetřit až 50–60 % energie. Ve velkých pelotonech (skupiny o desítkách jezdců) se efekt násobí a stává se ještě více významným ve smyslu snížení energetických nároků (Blocken et al., 2018).

Při závodních rychlostech 15 m/s tvoří aerodynamický odpor asi 90 % z celkového odporu. 70 % kladeného odporu připadá na tělo cyklisty, 30 % na kolo. Protože většina aerodynamického odporu je způsobena tělem sportovce, mají různé polohy při jízdě, i jejich malé změny, významný vliv na velikost odporu (Blocken et al., 2018).

Optimalizací držení těla cyklisty z polohy napřímené do polohy aerodynamické můžeme snížit závodní čas až o 20 % (Schaffarczyk et al., 2022).

Autoři nejsou jednotní ve smyslu benefitů aerodynamické pozice při jízdě na kole. Dle studií (Blockna et al., 2018; Sheela et al., 1996) aerodynamická pozice poskytuje úspory energie, zatímco Gnehm et al. (1997) dospěli k závěru, že aerodynamická poloha zvyšuje metabolické nároky na cyklistiku. Grappe et al. (1998) nenašli žádný rozdíl mezi aerodynamickou nebo napřímenější polohou pro některé proměnné.

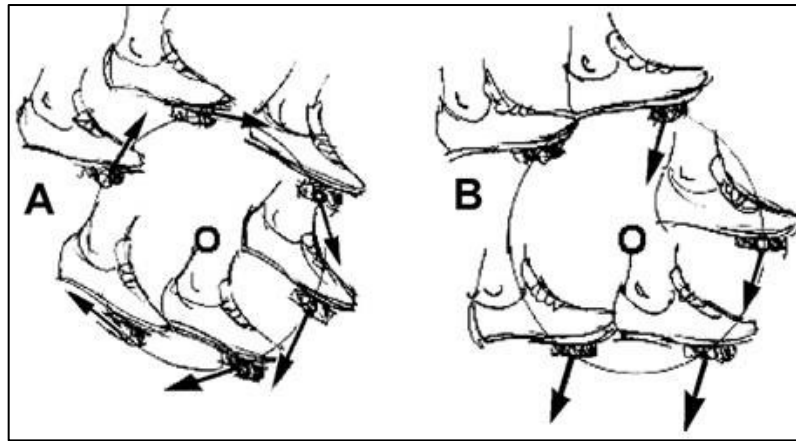
2.3.1. Kineziologie jízdy na silničním kole

Váha těla spočívá při jízdě na řídítkách a sedle. Fixační funkci vykonávají svaly horní poloviny těla v závislosti na aktuální lateralizaci práce dolních končetin. Dolní končetiny jsou tedy generátorem síly vykonávají fázický pohyb, zastávají funkci jako punctum mobile. Dolní končetiny vytvářejí působením točivého pohybu za pomoci mechanických převodů kola dopředný vektor nutný pro lokomoci jezdce. Z důvodu absence distálně uloženého puncta fixa, při jízdě na kole cyklista neužívá pohybových programů rozvíjených v průběhu motorické ontogeneze (Kračmar, 2005).

Rozlišujeme dvě varianty techniky cyklistického kroku v rovině sagitální (radiální a axiální) a jízdu ze sedla. Radiální krok (Obr. 1A) se působením vektoru hnací síly dolních končetin blíží radiále. K radiálnímu působení na převodník je vyžadována specifická technika pohybu, která je náplní tréninku výkonnostních sportovců a je nutno ji neustále fixovat (Kračmar, 2005).

U běžných uživatelů kola nebo rekreačních cyklistů se působení vektoru pohybu přibližuje spíše kroku při chůzi. Šlapání je pístové s propadající se patou na začátku

kroku. Působení vektoru směřuje více do osy převodníku tzv. axiální krok (Obr. 1B). Axiální cyklistický krok má svoji poměrně stabilní formu, kterou jsou i občasní uživatelé kola schopni, i po dlouhé době bez fixace pohybového stereotypu, bez problému aplikovat (Kračmar, 2005).



Obrázek 1 - Radiální a axiální cyklistický krok (Kračmar, 2005)

Pohon kola je kromě toho zajišťován ve formě dvou základních stereotypů z pohledu polohy těla cyklisty. Je to jízda v sedle a jízda ze sedla. Při jízdě v sedle se nachází punctum fixum na sedle, a jako generátor síly pracují převážně dolní končetiny. Při jízdě ze sedla je cyklista schopen vyvinout mnohem větší sílu, z důvodu lepší synergie a propojení svalových řetězců jdoucích přes oblast trupu, které jsou nepřerušené existencí puncta fixa na sedle kola (Kračmar, 2005).

2.3.2. Cyklistický posed

Páteř, která je flektovaná ve všech pohybových segmentech, tvoří oblouk. Svaly krku se nacházejí v izometrické kontrakci, protože pohled směřuje vpřed. Výkonnostní cyklistika klade větší nároky na zakřivení krční páteře, než cyklistika rekreační. Potřeba optické kontroly okolí vyžaduje polohu hlavy zajišťovanou izometrií mm. sternocleidomastoidei, mm. scaleni. Záklon hlavy je v rozporu s extenčním požadavkem osového orgánu na koaktivaci m. longus capitis a m. longus colli s dorzálně uloženými m. semispinalis capitis et cervicis, splenius capitis et cervitis, a vede při dlouhodobém provádění silniční cyklistiky k strukturálním změnám v oblasti krční páteře. Zakřivení krční páteře nutné pro pohled vpřed, je ovlivněno úchopem a pozicí řídítek, nastavením výšky sedla a mírou flexe hrudní a bederní páteře (Kračmar, 2005).

Ramenní kloub je ve flexi a poloha akrální části horní končetiny ovlivňuje polohu kořenového kloubu. Poloha humeru nacházejícího se v abdukci nebo addukci a vnitřní nebo zevní rotaci závisí na úchopu řídítek. Zevní rotace ramene s addukcí je zajištěna držením za nástavce řídítek (tzv. rohy) nebo u silničních kol shora úchopem za brzdové páčky. Loketní kloub se nachází ve flexi až mírné extenzi. Postavení zápěstí, v dorzální flexi s radiální dukcí nebo v palmární flexi s ulnární dukcí, závisí na úchopu řídítek. Prsty jsou ve flexi. Optimální poloha vychází z vývojových hledisek, kdy má být zajištěna zevní rotace v ramenním kloubu s addukcí humeru, flexe v lokti, dorzální flexe a radiální dukce zápěstí a volná flexe prstů (Kračmar, 2005; Kračmar et al., 2005).

Pro efektivní pohon kola se noha nachází v horní úvratí kola. Hlezenní kloub se nachází v plantární flexi okolo 10° . Plantární flexory prstů, v synergii se svaly nožní klenby, zajišťují přilnutí chodidla k pedálu. Tato funkce je závislá na kontaktu boty s pedálem, buď prostým kontaktem nebo fixací pomocí nášlapných pedálů. Kolenní kloub je ve flexi okolo 100° v těsné blízkosti rámu kola tak, aby jeho pohyb probíhal v sagitální rovině. Kyčelní kloub je v addukci a flexi 80° – 90° (Kračmar, 2005; Kračmar et al., 2005).

Zjednodušený pracovní efekt dolní končetiny se uskutečňuje ve čtyřech fázích. Tlak nohy dolů, posun vzad, tah vzhůru a posun vpřed. Tlak nohy dolů zajišťují plantární flexory nohy – m. gastrocnemius lateralis et medialis, m. soleus. Pedál tlačí vpřed vastus medialis et lateralis m. quadriceps femoris s m. iliopsoas a postupně se aktivují extenzory kyčelního a kolenního kloubu: m. gluteus maximus, medius et minimus, m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. biceps femoris. V průběhu pohybu se chodidlo posouvá vertikálně a vektor síly směřuje stále více vzad (Kračmar, 2005; Kračmar et al., 2005).

Při pohybu vzad tlačí noha dolů a dozadu pomocí dorzálních extenzorů nohy. V nejnižším bodě dráhy chodidla je kolenní kloub v mírné extenzi, není uzamčen. Kyčelní kloub sice směřuje k extenzi, vzhledem k mechanickým poměrům sezení, se do extenze nedostane nikdy, díky poloze sedla, flexe trupu a středu otáčení nacházejícího se před osou pánve. Aktivita m. gluteus maximus je tak výrazně omezena, protože nepracuje v celém pohybovém rozsahu. Tah vzhůru je závislý na použití nášlapných pedálů. Kyčel se dostává do flexe prací m. rectus femoris a m. iliopsoas, koleno je flektováno hamstringy. M. tibialis anterior a ostatní dorzální flexory nohy směřují chodidlo k horizontální poloze (Holliday, 2019; Kračmar, 2005; Kračmar et al., 2005).

Při jízdě ze sedla, ve stoji dochází k celkovému snížení flexe v kyčelním kloubu v celém průběhu cyklického pohybu. Elektromyografickým srovnáním s jízdou vsedě je potvrzeno větší zapojení gluteálních svalů, zároveň s tím, se při jízdě ze sedla snižuje výrazně aktivita m. adductor longus. Tento projev je dán absencí puncta fixa na sedle. Gluteální svaly jsou lépe zakomponovány do svalových řetězců zmenšením flexe v kyčelním kloubu. Vyšší efekt svalové práce v rámci lépe propojených řetězců by mohl vyplývat i z faktu, že tento způsob jízdy používá cyklista pro zvýšení síly působící na pedál, např. při strmém stoupání (Kračmar et al., 2005).

2.4. Kineziologie krční páteře

Krční páteř, část osového orgánu, neustále zajišťuje pohyb a polohu hlavy, proto je nezbytné znát vztahy funkční kineziologie a biomechaniky pro zajištění její co nejoptimálnější polohy během jízdy na silničním kole, aby se minimalizovalo riziko vzniku funkčních či strukturálních patologických změn.

Jako základní segmentální pohyby krční páteře uvádíme flexi, extenzi, lateroflexi, rotaci a translační pohyby. Segmentální pohyblivost krční páteře zahrnuje i tzv. sprážený pohyb, tedy pohyb, který se odehrává kolem jedné osy a zároveň i kolem osy jiné. Sprážené pohyby jsou častou příčinou muskuloskeletálních obtíží v oblasti krční páteře. Z pohledu biomechaniky může opakovaná abnormální poloha krční páteře zapříčinit vznik degenerativních změn svalů, ligament, kostních struktur a vznik bolestivých stavů páteře (Čemusová, 2006).

Přechod mezi hmotnou, nepohyblivou hlavou a flexibilní, pohyblivou krční páteří je mechanicky namáhán a často i chronicky přetěžován a je označován jako *locus minoris resistentiae* – místo snížené odolnosti vůči přetížení. Krční páteř je nejpohyblivější, ale zároveň i nejrizikovější částí celé páteře (Čemusová, 2006; Véle, 2006). Těžiště hlavy v sella turcica se nachází před spojením hlavy s krční páteří v okcipitálních kondylech, proto má hlava tendenci přepadávat dopředu. Tomu musí bránit soustavná mírná aktivita zadních hlubokých šíjových svalů, které zajišťují mírnou extenzi krku. Pokud se po delší dobu poloha hlavy nemění, dochází k izometrické svalové kontrakci se všemi jejími negativními důsledky (Véle, 2006).

Pohyb v cervikokraniálním přechodu zajišťují krátké subokcipitální svaly. Přední část je obtížně palpačně přístupná a tvoří ji m. rectus capitis anterior, m. rectus capitis

lateralis. Zadní jsou palpovatelné a sestávají z mm. rectus capitis posterior major et minor, m. obliquus capitis superior, m. obliquus capitis inferior. Zmíněné svaly iniciují nastavení polohy hlavy vůči krční páteři (Véle, 2006).

Pohyby v horní krční páteři (okcipitální kondyly, C1-C3) provádějí za synergické aktivity zadní krátké subokcipitální svaly a delší, povrchové šíjové svaly.

Dolní krční páteř (C4-C7) má vzhledem k výstupům nervů vztah k horním končetinám. Klinickým projevem disfunkce je cervikobrachiální syndrom. Dalším značně mechanicky zatěžovaným úsekem je přechod C6-C7. Svaly vykonávající pohyb v dolní krční páteři rozdělujeme na tři skupiny - přední, zadní a postranní (Véle, 2006).

Přední skupinu šíjových svalů dělíme na hlubokou sestávající z m. longus capitis, m. longus colli; střední sestávající ze suprahyoidních a infrahyoidních svalů a povrchovou vrstvu, kterou tvoří m. platysma. Svaly na zadní straně šíje tvoří rovněž tři vrstvy propojující vzájemně krční segmenty a krční páteř s hrudníkem a ramenním pletencem. Svaly hluboké vrstvy jsou tzv. dynamická ligamenta – mm. multifidi, mm. interspinales, mm. intertransversarii, mm. transversospinales. Střední vrstvu tvoří m. splenius capitis, m. splenius cervicis, m. semispinalis cervicis, m. longissimus capitis, m. longissimus cervicis, m. levators scapulae. Povrchovou vrstvu tvoří m. sternocleidomastoideus a m. trapezius (Véle, 2006).

Postranní skupina sestává z m. scalenus anterior, medius a posterior. (Véle, 2006)

Autoři nejsou jednotní v přesném vymezení rozsahu pohybů v jednotlivých segmentech krční páteře (Bogduk, 2000). Dle review Antonaciho (2000) se ale většina studií shoduje na rozsahu pohybu v okcipito-atlanto-axiálním skloubení na 23° flexe-extenze. Kvůli anatomické geometrii není možná rotace v segmentu C0-C1. Rotace možná v atlantoaxiálním skloubení je v součtu kolem 47° a tvoří až 50% rotace krční páteře. Krční páteř je nejvíce pohyblivá v segmentech C4-C6, kde jsou také nejširší krční intervertebrální disky, zároveň je zde také největší výskyt spondylózy. Celkový rozsah flexe krční páteře je 35-45°, extenze 35-45°, lateroflexe 45° a rotace 60-80°. Rozsah pohybu do lateroflexe a rotace se snižuje směrem kраниokaudálním (Anotaci, 2000; Véle, 2006).

Hluboké flexory krku tvoří m. longus capitis, m. longus colli vpředu a mm. multifidy, m. semispinalis cervicis, m. rectus capitis anterior, m. rectus capitis lateralis vzadu, povrchovým flexorem je m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni. Synergická

aktivita hlubokých flexorů krku v součinnosti s povrchovými svaly je nezbytná pro stabilizaci jednotlivých krčních segmentů. Musculus longus capitis zajišťuje flekční pohyb hlavy proti krční páteři a m. longus colli zajišťuje flexi dolních segmentů krční páteře. (Falla et al., 2007; Jull et al., 2007).

Svalová síla m. longus colli bývá často snižena, což má za následek prohloubení krční lordózy kvůli převažující funkci mm. scaleni (Falla et al., 2003; Falla et al., 2007).

Jednostranná aktivita scalenových svalů vykonává lateroflexi krční páteře s mírnou rotační komponentou. Při oboustranné aktivitě vykonávají fixační funkci krční páteře při pohybu páteře vůči hrudníku a dochází ke zmenšení krční lordózy. Laterální flexe hlavy vůči šíji se účastní m. rectus capitis lateralis. Extenzi vykonává zejména m. trapezius (Falla et al., 2003; Véle, 2006).

2.5. Metoda propioceptivní neuromuskulární facilitace

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) je neinvazivní metoda založená na neurofyziologickém podkladě. Je široce využívanou fyzioterapeutickou metodou v mnoha zemích po celém světě (Smedes et al., 2016). Byla definována jako metoda podporující a usnadňující neuromuskulární reakce prostřednictvím stimulace propioceptivních orgánů. Techniky PNF se dají použít na všechny aspekty svalového tréninku – trénink izometrické svalové aktivity, zvětšení rozsahu pohybu v kloubech, redukci bolesti, aktivaci funkčních vzorců, handlingu, svalové koordinaci nebo stabilizaci kloubů. (Hindle et al., 2012; Holubářová, 2019; Jung-Ho Lee et al., 2013; Westwater-wood et al, 2010)

Základy PNF vypracoval v letech 1946 – 1951 Dr. Herman Kabat. K dalšímu rozvoji dané metodiky významně přispěly fyzioterapeutky Margaret Knottová a Dorothy Vossová (Kolář, 2009).

Základním neurofyziologickým mechanismem PNF je cílené ovlivnění co největšího počtu motorických neuronů předních rohů míšních pomocí aferentních signálů z proprioceptorů svalů, šlach a kloubů. Zároveň jsou motorické neurony ovládány eferentními signály z vyšších motorických center, které reagují na signály přicházející ze zrakových, sluchových a taktilních exteroceptorů, což urychluje a podporuje odpověď nervosvalového aparátu přes mechanismus stimulace proprioceptorů. Neurofyziologický mechanismus PNF vychází ze zásady, že mozek myslí v pohybech,

proto, místo analytického cvičení, PNF využívá sdružené pohyby, pohybové vzorce, kde jsou aktivovány celé funkční pohybové komplexy (Buck, Beckers, Adler, 2005; Kolář, 2009).

Pohybové vzorce jsou vedeny diagonálním směrem. Každá diagonála sestává ze dvou pohybových vzorců, které jsou vzájemně antagonistické. Zahrnují pohyby současně v několika kloubech a třech rovinách těla. Diagonální pohybové vzorce se také velmi podobají běžným denním nebo sportovním aktivitám. Diagonální a spirální složka je v souladu s topografickým umístěním svalů, ligamentózním aparátem, klouby a kostmi.

K facilitaci oslabených svalů využíváme princip iradiace, který umožňuje vyzařování svalové aktivity ze svalů silnějších na svaly oslabené nebo inaktivní. Děje se tak prostřednictvím sumace účinných impulsů prostřednictvím: protažení svalů, adekvátního maximálního odporu, manuálním kontaktem, trakcí a kompresí, povely a zrakovou stimulací. Fenomén sukcesivní indukce spočívá ve zvýšení excitability agonistických svalů pomocí předřazené kontrakce příslušných antagonistů, kdy se po kontrakci antagonisty agonista stává výkonnějším (Buck, Beckers, Adler, 2005; Kolář, 2009).

Všechny pohybové vzorce jsou vedeny diagonálně se současnou spirální složkou, kterou zajišťuje zevní nebo vnitřní rotace, která nastává ihned při zahájení pohybu v oblasti periferie a pokračuje v průběhu celého vzorce, který i zakončuje. Diagonální složkou pohybu je flexe nebo extenze spojená s abdukci nebo addukci podle příslušné diagonály (Holubářová; Pavlů, 2017).

Facilitační pohybové vzorce je možné provádět pasivně, aktivně s dopomocí, aktivně nebo proti odporu. Je možné je provádět v plném rozsahu pohybu, v omezeném rozsahu pohybu, i v malých úsecích vzorce. Hlavním cílem ale zůstává provedení pohybu v plném rozsahu za vyrovnané aktivity agonistů a antagonistů, v normálním časovém sledu, tedy v koordinovaném pohybu. Facilitační vzorce se mohou provádět v jakémkoliv poloze, která umožňuje jejich provedení, změna polohy určuje nárok na svalovou sílu (Holubářová, Pavlů, 2017).

V konceptu propioceptivní neuromuskulární facilitace rozeznáváme 4 druhy posilovacích technik, 2 relaxační techniky a 3 kombinované techniky.

Cílem posilovacích technik PNF je zlepšení schopnosti vědomého ovládní pohybu a jeho iniciace, prostřednictvím reciproční inhibice snížení svalového napětí, zvětšování rozsahu pohybu, zlepšení svalové síly, vytrvalosti, koordinace a stabilizace kloubů. Jako hlavní indikace posilovacích technik můžeme zmínit poruchy propiocepce a povrchového čítí, oslabení svalů, kloubní nestabilita, kontraktury, ataxie apod. (Holubářová, Pavlů, 2017; Pavlů, 2002).

Cílem relaxačních technik je redukce svalového hypertonu, zvětšení rozsahu pohybu a redukce bolesti. Mezi časté indikace řadíme spasticitu a omezení kloubní pohyblivosti apod. (Holubářová, Pavlů, 2017; Kolář, 2009).

Kontraindikací PNF jsou: horečnaté stavy, závažná kardiovaskulární onemocnění, metastazující maligní nádory, aplikace odporu distálně od místa zlomeniny (Kolář, 2009).

2.5.1. Příklady posilovacích technik konceptu PNF

Opakované kontrakce

V této technice je střídána izometrická kontrakce s kontrakcí izotonickou. Pohybový vzorec začíná izotonickou kontrakcí agonisty proti odporu. V místě znatelného oslabení svalů je dán povel k výdrži, tedy izometrické kontrakci, kdy je manuální odpor kladen všem pohybovým komponentám v normálním časovém sledu od distální části k proximální a celá končetina je ve výdrži. Následuje odpor kladený slabší pohybové komponentě, jestliže pohyb zesílí pokračuje izotonická kontrakce celého vzorce za stále se stupňujícího odporu (Holubářová, Pavlů, 2017).

Technika výdrž-relaxace-aktivní pohyb

Indikací této techniky je zejména výrazné oslabení v poloze protažení facilitačního vzorce. Pohyb začíná izometrickou kontrakcí proti odporu ve zkrácení facilitačního vzorce. Následuje vědomá relaxace s okamžitým pasivním protažením vzorce ve směru antagonisty a pacient je dále vyzván k izotonické kontrakci proti odporu (Holubářová, Pavlů, 2017).

Rytmičné startování pohybu

Tato technika je indikována zejména u pacientů s potížemi při iniciaci pohybu nebo u spastiků. Pohyb začíná relaxací následovanou rychlým a opakovaným pasivním provedením agonistického vzorce se zřetelem kladeným distálně, a toto několikrát

opakujeme, než je cítit relaxace. Poté je pacient vyzván k aktivnímu pohybu s dopomocí ve směru agonistického vzorce, který několikrát zopakujeme. Následuje izotonická kontrakce proti odporu, a poté pacient vědomě provádí agonistický vzorec bez odporu (Holubářová, Pavlů, 2017).

Pomalý zvrát

Pohyb začíná izotonickou kontrakcí antagonistického vzorce proti odporu, který je vystřídán izotonickou kontrakcí agonistického vzorce proti odporu, tato technika využívá mechanismu reciproční inhibice (Holubářová, Pavlů, 2017).

Pomalý zvrát – výdrž

Pohyb začíná izotonickou kontrakcí antagonistického vzorce proti odporu s následnou izometrickou kontrakcí téhož vzorce proti odporu. A následuje izotonická kontrakce agonistického vzorce proti odporu, taktéž s následnou izometrií proti odporu (Holubářová, Pavlů, 2017).

Rytmická stabilizace

Pohyb začíná izotonickou kontrakcí agonistického vzorce do místa oslabení s následnou izometrickou kontrakcí antagonistického vzorce a agonistického vzorce, kdy je výsledkem svalová ko-kontrakce antagonistů. Pro stabilizaci je důležitá přesná velikost a stupňování odporu (Holubářová, Pavlů, 2017).

2.5.2. Příklady relaxačních technik konceptu PNF

Kontrakce-relaxace

Pohyb začíná pasivním pohybem agonistického vzorce do místa omezení následovaný izometrickou kontrakcí antagonistického vzorce. Poté je dán povel k volní relaxaci a provede se pasivní pohyb ve směru agonistického vzorce (Holubářová, Pavlů, 2017).

Propriocepce v oblasti krční páteře hraje velmi důležitou roli v orientaci hlavy a krku v prostoru a vůči zbytku těla, popisuje komplexní interakci mezi aferentními a eferentními receptory pro analýzu polohy a pohybu. Krční svaly poskytují a přijímají informace z centrálního nervového systému (Newcomer et al., 2000). Neurologický základ je ve svalových vřetenkách a Golgiho šlachových tělískách, kožních receptorech a receptorech kloubů. Aferentní informace z cervikální oblasti se sbíhají do vestibulárních

jader, kde se zároveň sbíhají i informace související s pohybem hlavy ze zrakového i vestibulárního aparátu (De Vries et al., 2015; Newcomer et al., 2000). Malmström et al., (2009) ve své studii uvedli fakt, že přesné koordinaci pohybu hlavy vůči trupu lze dosáhnout i bez informací z vestibulárního aparátu, to značí velmi důležitý vliv propioceptivních informací z cervikální oblasti.

Dle Smedese et al. (2016) je možné PNF využít v široké oblasti klinických problémů, téměř u všech věkových kategorií.

Studie potvrzují, že je PNF vhodné využít v rámci celoročního cyklu sportovní přípravy pro zlepšení fyzického výkonu a udržování svalové flexibility i koordinace specifických pohybových vzorů. Mimo jiné je PNF vhodné využít i v průběhu rekonvalescence po zranění (Smedes et al., 2016).

Metoda PNF je také vhodnou volbou kompenzace u sportů s jednostranným zatížením pro eliminaci svalových dysbalancí, a jako prevence muskuloskeletálních zranění (Ferber, Gravelle, Osternig, 2002). Jako vhodné se PNF jeví pro rozvoj svalové síly, protože pracuje s maximálními kontrakcemi svalů (Buck, Beckers, Adler, 2005).

Ve studii Hyun-Ju (2016) bylo cílem zjistit efekt aplikace PNF vzorů krční páteře na ovlivnění pohyblivosti krční páteře a Neck Disability Indexu (NDI) u osob s předsunutým držením hlavy. Studie se účastnilo 39 probandů rozdělených na kontrolní a experimentální skupinu. Experimentální skupina 3× za týden, po dobu 4 týdnů prováděla PNF cvičení krční páteře po dobu 20 minut. Výsledky potvrdily signifikantní rozdíl mezi hodnotami předintervenčního a postintervenčního měření u PNF skupiny ve smyslu zlepšení rozsahu pohybu do flexe a extenze krční páteře a absolutního úhlu rotace. Zároveň došlo ke snížení skóre NDI.

Studie Ghadiriho (2016) zkoumala skupinu 44 probandů s chronickou bolestí krční páteře. Jednalo se o komparativní studii porovnávající dvě skupiny provádějící buď specifické stabilizační cvičení krční páteře, nebo PNF. Výsledky ukázaly, že obě metody snížily bolestivé projevy v oblasti krční páteře.

V komparativní studii Matho (2019) byl porovnáván efekt 6 týdnů terapie k posílení hlubokých flexorů krku buď pomocí PNF, nebo posilovacího cvičení s Pressure Biofeedbackem. Studie se účastnilo 20 probandů lesnického výzkumného institutu v Dehradun, ve věku od 25 do 40 let, vybraných na základě přítomnosti nespecifické bolesti v oblasti krčního regionu, případně projekce bolesti do týlu, ramen

nebo horních končetin, bez prokázaných strukturálních změn krční páteře. Jako metody měření byly využity vizuální analogová škála bolesti (VAS), Cervical Joint Position Error test (JPE) a Cervical Reposition Sense. Rozdíl ve výsledcích u obou skupin byl nevýznamný. Bylo zjištěno, že obě metody jsou podobně účinné při redukci bolesti a zlepšení výsledků JPE a lze je rovnocenně použít pro zvýšení síly hlubokých flexorů krku, korekce postavení kloubů a redukce bolesti.

Borkar et al., (2020) se ve své studii zabývali efektem propioceptivní neuromuskulární facilitace na změnu kraniovertebrálního úhlu (CVA) u 39 subjektů s předsunutým držením hlavy a krku. Jako jedno z kritérií pro zařazení do výzkumu byla hodnota CVA menší než 50° . Bylo vybráno 39 subjektů, kteří byli randomizovaně rozděleni do 2 experimentálních skupin. Skupina A měla za úkol po dobu 4 týdnů provádět $3\times$ za týden, 20 minut cvičení PNF pro hlavu a krk, v pozici vsedě. Skupina B měla za úkol provádět izometrická cvičení krčních svalů s navazující aplikací horkého zábalu na oblast krku po dobu 15 minut po konvenčním cvičení. Jako hodnotící nástroj bylo stanoveno měření CVA pomocí ON protractor smart phone aplikace verze 6.0 a skóre Neck Disability Indexu (NDI). Statistická analýza ozřejmila pro obě skupiny signifikantní rozdíl u obou proměnných. U obou skupin došlo k signifikantnímu zvětšení CVA a snížení skóre NDI. U skupiny A byl rozdíl větší, než u skupiny B. Průměrný rozdíl hodnot CVA pro skupinu A: $CVA_A = 5,09 \pm 1,30$, pro $NDI_A = 3,2 \pm 0,83$. Pro skupinu B: $CVA_B = 2,20 \pm 0,52$, pro $NDI_B = 3,36 \pm 0,089$ na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Borkar et al., (2020). Metoda PNF je brána jako vhodná metoda pro zvětšení kraniovertebrálního úhlu u osob s předsunutým držením hlavy a krku, stejně tak i pro snížení bolesti v oblasti krční páteře a zvýšení rozsahu a flexibility krční páteře.

Studie ukázaly, že specifický trénink hlubokých kranio cervikálních flexorů je účinný při zvýšení jejich aktivity a síly a podílí se na zlepšení schopnosti udržení vzpřímeného postavení krční páteře při delším sezení (Falla et al., 2007; Jull et al., 2007).

2.6. Kranio cervikální flekční test

Kranio cervikální flekční test (CCFT) je klinický test, který se využívá k posouzení kvality funkce a izometrické výdrže hlubokých flexorů krku (m. rectus capitis anterior, m. rectus capitis lateralis, m. longus colli a m. longus capitis). Schopnosti aktivity a interakce s povrchovými krčními flexory a jejich schopnost a výdrž

v izometrické kontrakci u pacientů s různými muskuloskeletálními poruchami v oblasti krční páteře. Vyvíjel se více jak 15 let jako klinický i výzkumný nástroj a byl navržen v reakci na výzkum ukazující důležitost hlubokých krčních flexorů, jejich vlivu na krční lordózu, pohybové segmenty krční páteře a jejich klinické návaznosti na bolesti krční páteře (Araujo, 2020; Jull et al., 2008). Systematické review Arauja (2020) přezkoumávající zastaralá review CCFT vybralo 14 studií odpovídajících určeným parametrům. Ze syntézy dat zhodnotilo CCFT jako stále validní a reliabilní test, který lze použít v klinické praxi jako hodnotící test funkce hlubokých flexorů krku (Arauja, 2020). Test nám v klinické praxi udává pouze nepřímé měřítko výkonu aktivity hlubokých flexorů krku. Platnost testu je ale ověřena měřením EMG aktivity povrchových i hlubokých flexorů krku v laboratorních podmínkách (Jull et al., 2008).

Pacienti s muskuloskeletální dysfunkcí v oblasti krční páteře mají při provedení CCFT změněnou neuromotorickou pohybovou strategii, pro kterou je typická snížená aktivita hlubokých flexorů krku a zvýšená aktivita flexorů povrchových. Na to navazuje i snížení izometrické výdrže hlubokých flexorů krku (Jull et al., 2008).

Specifický trénink kraniocervikálních flexorů je účinný při zvýšení aktivace hlubokých krčních flexorů a zlepšení schopnosti udržet vzpřímené postavení krční páteře při delším sezení (Falla et al., 2007; Jull et al., 2007).

Test byl srozumitelně popsán ve studii Julla et al. (2008). CCFT pacient provádí v supinační poloze s neutrálním postavením krku a s příslušným tlakovým senzorem pod týlem tak, že linie obličeje je vodorovná, stejně tak i linie podélně půlící krk je vodorovná s testovacím povrchem. Pod hlavu může být umístěn složený ručník, pokud je to nutné pro dosažení neutrální polohy krku. CCFT testuje aktivaci a výdrž hlubokých cervikálních flexorů, kdy se pacient pokouší postupně zacílit na nárůst tlaku o 2 mm Hg z výchozí hodnoty 20 mm Hg na maximum 30 mm Hg, společně s udržením izometrické kontrakce (Jull et al., 2008). Test má pět fází, kdy pacientovi zařízení poskytuje zpětnou vazbu při provedení požadovaných pěti fází testu.

Vyfouknutý tlakový senzor je umístěn za krkem tak, aby dosedal na týl, a je nahuštěn na stabilní základní tlak 20 mm Hg, standardní tlak dostatečný k tomu, aby vyplnil prostor mezi testovacím povrchem a krkem, ale netlačil krk do lordózy.

Test není testem síly, ale spíše přesnosti. Pohyb se provádí jemně a pomalu jako kývnutí hlavou (jako by řekl „ano“). Dále je pacient instruován v rámci biofeedbacku,

aby provedl během výdechu jemný kyv hlavou až na hodnotu 22 mm Hg a tuto polohu udržel po dobu 10 sekund s následnou relaxací 3-5 sekund na počáteční hodnotu 20 mm Hg. To samé se opakuje minimálně 10×. Pokud to pacient zvládne hodnota tlaku se navýší na 24 mm Hg a celý proces se opakuje a poté se postupně navyšuje až na hodnotu 30 mm Hg. V průběhu měření je nutné vizuálně nebo palpačně kontrolovat aktivitu m. sternocleidomastoideus a m. scalenus anterior jako povrchových flexorů krku, pokud je aktivita patrná a pacient není schopný ji korigovat, nelze přejít k další úrovni testu.

Pro hodnocení a zaznamenání výsledků testu byl zaveden kumulativní výkonnostní index (CPI) hlubokých flexorů krku. Slouží k zaznamenání toho, kolikrát je pacient schopen udržet požadovanou úroveň tlaku po dobu 10 sekund bez substitučních pohybů povrchových flexorů krku. Příkladem: když pacient správně provedl 5 opakování s výdrží 10 sekund na druhé úrovni testu 24 mm Hg, výpočet kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku bude následující: $20 + (4 \times 5) = 40$. Obr. 2 znázorňuje možné hodnoty (James, Doe, 2010).

Pressure (mmHg)	Performance index (activation score = repetitions)	Range of possible scores at this level	Added score*
20			
22	2 × (1–10) repetitions	0–20	0
24	4 × (1–10) repetitions	24–60	20
26	6 × (1–10) repetitions	66–120	60
28	8 × (1–10) repetitions	128–200	120
30	10 × (1–10) repetitions	210–300	200

*The added score is equivalent to 10 repetitions of the levels below that of the current activation score. The total score therefore includes all attempts at all activation scores achieved.

Obrázek 2 - Výpočet kumulativního indexu výkonnosti (James, Doe, 2010)

2.7. Kraniovertebrální úhel

Je definován jako úhel mezi horizontální linií procházející trnovým výběžkem obratle C7 a linií spojující tragus zevního zvukovodu s trnovým výběžkem C7. Tento úhel

se používá k získání údajů o stupni anteflexe hlavy a krku. Autoři nejsou jednotní v přesném určení fyziologické hodnoty CVA. Většina autorů ale označuje jako fyziologickou hodnotu CVA 50°, menší hodnota už značí předsunuté držení hlavy a krku (Cheon, 2016; Jurak et al., 2019; Salahzadeha et al., 2014; Worlikar, Shan, 2019).

Pro porovnání studie Parka, Leeho a Kima (2015) zmiňuje hodnoty menší než 40° jako výrazný předsun hlavy (Forward Head Posture-FHP), mezi 40° až 48° střední úroveň FHP. Mezi 48° až 55° mírný FHP a úhel větší než 55° značí stav normální.

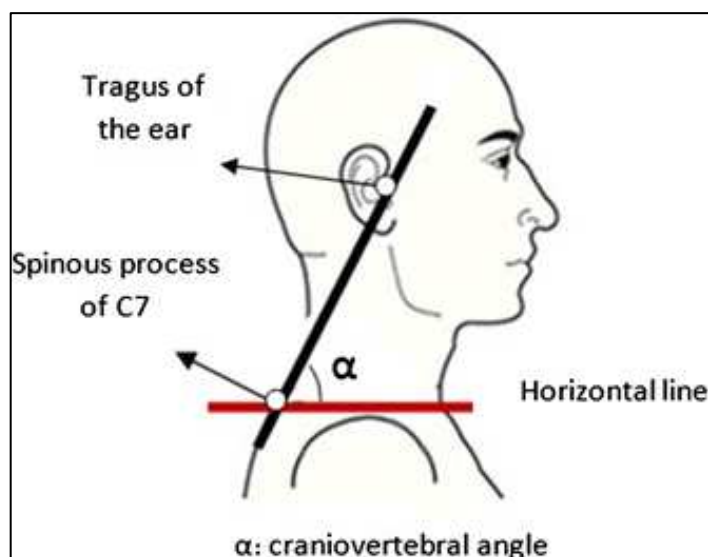
Zároveň bylo potvrzeno, že rozdíl CVA je signifikantní v poloze vsedě a ve stoje, kdy vsedě je míra protrakce hlavy větší (Brunton, 2003).

Dle studie Kima (2018) může být hodnota CVA použita jako významný faktor při určování funkční disability krku. Studie Salahzadeha et al., (2014) potvrzuje že, CVA je validním a reliabilním indikátorem předsunutého držení hlavy a může být dispoziční ke vzniku disability v oblasti krční páteře.

Měření kraniovertebrálního úhlu (CVA) je jednou z běžných metod užívaných při hodnocení držení hlavy a krku. V současnosti však neexistuje standardní neinvazivní metoda pro jeho přesné měření. Jednou z nejčastějších metod měření je použití fotogrammetrie, která spočívá v analýze fotografie pořízené v sagitální rovině a následně analyzované pomocí speciálních softwarů pro hodnocení držení těla. Mezi výhody této metody patří relativní rychlost měření, dobře uchovatelný obraz a hodnoty měření a větší přesnost než vizuální hodnocení (Furlanetto, 2015).

K pořízení fotografie lze použít fotoaparát, ale i mobilní aplikace, jejichž validita byla již předmětem několika studií a staly se dobrou alternativou k fotogrammetrii (Borkar et al., 2020; Furlanetto, 2015; Gallego-Izquierdo et al., 2020; Guan, 2015;).

Klíčovým faktorem při analýze vyfoceného obrázku (z laterálního pohledu) pro získání kraniovertebrálního úhlu je označení antropometrického bodu trnového výběžku C7 a tragu zevního zvukovodu foto-reflexivním materiálem, pro získání přesného měření na fotografii.



Obrázek 3 - Kraniovertebrální úhel (Evaluation of forward head posture in sitting and standing positions, 2016)

2.8. Vliv cyklistiky na posturu těla

Silniční cyklistika se vyznačuje polohou vsedě na jízdním kole s flektovaným trupem do takové míry, aby cyklista pohodlně dosáhl na řídítka a ovládací páčky jízdního kola. Jedná se o bezdopadový sport, kdy je tělo cyklisty neustále ovlivňováno vibracemi (Piotrowska, 2017).

Polský centrální statistický úřad (Główny Urząd Statystyczny – GUS) uvádí, že přibližně 55 % členů domácnosti jezdí na kole, tato čísla se ovšem každý rok mění. (Piotrowska, 2017). Wilber et al. (1995) zjistil, že 44 % mužů a 55 % žen jezdících rekreačně na kole potřebuje zdravotní péči z důvodu bolesti v oblasti krku a jen 30 % z důvodu bolesti dolní části zad. Weiss (1985) uvádí, že 66 % rekreačních cyklistů uvádí bolestivé symptomy krku a ramenních pletenců po 8 dnech jízdy.

Cyklistická zranění se dělí na akutní traumata (způsobená např.: pádem, dopravní nehodou nebo používáním nesprávného vybavení jízdního kola) a chronická zranění z přetrénování (*overuse injuries*). Ke zraněním z přetrénování dochází u cyklistů trénujících několikrát do týdne. Zranění mohou být způsobena nevhodnou tréninkovou přípravou cyklisty (nedostatečné zahřátí, použití špatného vybavení), špatná technika jízdy, včetně nevhodné polohy těla. Druh jízdního terénu je také velmi významným faktorem ovlivňujícím míru výskytu zranění (Piotrowska, 2017). V cyklistice mají traumata i *overuse injuries* podobnou prevalenci (De Bernardo et al., 2012). V tomto

ohledu Barrios et al., (2015) prostřednictvím deskriptivního epidemiologického průzkumu u mužských elitních silničních cyklistů zjistili prevalenci 46,7 % traumatických lézí a 53,3 % overuse injuries. Konkrétně dolní část zad (11,5 %), koleno (26,3 %) a ramena (13 %) jsou oblastmi nejčastěji postiženými overuse injuries (Du Toit et al., 2020). Předchozí studie navíc ukázaly, že 23 % bolestí dolní části zad se vyskytlo u horských cyklistů (Lebec et al., 2014) a až 45 % u silničních cyklistů (Clarsen et al., 2010; Priego Quesada et al., 2019). Kromě toho 41 % cyklistů s bolestmi zad vyžadovalo lékařskou péči a 22 % ztratilo čas na trénink a/nebo soutěž (Clarsen et al., 2010; Priego Quesada et al., 2019).

Hledání optimálního držení těla na kole je stále výzvou a vždy zahrnuje kompromis mezi vysokým výkonem, aerodynamikou a jízdním komfortem. Pro rekreaci cyklisté většinou upřednostní pohodlí, které pramení ze správného držení těla (Kolehmainen, 1989). Několik studií hodnotilo sagitální zakřivení páteře cyklistů.

Sagitální zakřivení páteře se může sportu během dlouhodobého intenzivního tréninku postupně přizpůsobovat. Vystavení letům intenzivního tréninku může ovlivnit sagitální zakřivení páteře a rozsah pohybu zvyšováním specifické mechanické zátěže (Muyor, 2013).

Centrální osou zad je páteř, která má několik fyziologických zakřivení v sagitální rovině. Morfologii páteře však může ovlivnit několik faktorů, jako je věk, svalstvo nebo kosti (Berthonnaud et al., 2005). Také sporty, které se vyznačují vysokým objemem tréninku nebo převahou repetitivních pozic s flektovaným trupem, mohou zvýšit hrudní kyfózu (Alricsson et al., 2016). Cyklistika je jedním z takových sportů, při kterém poloha cyklisty v prodloužené flektované pozici může ovlivnit morfologii páteře a může vést ke zvýšené mechanické zátěži bederní páteře, což způsobuje bolesti v kříži (Schwellnus, 2010). K provedení specifické technické akce, která zlepšuje sportovní výkon, musí cyklisté zaujmout pozice, které jsou považovány za nepřírozené kvůli požadavkům na nadměrnou flexi trupu.

Systematické review Antequera-Vique et al., (2022) zkoumalo, jaký vliv má jízda na kole na morfologii páteře u cyklistů v postoji mimo kolo, a jaké je sagitální zakřivení páteře v závislosti na typu a poloze řídítek. Jedním z faktorů nejvíce ovlivňujících morfologii páteře je typ řídítek a typ uchopení řídítek. Nižší poloha rukou vede k výraznější anteverzi pánve a bederní kyfóze, u hrudní kyfózy však takové rozdíly

nejdou. Hrudní kyfóza se zvyšuje úměrně s věkem a množstvím let cyklistického tréninku. Tyto změny v morfologii páteře mohou souviset s progresivními fyziologickými změnami, které vedou ke zhoršení struktury a funkce muskuloskeletálního systému. Také bylo pozorováno větší naklonění pánve se zvyšující se a prodlužující se intenzitou jízdy.

Ze studie vyplývá, že cyklistika vytváří adaptace v morfologii páteře cyklisty ve srovnání s necyklisty, jako je zvýšení sklonu pánve, kyfózy bederní páteře a větší hrudní kyfózy ve vzpřímeném postoji. Z výzkumů také vyplývá, že flexibilita hamstringů neovlivňuje držení páteře cyklistů. Patnáct studií uvedlo, že byl pozorován větší sklon pánve, když byla řídítka v nižší poloze. Šestnáct studií zjistilo, že bederní kyfóza byla větší, když byla rukojeť řídítek níže a dále od sedla. Dvanáct studií uvedlo, že tendence k větší flexi hrudníku se s časem stráveným šlapáním na kole prodlužuje (Antequera-Vique et al., 2022).

Rajabi et al., (2000) zjistili u cyklistů větší kyfózu hrudníku ve stoje než u sedavých jedinců, tato studie však neanalyzovala polohu cyklisty na kole. Usabiaga et al., (1997) zjistili, že bederní zakřivení cyklistů, které je ve stoji přirozeně lordotické, se v cyklistickém posedu změnilo na bederní kyfózu. McEvoy et al., (2007) zjistili, že cyklisté měli větší antevertzi pánve ve srovnání se sedavými subjekty, když seděli na podlaze s extendovanými koleny. Schwab et al., (2006) zjistili věkem podmíněné změny zakřivení páteře ve smyslu nadměrné antevertze pánve a významně větší hrudní hyperkyfózy, zvětšující se s postupujícím věkem.

Dle Melliona (1991) trpí až 60 % cyklistů přetrvávajícími bolestmi zejména v oblasti krku a dolní části zad. Tento problém obvykle vyplývá z prolongované extenze krční páteře a hyperflexe bederní páteře, která potenciálně indukuje vysoké zatížení a kompresi meziobratlových plotének při nadměrné a opakované flexi (Dettori, Norvell, 2006; Schweltnus, Derman, 2005).

Mezi další důsledky této nepřirozené polohy těla patří trvalá nerovnováha flexorů a extenzorů páteře - aktivace svalů, která vyvolává vysokou míru svalové únavy (Streisfeld et al., 2017). Častá je i bolest ramenního pletence kvůli zvýšenému předklonu horní části těla s nataženými lokty a vertikální pozicí paže. Předpokládá se, že tato poloha těla přenese silniční rázy a vibrace přímo do akromioklavikulárního kloubu, bez dostatečného tlumení pomocí svalů a vazů (Mestdagh, 1998).

Úpravy na kontaktních plochách, jako je sedlo a řídítka umožňují změny cyklistického držení těla a umožňují optimální rozložení hmotnosti a odpovídající zapojení příslušných svalů (Balasubramanian et al., 2014; Mestdagh, 1998). Rozdíly v dosahové vzdálenosti řídítek mají značný vliv na zatížení páteře. Cyklisté ve vzpřímenější poloze tak pociťují nižší namáhání krční páteře (Kolehmainen, 1989).

Studie Branda et al., (2019) si kladla za cíl prozkoumat vliv polohy sedla a vzdálenosti řídítek na kinematiku horní části těla a aktivaci svalů pletence ramenního. Při změně polohy sedla a řídítek se vždy změnila sagitální dynamika trupu a pánve, stejně tak, jako sagitální a frontální úhly ramenního a loketního kloubu. V porovnání, spinální kinematika zůstala téměř nezměněna. Aktivita m. tricepsu brachii byla změněna pouze změnou sklonu sedla, zatímco m. longissimus and mm. multifidi vykazovaly téměř konstantní úroveň aktivity pro všechny měřené pozice sedu na kole. Ze studie vyplývá, že cervikální a bederní kinematika zůstaly téměř nezměněny, což vyvolává otázku, zda jedno ze zkoumaných 4 nastavení posedu představuje významnou výhodu, pokud jde o vyrovnání páteře pro prevenci zranění nebo ne.

Při jízdě na kole je zaujímána prolouvaná pozice extendované krční páteře a flektované bederní páteře. Kontinuální uchopení řídítek zvyšuje zátěž na paže a ramenní pletence, stejně tak, jako hyperextenzi krční páteře vedoucí k možné bolesti a únavě. Prolouvaná hyperextenze krční páteře a s ní spojené svalové napětí vede ke vzniku trigger pointů ve svalech krku a ramenního pletence. Trigger pointy jsou malé uzlíčky vytvářející se ve svaly a přilehlých fasciích a vysílají bolestivé signály do mozku a podílejí se na cyklu „bolest-spasmus-bolest“. Trigger pointy jsou často způsobené opakovanými mikrotraumaty. Cyklisté často uvádějí bolest levého levatoru scapulae, způsobenou častou rotací při ohlédnutí za sebe, při kontrolování situace v dopravě (Asplund, 2005).

U postarších cyklistů je častý výskyt radikulárních symptomů, sekundární artritidy krční páteře, thoracic outlet syndromu s projevy jako jsou: bolest hlavy, šije, brnění a bolest ramen, paže, rukou, prstů, studené a cyanotické ruce, slabost svalů horní končetiny.

3 Cíl, výzkumné otázky a hypotézy práce

3.1. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení efektu 6 týdenní terapie vybraných prvků proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů.

3.2. Výzkumné otázky

Pro řešení diplomové práce byly položeny následující výzkumné otázky:

- 1) Lze po šestitýdenní terapii metodou PNF očekávat změnu kraniovertebrálního úhlu u silničních cyklistů?
- 2) Bude nižší hodnota kraniovertebrálního úhlu přímo úměrná narůstajícímu počtu let silniční cyklistiky?
- 3) Lze u silničních cyklistů očekávat po šestitýdenní terapii metodou PNF zvýšení kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku dle kraniocervikálního flekčního testu?

3.3. Hypotézy

Na základě stanovených výzkumných otázek byly formulovány následující hypotézy:

H1: Šestitýdenní terapie metodou PNF vede k významné změně kraniovertebrálního úhlu ve smyslu návratu k jeho fyziologické normě u silničních cyklistů.

H2: Hodnota kraniovertebrálního úhlu klesá úměrně s narůstajícím počtem let provozování silniční cyklistiky.

H3: Šestitýdenní terapie metodou PNF vede k významnému zvýšení kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku u silničních cyklistů.

4 Metodika práce

Metodický postup této diplomové práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 206/2022 (Příloha č. 1). Každý proband byl před samotným měřením seznámen s jeho průběhem, vyšetřením a terapií. Všichni probandi před začátkem měření podepsali informovaný souhlas (viz. Příloha č. 2), kde tuto skutečnost písemně potvrzují a souhlasí se zpracováním naměřených dat v rámci této diplomové práce.

4.1. Charakteristika práce

Práce je empiricko-teoretického charakteru s použitím kvaziexperimentální metody výzkumu.

Teoretická východiska této diplomové práce byla zpracována formou literární rešerše na základě dostupných informací z české a zahraniční odborné literatury.

Na základě informací z teoretických východisek práce byl vytvořen návrh kvaziexperimentální studie, jejímž cílem bylo zhodnocení efektu vybraných prvků proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů. Postavení krční páteře bylo hodnoceno měřením kraniovertebrálního úhlu, aktivita a síla hlubokých flexorů krku byla hodnocena kranio-cervikálním flekčním testem. Podrobnější informace budou zmíněny dále v kapitole Metody sběru dat.

4.2. Výzkumný soubor

K tomuto výzkumu byl výběr probandů záměrně empirický, dle předem stanovených kritérií. Pro výzkum byla vybrána skupina silničních cyklistů, kteří se pravidelně věnují silniční cyklistice a mají platnou zdravotní prohlídkou od sportovního lékaře. Tato studie neporovnává efekt dvou rozdílných cvičebních metod, proto nebyla vytvořena kontrolní skupina. Skupina silničních cyklistů byla vybrána záměrně proto, abychom mohli hodnotit vliv proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů, protože předpokládáme svalovou dysbalanci v oblasti krční páteře a možnou změnu jejího fyziologického zakřivení v sagitální rovině (Asplund, 2005; Brand, 2019).

Podmínkami pro zařazení do výzkumu byl věk a minimální počet strávených hodin týdně na silničním kole. Věkové rozmezí bylo stanoveno na 18-50 let. Počet hodin strávených na silničním kole byl stanoven na minimálně 60 minut 4× za týden v cyklistické sezóně. Všichni probandi museli mít za sebou minimálně 3 cyklistické sezóny.

Do výzkumné skupiny nebyli zařazeni silniční cyklisté, u kterých se dle anamnestických dat nedalo vyloučit předchozí poranění páteře, whiplash syndrom, neurologické a interní onemocnění, porucha rovnováhy nebo aktuální infekční onemocnění, či akutní onemocnění pohybového aparátu.

Do studie bylo zařazeno 10 silničních cyklistů ve věkovém rozmezí 24-37 let (8 mužů, 2 ženy). Před započítáním výzkumu byl každý proband obeznámen s náplní diplomové práce, jejím průběhem a anonymní interpretací výsledků práce, což stvrdil svým podpisem na informovaném souhlasu (Příloha č. 2).

Probandi byli rovněž instruováni, aby po dobu experimentu neprováděli žádná jiná cvičení v oblasti krku a ramenního pletence vyjma instruovaného cvičení.

Studii v konečném výsledku dokončilo všech 10 silničních cyklistů.

4.3. Organizace výzkumu

Výzkum a sběr dat proběhl v ambulanci MSC-REHA s.r.o. Trutnov po dobu třech měsíců, ledna až března 2023. Vybraní probandi pravidelně 1× v týdnu po dobu 6 týdnů docházeli na pracoviště, kde probíhalo vstupní seznámení s výzkumem, měření, instruktáž cvičení a autoterapie, kontrola autoterapie a výstupní měření.

4.3.1. Vybavení pro výzkum

Snímač tlaku

Pro měření aktivity hlubokých flexorů krku byl použit snímač tlaku IDASS Pressure Biofeedback Stabilizer Unit viz. obrázek 4, zapůjčený v MSC-REHA s.r.o. Trutnov.



Obrázek 4 - IDASS Pressure Biofeedback Stabilizer Unit (archiv autora, 2022)

Fotoaparát

Pro pořízení fotografií byl použit iPhone 11 Pro.

4. 4. Metody sběru dat

Při prvním sezení, individuálně s každým probandem, byl proband podrobně seznámen s průběhem výzkumu a sdělil všechna potřebná osobní data a podepsal informovaný souhlas. Sběru dat se každý proband zúčastnil 7×, vždy v pondělí ráno (od 7 - 9h) po dobu 6 týdnů, v pondělí sedmého týdne bylo provedeno výstupní měření CVA a CCFT.

Jako první byly zhotoveny sagitální fotografické snímky probandů. Jako neinvazivní a platnou metodou měření byla použita fotogrammetrie. Postup měření byl stanoven dle studie Gallego-Izquierda, (2020).

Byl stanoven následující protokol hodnocení: Proband byl vyzván, aby si odložil do spodního prádla. Byl mu palpačně identifikován spinální výběžek sedmého krčního obratle, který byl označen kouskem tejpovací pásky $1 \times 1 \text{ cm}^2$, stejně tak byl označen i tragus zevního zvukovodu. Na podlaze vyšetřovací místnosti byla označena dvě místa od sebe vzdálená 1,5m. Proband byl instruován, aby se bosý přirozeně postavil na vyznačené místo bokem k fotoaparátu. Na druhém vyznačeném místě byl umístěn na

stativu mobilní telefon iPhone 11 Pro, vždy v odpovídající výšce ramenního kloubu každého probanda. Následně byly pořízeny vždy 3 snímky ze sagitálního pohledu z obou stran hlavy probanda.

Fotografie pořízené iPhone 11 Pro byly zpracovány volně přístupným softwarem Kinovea®, který nám určil příslušnou hodnotu CVA, viz. obrázek 5.



Obrázek 5 - Měření CVA pomocí softwaru Kinovea® (archiv autora, 2022)

Hodnoty CVA byly zprůměrovány z bočních snímků u každého probanda do výsledné hodnoty.

Po zhotovení sagitálních fotografických snímků hlavy a šíje jsme přistoupili k měření aktivity hlubokých flexorů krku kraniocervikálním flekčním testem (CCFT).

Test byl srozumitelně popsán ve studii Julla et al., (2008). K provedení CCFT testu proband leží v supinační poloze s neutrálním postavením krku tak, že linie obličeje je vodorovná, stejně tak i linie podélně půlící krk je vodorovná s testovacím povrchem. Pod hlavu mu může být umístěn složený ručník, pokud je to nutné pro dosažení neutrální polohy krku.

Vyfouknutý snímač tlaku IDASS Pressure Biofeedback Stabilizer Unit byl umístěn pod krkem tak, aby dosedal na týl, a byl nahuštěn na stabilní základní tlak 20 mm Hg.



Obrázek 6 - - Instruktaž testu CCFT (archiv autora, 2022)

Proband byl poučen, že test není testem síly, ale přesnosti pohybu. Dále je pacient instruován v rámci biofeedbacku, aby provedl během výdechu jemný kyv hlavou (jako by řekl „ano“) až na hodnotu 22 mm Hg a tuto polohu udržel po dobu 10 sekund s následnou relaxací 3-5 sekund na počáteční hodnotu 20 mm Hg. To samé se opakovalo 10×. Pokud toto proband zvládl, hodnota tlaku se přesným pohybem hlavy navýší na 24 mm Hg a celý proces se opakuje, a poté se postupně navyšuje až na hodnotu 30 mm Hg. V průběhu měření byla aspekčně kontrolována aktivita m. sternocleidomastoideus (SCM), pokud byla aktivita m. SCM zřetelná, následovala instruktaž ke zpřesnění pohybu. Měření CCFT bylo provedeno vždy 1× týdně, na konci terapie.

Měření CVA bylo provedeno na první a poslední schůzce s probandem, 1. a 7. týden.

Měření CCFT bylo provedeno při každé schůzce, každé pondělí v průběhu 7 týdnů, naměřené hodnoty byly rovnou zapisovány do tabulky a přepočteny na kumulativní výkonnostní index hlubokých flexorů krku dle doporučení studie Jamese, Doea, (2010). Při každé návštěvě bylo zkontrolováno správné provádění autoterapie nebo proběhla její případná korekce.

4.5. Průběh terapeutických jednotek

Studie ukázaly, že specifický trénink kraniocervikálních flexorů je účinný při zvýšení aktivace hlubokých krčních flexorů a zlepšení schopnosti udržet vzpřímené postavení krční páteře při delším sezení (Falla et al., 2007; Jull et al., 2007).

K aktivaci a posílení hlubokých svalů krku byl vybrán pohybový vzorec PNF pro flexi hlavy a krku. Z posilovacích technik byla zvolena technika opakované kontrakce: pohyb začíná izotonickou kontrakcí agonistického vzorce proti odporu terapeuta a v místě, kde je cítit menší síla, je dán povel k izometrické kontrakci=výdržti a odpor je dán všem pohybovým komponentám. Následuje odpor slabší pohybové komponentě a pokud se pohyb zesílí, pokračuje izotonická kontrakce celého vzorce a odpor se dále stupňuje. Při provedení flekčního vzorce pro hlavu a krk vlevo se mimo dalších svalů aktivují hluboké flexory krku: m. longus colli sinister a m. longus capitis sinister. V průběhu individuální terapeutické jednotky se využívá manuální odpor terapeuta, k autoterapii je třeba použít cvičební pomůcku, nebo jako v tomto případě gravitaci (Holubářová, 2019).

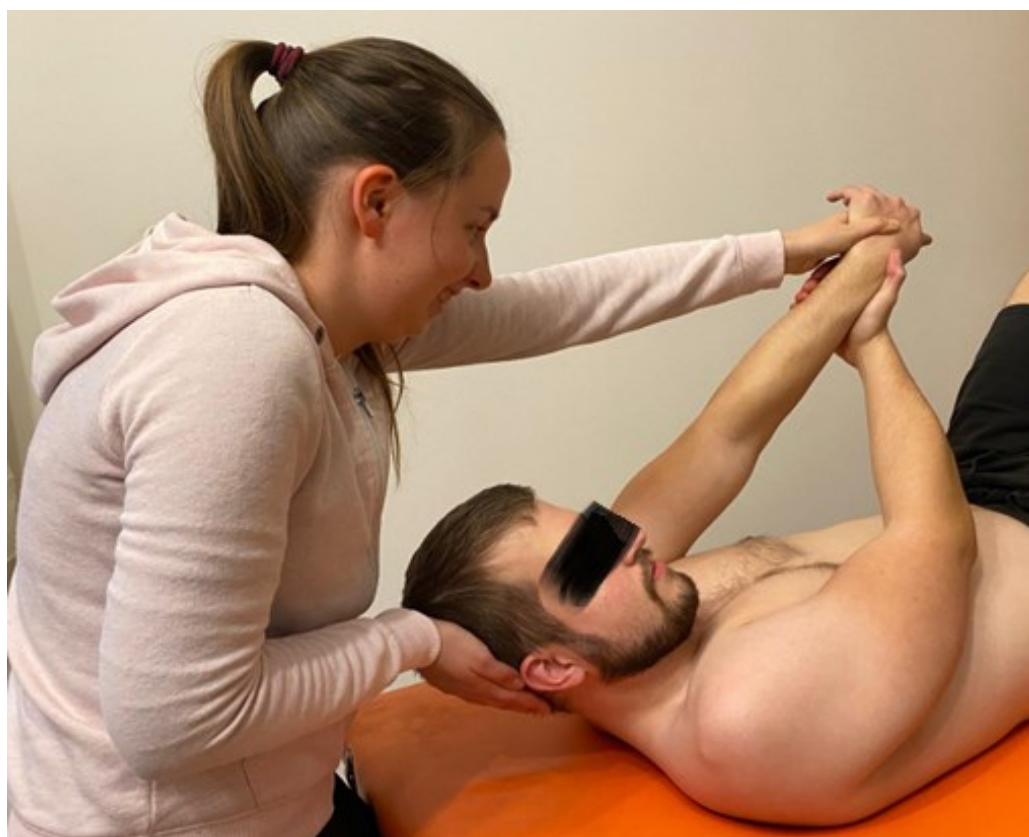
Manuální kontakt terapeuta při nácvičku pohybu a terapii pro flexi krku s rotací vlevo: Pravá ruka a prsty terapeuta spočívají na pravé posterolaterální straně hlavy, prsty směřují distálně, za uchem probanda – odpor je kladen rotaci hlavy vlevo, hlava se během pohybu neodchyluje od osy, nesmí dojít k úklonu hlavy. Levá ruka a prsty je dlaní položena pod levou mandibulou probanda – odpor je kladen všem složkám pohybu.

Povel, kterým je proband instruován: Otácejte hlavu vlevo, klopte čelist k levé klíční kosti, ještě více klopte a otácejte hlavu vlevo, položte čelist k levé klíční kosti. Plynule se navraťte do výchozí pozice.

Po nácvičku pohybového vzoru hlavy a krku přidáme vzorce horních končetin, kdy levá horní končetina provádí I. diagonálu extenčního vzorce, která podpoří rotační komponentu hlavy a krku. Pravá horní končetina provádí II. diagonálu extenčního vzorce, která podpoří flekční komponentu hlavy a krku (Holubářová, Pavlů, 2017).



Obrázek 7 – Provedení posilovací techniky PNF opakované kontrakce – vzor flexe hlavy a krku s rotací vlevo (archiv autora, 2022)



Obrázek 8 - Návčik autoterapie (archiv autora, 2022)

Cvičení má za cíl zlepšení iniciace a vědomého ovládní pohybu, zvýšení rozsahu pohybu, snížení svalového napětí u hypertonických svalů, zvýšení svalové síly, svalové koordinace, vytrvalosti a stabilizaci kloubů (Holubářová, 2019).

Technika byla prováděna s vedením fyzioterapeuta 10× vpravo i vlevo.

Pro autoterapii byl taktéž zvolen pohybový vzorec pro flexi hlavy a krku prováděný zároveň s doprovodným pohybem horní končetiny, která provádí vždy II. extenční diagonálu kontralaterální horní končetiny.

Pro výzkum bylo stěžejní nastavit zátěžové parametry zahrnující velikost odporu, rychlost provedení pohybu, počet opakování a dobu odpočinku.

Z důvodu nutné výchozí pozice vleže na zádech, a protože flexory krku jsou malá svalová skupina, kde je důležitá spíše koordinace a přesnost provedení pohybu, než aby byl překonáván velký odpor, bylo jako dostačující odpor zvoleno zvedání tíhy hlavy proti gravitaci.

Pohyb je vykonáván pomalu, plynule, koordinovaně, aby se docílilo správné aktivace příslušných svalů krku.

Posilování malých svalových skupin s cílem zvýšení svalové síly vyžaduje menší počet opakování (8-12), z důvodu rychle vznikající lokální svalové únavy. Postupem času se svaly adaptují na danou zátěž a svalová síla vzrůstá, k dosažení dalšího svalového posílení je nutné zátěž dále postupně zvyšovat (Pavluch, Frolíková, 2004). Bylo prokázáno, že při snaze o dlouhodobé udržení silové úrovně u sportovců není nutné více sérií opakování cvičení, ale 1-2 jsou dostačující (Petr, Šťastný, 2012).

Probandi měli za úkol provádět autoterapii jednou denně, 10 opakování po dvou sériích, 5× v týdnu. Jednou za týden, byla vždy kontrola provedení cvičení s fyzioterapeutem. Probandi byli upozorněni na důležitost správné výchozí polohy, přesnost provedení pohybu a eliminaci nežádoucích pohybů trupu a dolních končetin.

Počet opakování byl stanoven na 10 po dvou sériích na každou stranu s pauzou 1 minutu.

Celá terapie trvala po dobu 6 týdnů.

4.6. Statistická analýza dat

Dříve než jsme přistoupili k hodnocení statistické analýzy dat, byl proveden Shapirov-Wilkův test normality dat. Pokud je výsledná hodnota Shapirova-Wilkova testu větší, než kritická hodnota dána dle tabulkových hodnot: 0,842, můžeme říci, že na stanovené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ data pocházejí z normálního rozdělení hodnot (Hendl, 2012).

Hladinu statistické významnosti jsme i u všech ostatních statistických testů zvolili na 5 % ($\alpha = 0,05$).

4.6.1. Popisná statistika

Z popisné statistické analýzy dat byl použit výpočet aritmetického průměru, směrodatné odchylky (SD) a mediánu. Aritmetický průměr definujeme jako součet všech naměřených hodnot vydělený jejich počtem. Směrodatná odchylka měří rozptýlenost hodnot kolem průměru. Aritmetický průměr i směrodatná odchylka může být výrazně ovlivněna odlehlými hodnotami. Medián je hodnota, která nám rozdělí číselnou řadu podle velikosti seřazených hodnot na dvě poloviny (Hendl, 2012).

4.6.2. Explorativní statistika

Z explorativních statistických metod jsme použili Studentův párový t-test, Cohenovo d , korelační analýzu (Pearsonův korelační koeficient) a lineární regresní analýzu.

K určení statistické významnosti efektu PNF cvičení na změnu CVA a CPI byl použit Studentův párový t-test.

Vzhledem k malému výzkumnému souboru ($n=10$) je vhodné použít i významnost věcnou, kterou určíme výpočtem Cohenova koeficientu účinku d . Cohenovo d slouží pro hodnocení velikosti klinického účinku. Hodnota koeficientu standardizuje rozdíly mezi dvěma skupinami pomocí směrodatné odchylky, a je nezávislá na rozsahu výběru. Cohenovo d použijeme k výpočtu věcné významnosti rozdílů vstupních a výstupních hodnot CVA a CPI. Hodnota velikosti účinku pro Cohenovo d je stanovena na:

- $|d| 0,2-0,49$... malá velikost efektu,

- $|d| 0,5-0,79 \dots$ střední velikost efektu,
- $|d| \geq 0,8 \dots$ velká velikost efektu (Hendl, 2012).

Prostřednictvím korelační analýzy zkoumáme stupeň závislosti proměnných X a Y , za pomoci měř závislosti, kterým říkáme korelační koeficienty. V korelační analýze dat byl použit Pearsonův korelační koeficient r . Korelační koeficient nabývá hodnot z intervalu $[-1;1]$. Korelačním koeficientem určíme sílu závislosti hodnoty CVA na počtu let silniční cyklistiky jednotlivých probandů. Statistickou významnost korelačního koeficientu určíme dle tabulkových hodnot. Pro $n=10$ je tabulková kritická hodnota korelačního koeficientu $r_k = 0,632$. Sílu závislosti korelačního koeficientu určíme dle stanovených standardů:

- $|r| 0,1-0,3 \dots$ malá závislost,
- $|r| 0,3-0,7 \dots$ střední závislost,
- $|r| 0,7-1,0 \dots$ velká závislost (Hendl, 2012).

Regresní analýza udává, jaký je vztah mezi proměnnými X a Y , s jakou spolehlivostí můžeme proměnnou Y odhadnout pomocí proměnné X a s jakou chybou. Užitím rovnice regresní přímky můžeme predikovat, pro daný počet let věnovaný silniční cyklistice, hodnotu CVA. Musíme také brát v potaz koeficient determinace (R^2) určující spolehlivost predikce, a také chybu středního odhadu (SE). Rozdíl mezi naměřenou a predikovanou hodnotou závisle proměnné označujeme reziduální hodnotou predikce (Hendl, 2012).

5. Výsledky práce

Do výzkumu bylo zařazeno 10 probandů (8 mužů, 2 ženy), kteří byli záměrně vybráni podle předem stanovených kritérií.

Výzkumný soubor tvořilo 10 probandů v průměrném věku $32 \pm 4,52$ let; výšce $177,3 \pm 8,32$ cm; tělesné hmotnosti $74 \pm 9,70$ kg; BMI $23,51 \pm 2,00$ kg/m² a počtu let věnujících se silniční cyklistice $12,8 \pm 4,09$ let.

Tabulka 1 - Informace o výzkumném souboru probandů

	Průměrná hodnota	Medián	Směrodatná odchylka
Věk (roky)	32	31	4,52
Výška (cm)	177,3	178,5	8,32
Tělesná hmotnost (kg)	74	78	9,70
BMI (kg/m ²)	23,51	23,46	2,00
Doba jízdy na kole (roky)	12,8	12,5	4,09

Proband č. 1:

Věk: 29 let

BMI: 27,8

Výška: 174 cm

Počet roků cyklistiky: 16

Tělesná hmotnost: 82 kg

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 1

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
47,68	48,22	0,53

Tabulka 3 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 1

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 1	16	18	32	52	66	72	90

Proband č. 2:

Věk: 40 let

Výška: 185 cm

Počet roků cyklistiky: 19 let

Tělesná hmotnost: 86 kg

BMI: 25,13

Tabulka 4 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 2

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
45,95	46,9	0,95

Tabulka 5 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 2

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 2	24	24	60	72	108	132	156

Proband č. 3:

Věk: 37 let

Výška: 173 cm

Počet roků cyklistiky: 8 let

Tělesná hmotnost: 68 kg

BMI: 22,72

Hodnota CVA (°)

Tabulka 6 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 3

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
57,3	56,6	-0,7

Hodnoty CPI

Tabulka 7 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 3

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 3	52	66	73	136	160	184	230

Proband č. 4:

Věk: 36 let

Výška: 184 cm

Počet roků cyklistiky: 7 let

Tělesná hmotnost: 79 kg

BMI: 23,33

Hodnota CVA (°)

Tabulka 8 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 4

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
52,4	52,53	0,13

Hodnoty CPI

Tabulka 9 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 4

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 4	24	44	52	72	107	136	176

Proband č. 5:

Věk: 31 let

Výška: 178 cm

Počet roků cyklistiky: 5

Tělesná hmotnost: 78 kg

BMI: 24,62

Hodnota CVA (°)

Tabulka 10 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 5

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
59,72	58,75	-0,97

Hodnoty CPI

Tabulka 11 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 5

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 5	36	56	78	107	120	144	168

Proband č. 6:

Věk: 24 let

Výška: 160 cm

Počet roků cyklistiky: 12 let

Tělesná hmotnost: 53 kg

BMI: 20,7

Hodnota CVA (°)

Tabulka 12 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 6

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
47,43	47,47	0,03

Hodnoty CPI

Tabulka 13 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 6

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 6	24	40	60	72	90	128	160

Proband č. 7:

Věk: 31 let

Výška: 179 cm

Počet roků cyklistiky: 13 let

Tělesná hmotnost: 78 kg

BMI: 24,34

Hodnota CVA (°)

Tabulka 14 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 7

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
54,7	54,67	-0,03

Hodnoty CPI

Tabulka 15 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 7

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 7	56	84	114	128	168	176	240

Proband č. 8:

Věk: 34 let

Výška: 179 cm

Počet roků cyklistiky: 6 let

Tělesná hmotnost: 79 kg

BMI: 23,59

Hodnota CVA (°)

Tabulka 16 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 8

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
55,93	55,83	-0,10

Hodnoty CPI

Tabulka 17 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 8

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 8	40	52	66	96	128	176	210

Proband č. 9:

Věk: 28 let

Výška: 168 cm

Počet roků cyklistiky: 12 let

Tělesná hmotnost: 61 kg

BMI: 21,61

Hodnota CVA (°)

Tabulka 18 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 9

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
49,56	49,63	0,07

Hodnoty CPI

Tabulka 19 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 9

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 9	52	60	78	114	136	168	240

Proband č. 10:

Věk: 30 let

Výška: 189 cm

Počet roků cyklistiky: 11 let

Tělesná hmotnost: 76 kg

BMI: 21,28

Hodnota CVA (°)

Tabulka 20 - Naměřené hodnoty CVA – proband č.10

Vstupní měření (°)	Výstupní měření (°)	Rozdíl hodnot (°)
48,12	48,40	0,28

Hodnoty CPI

Tabulka 21 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 10

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden
č. 10	32	48	60	78	102	120	160

5.1. Souhrnné výsledky

Statistická analýza Shapiro-Wilkova testu nám prokázala normalitu dat pro naměřené hodnoty kraniovertebrálního úhlu, i pro hodnoty kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku.

5.1.1. Kraniovertebrální úhel

V tabulce 22 vidíme naměřené průměrné vstupní a výstupní hodnoty kraniovertebrálního úhlu (CVA) u jednotlivých probandů, a výsledný rozdíl obou hodnot.

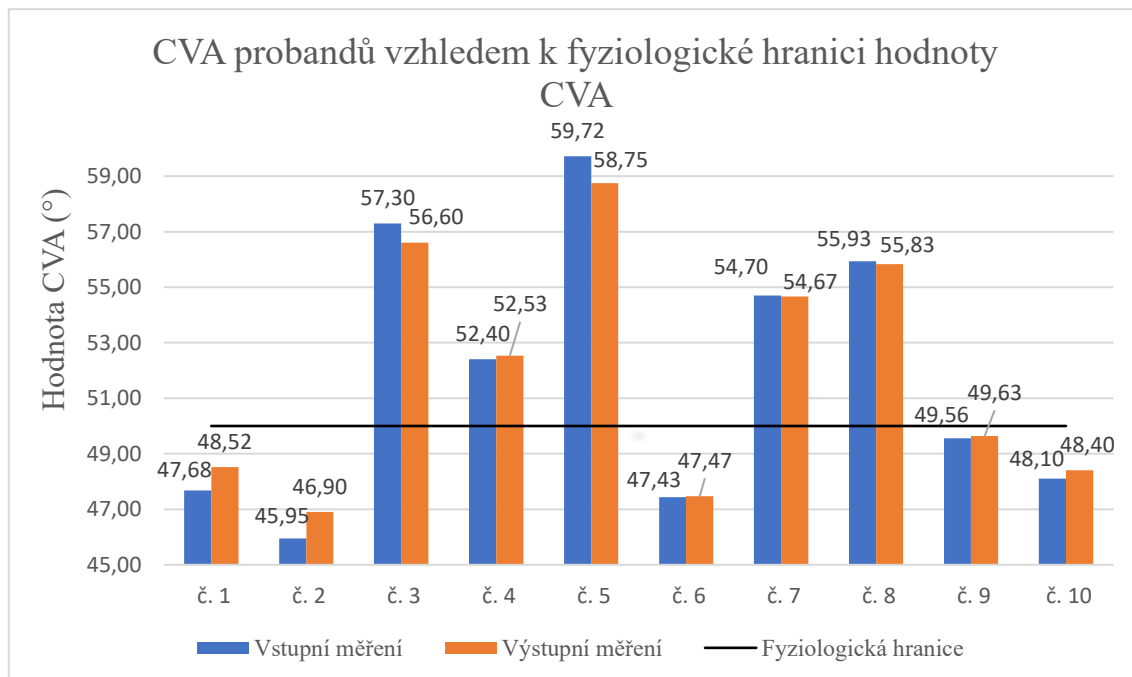
Tabulka 22 - Průměrné vstupní, výstupní hodnoty CVA (°) a výsledný rozdíl hodnot

Proband	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10
PVSM	47,68	45,95	57,30	52,40	59,72	47,43	54,70	55,93	49,56	48,10
PVÝM	48,52	46,90	56,60	52,53	58,75	47,47	54,67	55,83	49,63	48,40
Rozdíl PVSM PVÝM	0,53	0,95	-0,70	0,13	-0,97	0,03	-0,03	-0,10	0,07	0,28

Legenda tabulky 22: PVSM: průměrná hodnota vstupního měření CVA (°). PVÝM: průměrná hodnota výstupního měření CVA (°).

Na grafu 1 vidíme rozdíl hodnot vstupního a výstupního měření CVA a vztah hodnot k fyziologické hranici CVA stanovené na 50°. Polovina probandů má hodnotu CVA pod hranicí fyziologické normy 50°.

Graf 1 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot CVA vzhledem k fyziologické hranici 50° CVA



Ze souhrnných výsledků měření kraniovertebrálního úhlu (CVA) je patrný pouze zanedbatelný rozdíl průměrných vstupních a výstupních hodnot CVA po šestidenní terapii PNF. Rozdíl činí pouze $0,02 \pm 0,53^\circ$. Průměrná vstupní hodnota CVA u silničních cyklistů byla $51,88 \pm 4,56^\circ$, výstupní $51,90 \pm 4,11^\circ$. U jednotlivých probandů najdeme maximální rozdíl $0,97^\circ$, minimální rozdíl je $0,03^\circ$.

Tabulka 23– Souhrnné výsledky vstupních a výstupních hodnot CVA

Vstupní CVA±SD	Výstupní CVA±SD	Výsledný rozdíl CVA±SD	Párový t-test hodnota p	Věcná významnost C. d	Procentuální rozdíl %
51,88±4,56°	51,9±4,11°	0,02±0,53°	0,39143	0,0046	0,04 %

Výsledná hodnota párového t-testu: $p=0,39143$. Můžeme říci, že u měření CVA nedošlo na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ke statisticky ani věcně významné změně mezi vstupními a výstupními hodnotami, tímto tedy zamítáme H_1 .

Tabulka 24 - Tabulka porovnání vstupních hodnot CVA vs. počtu roků cyklistiky u jednotlivých probandů

Č. p.	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10
PLSC (roky)	16	19	8	7	5	12	13	6	12	11
VCVA (°)	47,68	45,95	57,3	52,4	59,72	47,43	54,7	55,93	49,56	48,1

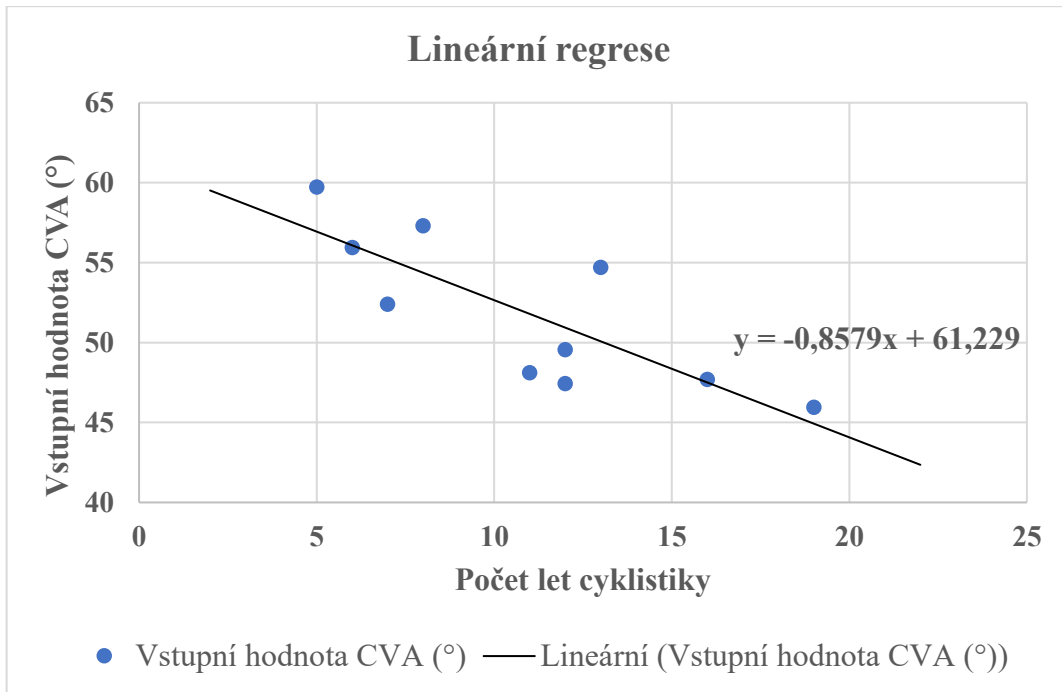
Legenda tabulky 24: Č. p.: číslo probanda. PLSC: počet let silniční cyklistiky. VCVA: vstupní hodnota kraniovertebrálního úhlu.

Korelační koeficient závislosti hodnoty CVA na počtu let silniční cyklistiky je $r = -0,7995569$, jedná se tedy o velkou nepřímou lineární závislost. Korelační koeficient je dle tabulkové kritické hodnoty korelačního koeficientu $r_k = 0,632$ statisticky významný.

Z grafu 3 lineární regresní analýzy můžeme predikovat hodnotu CVA v závislosti na počtu let silniční cyklistiky. Příkladem: dosadíme do rovnice $y = -0,8579x + 61,229$ hodnotu $x=13$ dostává se nám predikce 50,07, tudíž reziduální hodnoty predikce 4,63. Jedná se o mírně nepřesnou predikci. O spolehlivosti predikce nám také vypovídá koeficient determinace ($R^2=0,64$) a střední směrodatná chyba odhadu ($SEE= 3,06$), která není zanedbatelná.

Tímto můžeme říci, že silniční cyklisté, jsou úměrně ke zvyšující se době, s jakou se věnují silniční cyklistice, náchylnější k předsunutému postavení hlavy a krku. Hodnota CVA vykazuje silnou míru závislosti na počtu let, jak dlouho se cyklisté věnují silniční cyklistice. Tímto můžeme přijmout H2.

Graf 2 - Graf lineární regrese vyobrazující vstupní hodnoty CVA a počet let cyklistiky u jednotlivých probandů



5.1.2. Kraniocervikální flekční test

V tabulce 25 vidíme průběžné hodnoty kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku (CPI) z měření kraniocervikálního flekčního testu jednotlivých probandů a jejich výsledný rozdíl.

Tabulka 25 - Průběžné hodnoty kumulativního indexu výkonnosti

Proband	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden	7. týden	Rozdíl
č. 1	16	18	32	52	66	72	90	74
č. 2	24	24	60	72	108	132	156	132
č. 3	52	66	73	136	160	184	230	178
č. 4	24	44	52	72	107	136	176	152
č. 5	36	56	78	107	120	144	168	132
č. 6	24	40	60	72	90	128	160	136
č. 7	56	84	114	128	168	176	240	184
č. 8	40	52	66	96	128	176	210	170
č. 9	52	60	78	114	136	168	240	188
č. 10	32	48	60	78	102	120	160	128
Průměrné hodnoty	35,6	49,2	67,3	92,7	118,5	143,6	183	147,4
Směrodatná odchylka	13,32	18,40	20,21	26,36	29,42	32,32	44,88	32,90

Průměrné vstupní hodnoty kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku (CPI) byly $35,60 \pm 13,52$. Průměrné výstupní hodnoty $183,00 \pm 44,88$.

Ze souhrnných výsledků měření CPI je patrné, že celkový rozdíl mezi vstupními a výstupními daty je $+147,40 \pm 32,90$. Jedná se tedy o výrazné zvýšení hodnot CPI.

Tabulka 26 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot kumulativního indexu výkonnosti

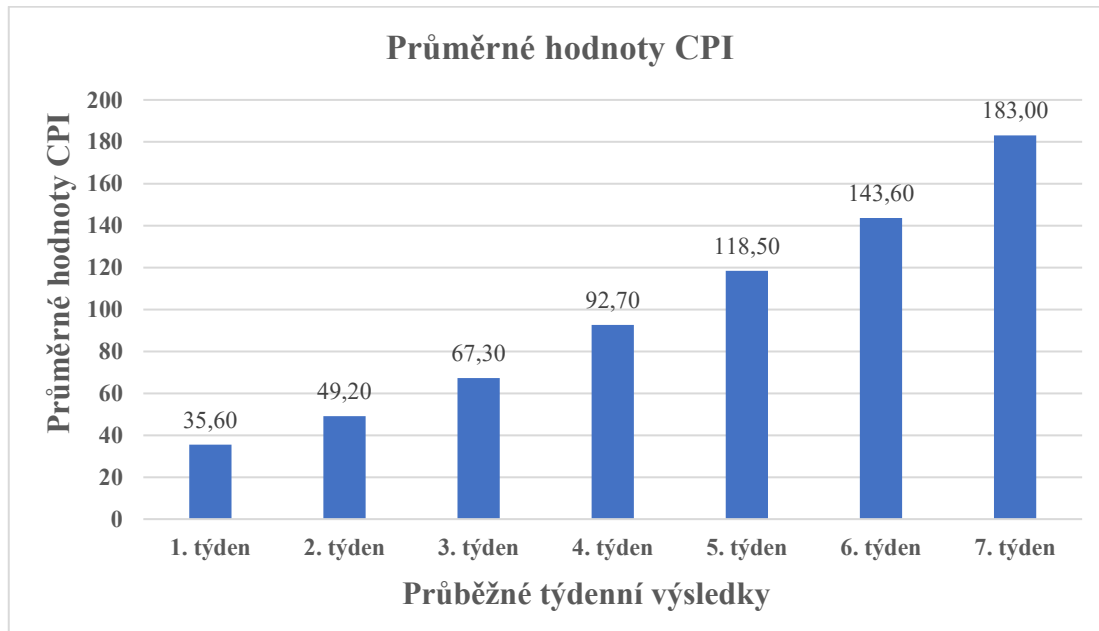
Vstupní CPI±SD	Výstupní CPI± SD	Výsledný rozdíl CPI±SD	Párový t-test hodnota p	Věcná významnost C. d	Procentuální rozdíl %
35,60±13,52	183,00±44,88	147,40±32,90	p<0,0001	4,45	314 %

Pomocí párového t-testu byly porovnány vstupní a výstupní hodnoty CPI na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. U CPI došlo ke statisticky významné změně vstupních a výstupních hodnot CPI, výsledná hodnota byla $p < 0,0001$. Tuto hodnotu nám potvrzuje i analýza věcná, která značí velmi významný efekt cvičení PNF na zlepšení síly a aktivity hlubokých flexorů krku. Procentuální rozdíl vstupních a výstupních hodnot činí 314 %.

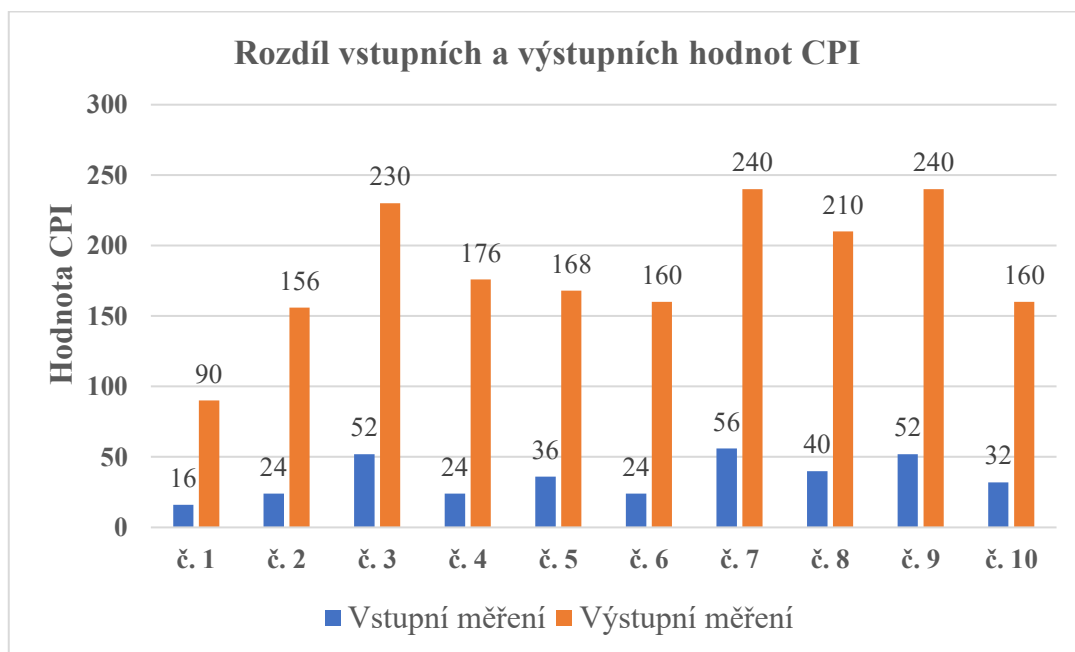
Přijímáme tedy H3.

V následujících grafech vidíme průběžný týdenní nárůst hodnot CPI a jejich výsledný rozdíl.

Graf 3 - Průběžné týdenní průměrné hodnoty CPI



Graf 4 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot CPI jednotlivých probandů



6. Diskuze

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení efektu šestitýdenní terapie vybraných prvků propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů. Nebyly nalezeny studie, které by v minulosti hodnotily vliv propioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů ani přesné měření, či hodnocení možných změn postavení krční páteře silničních cyklistů.

6. 1. Diskuze k teoretickým východiskům diplomové práce

Studie potvrdily pozitivní efekt specifického PNF tréninku hlubokých kraniocervikálních flexorů krku na zlepšení jejich aktivace, síly, korekce postavení kloubů, redukce bolesti a podílu na zlepšení schopnosti udržení vzpřímeného postavení krční páteře (Falla et al., 2007; Ghadiri, 2016; Hyun-Ju, 2016; Jull et al., 2007, Matho, 2019).

Proto jsme se rozhodli, v kombinaci měření kraniovertebrálního úhlu, jako indikátoru míry předsunutého držení hlavy a krční páteře, a specifického cvičení PNF, pro ovlivnění hlubokých flexorů krční páteře. A prostřednictvím zvýšení jejich svalové aktivity a síly zároveň ovlivnit postavení krční páteře u silničních cyklistů.

Několik studií se zabývalo vlivem rozdílné pozice sedu na postavení krční, hrudní a bederní páteře nebo jejich vlivem na aktivitu cervikothorakálních svalů. Autoři zdůraznili kinematickou vazbu mezi pozicí pánve, bederní páteře a držením krční páteře (Black, McClure, Polansky, 1996; O'Sullivan et al., 2006; Streisfeld et al., 2017).

Sagitální zakřivení páteře se může konkrétnímu sportu, během dlouhodobého intenzivního tréninku, postupně přizpůsobovat a ovlivňovat rozsah pohybu z důvodu zvyšování specifické mechanické zátěže (Muyor, 2013). Páteř je při typickém cyklistickém silničním posedu flektovaná ve všech pohybových segmentech. Z důvodu nutné optické kontroly okolí cyklisty je poloha hlavy zajišťována izometrií mm. sternocleidomastoidei, mm. scaleni. Záklon hlavy je v rozporu s extenčním požadavkem osového orgánu na koaktivaci m. longus capitis a m. longus colli s dorzálně uloženými m. semispinalis capitis et cervicis, splenius capitis et cervicis, a z dlouhodobého hlediska může vést až ke vzniku strukturálních změn v oblasti krční páteře. Zakřivení krční páteře nutné pro pohled vpřed, je ovlivněno úchopem a pozicí

řídítek, nastavením výšky sedla a mírou flexe hrudní a bederní páteře (Kračmar, 2005). Nižší poloha rukou a řídítek vede k výraznější anteverzii pánve a bederní kyfóze, u hrudní kyfózy však takové rozdíly nejsou patrné (Antequera-Vique et al., 2022). Hrudní kyfóza se zvyšuje úměrně s věkem a množstvím let cyklistického tréninku. Tyto změny v morfologii páteře mohou souviset s progresivními fyziologickými změnami, které vedou ke zhoršení funkce i struktury muskuloskeletálního systému (Antequera-Vique et al., 2022; Schwab et al., 2006).

Ve studii Muyora (2015) silniční cyklisté vykazovali výrazně větší hrudní kyfózu a anteflekční postavení pánve, než jezdci MTB a necyklisté (Muyor, 2015). Sporty, které se vyznačují vysokým objemem tréninku nebo převahou repetitivních pozic s flektovaným trupem, mohou zvýšit hrudní kyfózu (Alricsson et al., 2016). Cyklistika je jedním z takových sportů, kdy cyklista z důvodu zlepšení aerodynamiky a sportovního výkonu zaujímá nepřírozenou pozici nadměrně a staticky flektované páteře, kdy na páteř působí nadměrná mechanická zátěž (Schwellnus, 2010).

Systematické review Antequera-Vique et al., (2022) uvedlo, že tendence k větší flexi hrudníku a anteverzii pánve se úměrně s časem stráveným šlapáním na kole zvyšuje, nebyly ale nalezeny studie, kde by se hodnotilo postavení krční páteře u cyklistů (Antequera-Vique et al., 2022).

Dle Melliona (1991) trpí až 60 % cyklistů přetrvávajícími bolestmi, zejména v oblasti krku a dolní části zad. Tento problém obvykle vyplývá z prolongované extenze krční páteře a hyperflexe bederní páteře, která potenciálně indukuje vysoké zatížení a kompresi meziobratlových plotének při nadměrné a opakované flexi (Dettori, Norvell, 2006; Schwellnus, Derman, 2005). Úpravy na kontaktních plochách, jako je sedlo a řídítka umožňují změny cyklistického držení těla a umožňují optimální rozložení hmotnosti a odpovídající zapojení příslušných svalů (Balasubramanian et al., 2014; Mestdagh, 1998). Rozdíly v dosahové vzdálenosti řídítek mají značný vliv na zatížení páteře (Brand et al., 2019). Cyklisté ve vzpřímenější poloze tak pociťují nižší namáhání krční páteře (Kolehmainen, 1989).

Mezi další důsledky této nepřírozené polohy těla patří trvalá nerovnováha flexorů a extenzorů páteře - aktivace svalů, která vyvolává vysokou míru svalové únavy (Streisfeld et al., 2017).

Synergická aktivita hlubokých flexorů krku v součinnosti s povrchovými svaly je nezbytná pro stabilizaci jednotlivých krčních segmentů. Svalová síla *m. longus colli* bývá často snížena, což má za následek prohloubení krční lordózy kvůli převažující funkci *mm. scaleni* (Falla et al., 2003; Véle, 2006). Změna koordinace mezi hlubokými a povrchovými flexory krku se projevuje nízkým výkonem při provedení kraniocervikálního flekčního testu (CCFT), klinickém testu používaném k hodnocení aktivity hlubokých flexorů krku (Gallego Izquiedra et al., 2016).

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace cílí na ovlivnění co největšího počtu motorických neuronů předních rohů míšních, pomocí aference z proprioceptorů svalů, šlach a kloubů. Zároveň jsou motorické neurony ovládány eferentními signály z vyšších motorických center, které reagují na signály přicházející ze zrakových, sluchových a taktilních exteroceptorů, což urychluje a podporuje odpověď nervosvalového aparátu přes mechanismus stimulace proprioceptorů (Jung-Ho Lee et al., 2013; Newcomer et al., 2000; Westwater-wood et al., 2010). Proprioceptivní neuromuskulární facilitace využívá pohybové vzorce, kde jsou aktivovány celé funkční pohybové komplexy (Buck, Beckers, Adler, 2005; Kolář, 2009).

Cvičení proprioceptivní neuromuskulární facilitace - pohybový vzorec flexe hlavy a krku s rotací – je v této diplomové práci zaměřeno zejména na hluboké flexory krku.

Hluboké flexory krku obsahují velkou hustotu svalových vřetének (Gallego Izquiedra et al., 2016). Pohybové vzory PNF prostřednictvím stimulace proprioceptivních orgánů zajišťují správnou nervosvalovou funkci. Diagonální a spirální složka pohybového vzoru je v souladu s topografickým umístěním svalů, ligamentózním aparátem, klouby a kostmi. Tyto pohybové vzory jsou efektivnější a zlepšují nervosvalovou funkci, koordinaci, svalovou sílu, zvýšení rozsahu pohybu a snížení případné bolesti (Buck, Beckers, Adler, 2005; Kolář, 2009).

6.2. Diskuze k výzkumným otázkám a hypotézám

6.2.1. Diskuze k výzkumné otázce č. 1

Lze po šestitýdenní terapii metodou PNF očekávat změnu kraniovertebrálního úhlu u silničních cyklistů?

H1: Šestitýdenní terapie metodou PNF vede k změně kraniovertebrálního úhlu u silničních cyklistů.

Z výsledků naší studie vyplývá, že u skupiny silničních cyklistů nedošlo po 6 týdnech terapie metodou PNF ke statisticky ani věcně významné změně kraniovertebrálního úhlu (CVA). Celkové výsledky prokázaly pouze zanedbatelný rozdíl průměrných vstupních a výstupních hodnot CVA po šestitýdenní terapii PNF, $0,02 \pm 0,53^\circ$. Tímto tvrzením jsme hypotézu H1 zamítli.

Pokud se podíváme na rozdílné hodnoty u jednotlivých probandů, můžeme najít maximální rozdíl mezi předintervenční a postintervenční hodnotou kraniovertebrálního úhlu $0,97^\circ$.

Hypotéza H1 byla porovnáována se studií Borkar et al., (2020). Ve studii se zabývali efektem propioceptivní neuromuskulární facilitace na změnu kraniovertebrálního úhlu (CVA) u 39 subjektů s předsunutým držením hlavy a krku. Jako jedno z kritérií pro zařazení do výzkumu byla hodnota CVA menší než 50° . Bylo vybráno 39 subjektů, kteří byli randomizovaně rozděleni do 2 experimentálních skupin. Skupina A měla za úkol po dobu 4 týdnů provádět $3 \times$ za týden, 20 minut cvičení PNF pro hlavu a krk v pozici vsedě. Skupina B měla za úkol provádět izometrická cvičení krčních svalů, s navazující aplikací horkého zábalu na oblast krku po dobu 15 minut po konvenčním cvičení. Jako hodnotící nástroj bylo stanoveno měření CVA pomocí ON protractor smartphone aplikace verze 6.0 a skóre Neck Disability Index (NDI). Statistická analýza ozřejmila pro obě skupiny signifikantní rozdíl u obou proměnných. U obou skupin došlo k signifikantnímu zvětšení CVA a snížení skóre NDI. U skupiny A byl rozdíl větší, než u skupiny B. Průměrný rozdíl hodnot CVA pro skupinu A: $CVA_A = 5,09 \pm 1,30$, pro $NDI_A = 3,2 \pm 0,83$. Pro skupinu B: $CVA_B = 2,20 \pm 0,52$, pro $NDI_B = 3,36 \pm 0,089$ na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Borkar et al., 2020). Metoda PNF je brána jako vhodná metoda pro zvětšení kraniovertebrálního úhlu u osob s předsunutým držením hlavy a krku, stejně tak i pro snížení bolesti v oblasti krční páteře a zvýšení rozsahu a flexibility krční páteře.

Výsledky studie Borkar et al., (2020) jsou v rozporu s výsledky naší studie, kdy nedošlo ke statisticky ani věcně významné změně kraniovertebrálního úhlu u skupiny silničních cyklistů. Tento fakt můžeme odůvodnit možnou subjektivní chybou měření umístění značky na spinální výběžek sedmého krčního obratle C7 nebo na tragus zevního zvukovodu. Dalším důvodem může být nedostatečná frekvence nebo nepravidelnost

domácího cvičení probandů. Zároveň vzhledem k tomu, že se většina výše zmíněných studií zabývala hodnocením ostatních oblastí páteře, je pravděpodobné, že cílenou terapií i dalších oblastí páteře by mělo dojít k většímu ovlivnění postury krční páteře.

Zároveň bychom měli brát v potaz, že po 6 týdnech cílené terapie není pravděpodobná výrazná změna v postuře krční páteře, která je pravděpodobně již několik let fixovaná. Tato intervence může být příliš krátká na to, abychom změnili posturu těla. Zároveň uvažujeme o těle komplexně, kdy je pro efektivnější výsledek nutné ovlivnit posturu i zbytku páteře.

Ovlivněním aktivace a zvýšením síly hlubokých flexorů krku, která byla v našem výzkumu úspěšná, jsme zlepšili svalovou koaktivaci mezi hlubokými a povrchovými flexory krku a extenzory páteře. Tím je položen základ pro napřímenější postavení krční páteře, a tím i ovlivnění kraniovertebrálního úhlu, protože pokud jsou tyto svaly v dysbalanci bývá prohloubena krční lordóza z důvodu převažující aktivity povrchových flexorů a extenzorů krku (Falla et al., 2003; Falla et al., 2007). Předmětem dalšího výzkumu by proto mohlo být zaměření konceptu PNF i na trupové svalstvo a pánevní pletenec, nebo využití i jiných metod k ovlivnění kyfotického zakřivení hrudní páteře.

6.2.2. Diskuze k výzkumné otázce č. 2

Bude nižší hodnota kraniovertebrálního úhlu přímo úměrná narůstajícímu počtu let silniční cyklistiky?

H2: Hodnota kraniovertebrálního úhlu klesá úměrně s narůstajícím počtem let provozování silniční cyklistiky.

Hypotézu H2 přijímáme.

Sestavením lineárního regresního modelu závislosti hodnoty kraniovertebrálního úhlu (CVA) na počtu let silniční cyklistiky jednotlivých probandů je zřejmé, že 5 probandů má menší CVA, než je jeho fyziologická norma 50° a stejných 5 probandů se věnuje silniční cyklistice více jak 10 let.

Hodnota korelačního koeficientu nám určila velkou nepřímou lineární závislost hodnoty CVA na počtu let silniční cyklistiky, korelační koeficient je statisticky významný.

Tímto můžeme říci, že jsou silniční cyklisté úměrně ke zvyšující se době, s jakou se věnují silniční cyklistice náchylnější k předsunutému postavení hlavy a krku.

Toto tvrzení můžeme odůvodnit tím, že dlouhodobá statická stereotypní zátěž, bez vhodné kompenzace, může vytvářet posturální změny v držení těla. Studie Muyora, (2013) uvádí, že sagitální zakřivení páteře se může sportu během dlouhodobého intenzivního tréninku postupně přizpůsobovat a mít vliv na rozsah pohybu páteře (Muyor, 2013). Postupem času, pokud opět nedochází ke kompenzaci jednostranného pohybového zatížení, mohou vzniknout i strukturální změny ve smyslu zúžení meziobratlových prostorů, vzniku degenerativních změn páteře nebo fixace abnormálního zakřivení páteře v sagitální i frontální rovině.

Systematické review Antequera-Vique et al., (2022) uvedlo, že tendence k větší flexi hrudníku a antevertzi pánve se úměrně s časem stráveným šlapáním na kole prodlužuje, nebyly ale nalezeny studie, kde by se hodnotilo postavení krční páteře u cyklistů (Antequera-Vique et al., 2022).

Protože lidské tělo funguje jako komplexní systém, pokud vznikají změny v jiných tělesných segmentech, než je krční páteř, ovlivní tato funkční nebo strukturální změna i jiné oblasti. V našem případě můžeme uvést změnu zakřivení hrudní páteře ve smyslu hyperkyfózy, která nám jakožto nižší oblast, na kterou navazuje krční páteř ovlivní i posturu právě páteře krční.

6.2.3. Diskuze k výzkumné otázce č. 3

Lze u silničních cyklistů očekávat po šestitýdenní terapii metodou PNF zvýšení kumulativního indexu výkonnosti aktivity hlubokých flexorů krku dle kraniocervikálního flekčního testu?

H3: Šestitýdenní terapie metodou PNF vede ke zvýšení kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku u silničních cyklistů.

Z našeho výzkumu vyplývá, že specifický trénink kraniocervikálních flexorů krční páteře metodou PNF je účinný pro zvýšení aktivity a svalové síly hlubokých flexorů krku. Toto jsme ověřili prostřednictvím kraniocervikálního flekčního testu. Pro přesnější zaznamenání hodnot, byl výsledek testu přepočten na kumulativní index výkonnosti hlubokých flexorů krku (CPI), dle doporučení studie Jamese, Doea, (2010).

Minimální hodnota kumulativního výkonnostního indexu hlubokých flexorů krku je 0, maximální hodnota, které je možné dosáhnout je 300.

Průměrná předintervenční hodnota testu byla $35,60 \pm 13,52$, průměrná výstupní hodnota $183 \pm 44,88$. Celkový rozdíl mezi vstupními a výstupními daty kraniocervikálního flekčního testu je $+147,40$. Jedná se tedy o výrazné zvýšení naměřených hodnot. Výsledný efekt metody PNF na sílu hlubokých flexorů krku byl potvrzen statistickou i věcnou významností. Hypotézu H3 přijímáme.

Výsledný efekt našeho měření kraniocervikálního flekčního testu se dá přirovnat ke studii Gallego Izquierda et al., (2016), kde porovnávali efekt dvou měsíční terapie zahrnující specifické cvičení kraniocervikální flexe a propioceptivního tréninku na randomizovaně rozdělenou skupinu 28 probandů s blíže nespecifikovanou bolestí krční páteře, kteří prováděli příslušné cvičení 1x denně. Po skončení 2 měsíčního cvičebního programu bylo patrné zvýšení indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku na hladině významnosti $p < 0,05$, v obou výzkumných skupinách.

Rozdíl našeho měření vstupních a výstupních hodnot je výrazný. Výrazný rozdíl je dán přepočtem hodnot kraniocervikálního flekčního testu na hodnotu kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku, dalším důvodem je samozřejmě i výrazné zvýšení síly svalů. Podíl na výrazném nárůstu byl dán pravidelností cvičení probandů, kdy měli za úkol provádět vzor PNF pro hlavu a krk s doprovodným pohybem horní končetiny, 5× za týden. Provedení, a tedy i výsledný efekt autoterapie závisel na poctivém provedení každého probanda. Zároveň byla autoterapie 1× v týdnu prováděna a kontrolována pod vedením fyzioterapeuta, kdy byl kladen důraz na přesné, pomalé a koordinované provedení pohybu. Tímto můžeme říci, že pokud probandí prováděli danou autoterapii, byla s velkou pravděpodobností prováděna kvalitně, s minimem kompenzačních nebo pomocných mechanismů, a tedy cílená na hluboké flexory krku, které jsme chtěli terapií ovlivnit.

Cílem PNF cvičení nebylo pouze zvýšení svalové síly hlubokých flexorů krku, ale zároveň prostřednictvím reciproční inhibice i snížení zvýšené aktivity povrchových svalů krku, a tím snížení možné svalové dysbalance a zlepšení náboru svalů v průběhu celého pohybového vzoru. Tyto faktory ovlivní i koordinaci mezi všemi složkami pohybového vzoru.

Je prokázáno, že změna koordinace mezi hlubokými a povrchovými flexory krku se projevuje nízkým výkonem při provedení kraniocervikálního flekčního testu (Gallego Izquiedra et al. 2016).

Pacienti s muskuloskeletální dysfunkcí v oblasti krční páteře mají při provedení CCFT změněnou neuromotorickou pohybovou strategii, pro kterou je typická snížená aktivita hlubokých flexorů krku a zvýšená aktivita flexorů povrchových. Na to navazuje i snížení izometrické výdrže hlubokých flexorů krku (Jull et al., 2008). Zlepšení koordinace mezi povrchovými a hlubokými svaly krku bylo dalším možným důvodem nárůstu svalové síly hlubokých flexorů krku.

Dle výsledných hodnot můžeme říci, že zvolená frekvence cvičení, počet opakování a odpor zvedání hlavy proti gravitaci, byli v tomto časovém horizontu vhodně zvoleny jako zátěžové parametry pro nárůst svalové síly hlubokých flexorů krku. K dosažení ještě většího posílení by bylo pro další terapii vhodné zátěžové parametry postupně navýšit, z důvodu svalové adaptace na danou zátěž (Pavluch, Frolíková, 2004; Petr, Šťastný, 2012).

6.3. Limity práce

Z realizačních důvodů bylo pro tuto studii vybráno pouze 10 probandů (8 mužů, 2 ženy), pro větší vypovídající hodnotu nebo pro budoucí studie by bylo vhodné zařadit větší výzkumný vzorek, složený z obou pohlaví, žen a mužů, aby bylo možné výsledky interpretovat obecně pro obě pohlaví.

Dalším limitem studie je hodnocení postavení krční páteře měřením pouze jednoho faktoru, kraniovertebrálního úhlu (CVA), a absence kontrolní skupiny subjektů. Pro další výzkum by bylo vhodné porovnat výsledky vzhledem ke kontrolní skupině, která by nevykonávala žádnou terapeutickou intervenci. Bylo by vhodné hodnotit více proměnných, například: aktivní a pasivní rozsah pohybu krční páteře, absolutní rotační úhel, Neck Disability Index.

Jako metoda pro měření kraniovertebrálního úhlu byla vybrána fotogrammetrie, kdy je přesnost měření závislá na umístění značky na těle probanda a nastavení fotoaparátu. Oba tyto faktory mohou ovlivnit výsledné hodnoty kraniovertebrálního úhlu probandů.

I přesto, že individuální kontrola PNF cvičení probandů probíhala každý týden, nemůžeme si být jisti, že kvalita pohybu, frekvence, počet opakování a způsob, jakým cvičili doma byl stejný jako pod dohledem fyzioterapeuta. Tato skutečnost může ovlivnit výsledky kraniocervikálního flekčního testu a hodnotu kumulativního indexu výkonnosti hlubokých flexorů krku. A i tím možnou změnu kraniovertebrálního úhlu na konci intervence u jednotlivých probandů.

7. Závěr

Silniční cyklistika v důsledku stereotypního jednostranného zatížení disponuje specifickými obtížemi pohybového aparátu. Z dostupné literatury vyplývá, že silniční cyklistika vytváří adaptace v morfologii páteře cyklisty ve srovnání s necyklisty, zejména zvýšení anteverze pánve a kyfózy bederní a hrudní páteře. Nebyly nalezeny další studie, které by specificky hodnotily postavení krku a hlavy u silničních cyklistů.

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení efektu šestitýdenní terapie vybraných prvků proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů. V práci se nám podařilo odpovědět na všechny výzkumné otázky.

Cíl práce byl splněn, i když hypotéza H1 byla zamítnuta. Cvičení proprioceptivní neuromuskulární facilitace neprokázalo po 6 týdnech signifikantní změnu kraniovertebrálního úhlu u silničních cyklistů. Hypotéza H2 i H3 potvrzena byla.

Potvrdili jsme, že trénink kraniocervikálních flexorů krční páteře metodou PNF je účinný pro zvýšení aktivace a svalové síly hlubokých flexorů krku. Celkový rozdíl mezi vstupními a výstupními daty kraniocervikálního flekčního testu, přepočtené na kumulativní index výkonnosti hlubokých flexorů krku, byl +147,40. Jedná se tedy o výrazné zvýšení síly hlubokých flexorů krku, potvrzené statistickou i věcnou významností. Tímto jsme zlepšili celkově svalovou koaktivaci mezi hlubokými a povrchovými flexory krku a extenzory páteře.

Prostřednictvím regresní analýzy jsme zjistili, že jsou silniční cyklisté úměrně ke zvyšující se době, s jakou se věnují silniční cyklistice, náchylnější k předsunutému postavení hlavy, a tedy silnou závislost CVA na počtu let věnované silniční cyklistice.

S ohledem na to, že se většina předešlých studií zabývala hodnocením křivky hrudní a bederní páteře, je pravděpodobné, že cílenou terapií ostatních oblastí páteře by mělo zároveň dojít i k většímu ovlivnění postury páteře krční. To vše by mohlo být předmětem výzkumu dalších studií. Předmětem dalšího výzkumu by proto mohlo být zaměření konceptu PNF i na trupové svalstvo a pánevní pletenec, nebo využití i jiných metod k ovlivnění například kyfotického zakřivení hrudní páteře.

Studie byla provedena na malém souboru probandů. Proto by bylo v dalším výzkumu vhodné, porovnat větší výzkumný soubor, nebo například porovnat i cyklisty jezdící na horském kole, i s kontrolní skupinou subjektů.

Jako přínos této práce hodnotím shromáždění dostupných informací týkající se problematiky krční páteře u silničních cyklistů, nabídnutí zajímavé možnosti cvičení krční oblasti silničním cyklistům, které by mohlo být použito i v rámci tréninkových jednotek. Dále jsme potvrdili, že metoda PNF je velmi účinná na zvýšení síly hlubokých flexorů krku.

8 Seznam použité literatury

1. AGUNG, A.; KOMANG, N.; JUNI, A. The effectiveness of proprioceptive neuromuscular facilitation in mechanical neck pain: a systematic review. *Sport and Fitness Journal* [online]. 2021, Volume 9, No.2, 103-108 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: https://scholar.google.com/scholar?start=20&q=PNF+and+strengthen+deep+cervical+flexors&hl=cs&as_sdt=0,5, ISSN: 2654-9182
2. ALRICSSON, M., et al. Spinal alignment, mobility of the hip and thoracic spine and prevalence of low back pain in young elite cross-country skiers. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. 2016, 12(1), 21–28 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.12965/jer.150255>
3. ANTEQUERA-VIQUE, A.; OLIVA-LOZANO, M.; MUYOR, M. Effects of cycling on the morphology and spinal posture in professional and recreational cyclists: a systematic review. *Sports Biomechanics* [online]. 2022, 1-30 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2058990>
4. ANTONACI, F., et al. Current methods for cervical spine movement evaluation: a review. *Clinical and experimental rheumatology* [online]. 2000, 18(2), S-45 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Antonaci/publication/12494366_Current_methods_for_cervical_spine_movement_evaluation_A_review/links/54cf82ad0cf29ca810fe56ab/Current-methods-for-cervical-spine-movement-evaluation-A-review.pdf
5. ARAUJO, F. X. D., et al. Measurement properties of the craniocervical flexion test: A systematic review. *Physical therapy* [online]. 2020, 100(7), 1094-1117 [cit. 2022-08-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Francisco-De-Araujo-2/publication/340846324_Measurement_Properties_of_the_Craniocervical_Flexion_Test_A_Systematic_Review/links/5f1ad62892851cd5fa4226f8/Measurement-Properties-of-the-Craniocervical-Flexion-Test-A-Systematic-Review.pdf
6. ASPLUND C.; WEBB C.; BARKDULL T. Neck and back pain in bicycling. *Current Sports Medicine Reports* 4 [online]. 2005, 271-274 [cit. 2022-08-04]. Dostupné z: DOI: 10.1097/01.csmr.0000306221.25551.69

7. BALASUBRAMANIAN, V.; JAGANNATH, M.; ADALARASU, K. Muscle fatigue based evaluation of bicycle design. *Applied Ergonomics* [online]. 2014, 45(2PB), 339–345 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.1016/j.apergo.2013.04.013
8. BARRIOS, C., et al. Changes in sports injuries incidence over time in world-class road cyclists. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 2015, 36(3), 241–248. [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1055/s-0034-1389983>
9. BATTISTA, S.; SANSONE, L.G.; TESTA, M. Prevalence, Characteristics, Association Factors of and Management Strategies for Low Back Pain Among Italian Amateur Cyclists: an Observational Cross-Sectional Study. *Sports Med – Open* [online]. 7, 78 (2021) [cit. 2022-08-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00370-2>
10. BERTHONNAUD, E., et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* [online]. 2005, 18(1), 40–47 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/01.bsd.0000117542.88865.77>
11. BLACK K. M.; MCCLURE, P., POLANSKY, M. The influence of different sitting positions on cervical and lumbar posture. *Spine* [online]. 1996; 21(1):65–70 [cit. 2022-010-03]. Dostupné z DOI: 10.1097/00007632-199601010-00015
12. BLOCKEN, B.; et al. Aerodynamic drag in cycling team time trials. *J. Wind. Eng. Ind. Aerodyn* [online]. 2018, 182, 128–145 [cit. 2022-010-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.09.015>
13. BOGDUK, N.; MERCER, S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clinical biomechanics* [online]. 2000, 15(9), 633-648 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(00\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(00)00034-6)
14. BORKAR, P., et al. Effectiveness of proprioceptive neuromuscular facilitation on forward head posture among computer operators at a tertiary care hospital. *INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH CULTURE SOCIETY* [online]. Volume 4, Issue 5, May 2020 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: ISSN: 2456-6683, <https://ijrcs.org/wp-content/uploads/IJRCs202005019.pdf>

15. BRAND, A., et al. Upper Body Posture and Muscle Activation in Recreational Cyclists: Immediate Effects of Variable Cycling Setups. *Research Quarterly for Exercise and Sport* [online]. 2019, 1–11 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.1080/02701367.2019.1665620
16. BRUNTON, J.; BRUNTON, E.; NI MHUIRI, A. Reliability of measuring natural head posture using the craniovertebral angle. *Irish Ergonomics Review (Annual Conference)*[online].2003,37-41[cit.2022-11-03].Dostupné z:https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/5890477/irish_ergonomics_review_2003-libre.pdf?1390843428=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEFFECT_OF_COMBINED_GRIP_FORCE_AND_FOREAR.pdf&Expires=1674323662&Signature=JURxMHfGq1k2879D611FDLTT1JbWuLHx32k5dn5HPuT1phEDd~gpc2j20oI51icrJthe8x8C~VMq-xoFcSFQv3~a6l0JG4ML9~WDHV05O7qQzBHNir91tFs6ob0tSXEg24j8IvzuArr1mc3rYsV5cRwVGvfWsxC8pHS9~OjU2~a724nVB-W4whDCcUTaH495YW0EMpoWhVH-KoTp6ru3vjvRH38aazU-LraYoZuRdXWGYXZgtO6BEmd9ZZGMy76T3~MMeLYQXaHRHtJKsXzmrYZBgveTM3eaO7InmZ4li84fmU~cJA0VRIXE1OugYSitUR3ETcpHo8m~L3orwCHQRQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=39
17. BUCK, M.; BECKERS, D.; ADLER, S. *PNF in der Praxis – Eine Anleitung in Bildern*. Berlin: Springer, 2005. ISBN 978-3-540-23545-3.
18. CANEIRO, J. P., et al. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity. *Manual therapy* [online]. 2010, 15.1: 54-60 2501 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.math.2009.06.002
19. CLARSEN, B.; KROSSHAUG, T.; BAHR, R. Overuse injuries in professional road cyclists. *The American journal of sports medicine* [online]. 2010, 38 (12), 2494-2501 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: doi: 10.1177/0363546510376816
20. ČEMUSOVÁ, J. Krční páteř ve vztahu k etiologii poruch krčního regionu. *Mladí Evropané ve vědě*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2006, s. 54-57. ISBN 80-86317-41-2.
21. DE BERNARDO, N., et al. Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012,

- 30(10), 1047–1053 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.687112>
22. DETTORI, N. J.; NORVELL, D. C. Non-traumatic bicycle injuries: A review of the literature. *Sports Medicine* [online]. 2006, 36(1), 7–18 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: [doi:10.2165/00007256-200636010-0000](https://doi.org/10.2165/00007256-200636010-0000)
23. DE VRIES, J., et al. Joint position sense error in people with neck pain: a systematic review. *Manual therapy* [online]. 2015, 20.6: 736-744 [cit.2022-10-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.04.015>
24. DOYLE, K. Where do cyclists get injured. *Maple Clinic* [online]. 2009 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <http://www.mapleclinic.ie/uploads/Articles/Cycling/Where%20do%20cyclists%20get%20injured.pdf>
25. DU TOIT, F., et al. Epidemiology, clinical characteristics and severity of gradual onset injuries in recreational road cyclists: A cross-sectional study in 21,824 cyclists - SAFER XIII. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2020, 46, 113–119 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.08.006>
26. Evaluation of forward head posture in sitting and standing positions. *European Spine Journal* [online]. 2016, 25 (11) [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: DOI:10.1007/s00586-015-4254-x
27. FALLA, D.; JULL, G.; DALL'ALBA, P.; RAINOLDI, A.; MERLETTI, R. An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles in performance of craniocervical flexion. *Physical therapy* [online]. 2003, 83(10), 899-906 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ptj/83.10.899>
28. FALLA, D., et al. Recruitment of the deep cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting. *Manual therapy* [online]. 2007, 12.2, 139-143 [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.06.003>
29. FALLA, D., et al. Effect of neck exercise on sitting posture in patients with chronic neck pain. *Physical therapy* [online]. 2007, 87.4, 408-417 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2522/ptj.20060009>
30. FERBER, R.; GRAVELLE, C.; OSTERNIG, R. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretch techniques on trained and untrained older

- adults. *Journal of aging and physical activity* [online]. 2002, 10.2: 132-142 [cit. 2022-10-05]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Reed-Ferber/publication/265026184_Effect_of_Proprioceptive_Neuromuscular_Facilitation_Stretch_Techniques_on_Trained_and_Untrained_Older_Adults/links/582e10f908ae102f072db4fe/Effect-of-Proprioceptive-Neuromuscular-Facilitation-Stretch-Techniques-on-Trained-and-Untrained-Older-Adults.pdf
31. FURLANETTO, T.S., et al. Photogrammetry as a tool for the postural evaluation of the spine: A systematic review. *World J. Orthop* [online]. 2015, 7, 136–148 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: doi: 10.5312/wjo.v7.i2.136
 32. GALBUSERA, F. *Human Orthopaedic Biomechanics: Fundamentals, Devices and Applications* [online]. Version 4, Milano: IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, 2022. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824481-4.00019-6>
 33. GALLEGO IZQUIERDO, T., et al. Comparison of cranio-cervical flexion training versus cervical proprioception training in patients with chronic neck pain: A randomized controlled clinical trial. *Journal of rehabilitation medicine* [online]. 2016, 48/1, 48- 55[cit.2022-10-03]. Dostupné z: doi: 10.2340/16501977-2034.
 34. GALLEGO-IZQUIERDO, T., et al. Psychometric Proprieties of a Mobile Application to Measure the Craniovertebral Angle a Validation and Reliability Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2020, 17.18: 6521 [cit.2022-10-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph17186521>
 35. GHADIRI, P. H.; et al. Investigating the effect of stabilization exercise and proprioceptive [online]. *International Journal of Medical Research & Health Sciences* [online]. 2016, Volume 5, Issue 11, 502-508 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.ijmrhs.com/abstract/investigating-the-effect-of-stabilization-exercise-and-propriceptive-neuromuscular-facilitation-exercises-on-crosssecti-1601.html>
 36. GNEHM, P.; REICHENBACH S.; ALPETER E.; et al. Influence of different racing positions on metabolic cost of elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc* [online]. 1997, 29:818–23 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: DOI 10.1097/00005768-199706000-00013

37. GRAPPE, F.; CANDAU, R.; BUSSO, T.; et al. Effect of cycling position on ventilatory and metabolic variables. *Int J Sports Med* [online]. 1998; 19: 336–41 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: DOI 10.1055/s-2007-971927
38. GUAN, X., et al. Photographic measurement of head and cervical posture when viewing mobile phone: A pilot study. *Eur. Spine. J.* [online]. 2015, 24, 2892–2898 [cit.2022-10-03]. Dostupné z: DOI 10.1007/s00586-015-4143-3
39. HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Vyd. 4. Praha: Portál, 2012, 736 s. ISBN 978-80-262-0200-4
40. HINDLE, K. B.; WHITCOMB, T. J., BRIGGS, W. O.; HONG, J. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *PMC, J Hum Kinet* [online]. 2012, March, 105-13 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: doi: 10.2478/v10078-012-0011-y.
41. HOLLIDAY, W., et al. Cycling: Joint kinematics and muscle activity during differing intensities. *Sports Biomechanics*[online]. 2019, 1-15 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: DOI: 10.1080/14763141.2019.1640279
42. HOLUBÁŘOVÁ, J.; PAVLŮ, D. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*. Vyd. 3. Praha: Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-3607-8.
43. HYUN-JU, O.; SONG, G. Effect of PNF Neck Patterns on Neck Movement and NDI in Adults with Forward Head Posture. *PNF and Movement* [online]. 2016, 14.3, 177-183 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2016.14.3.177>
44. CHEON, S.; PARK, S. Changes in neck and upper trunk muscle activities according to the angle of movement of the neck in subjects with forward head posture. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2017, 29.2: 191-193 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/29/2/29_jpts-2016-833/_pdf
45. JAMES, G.; DOE, T. The craniocervical flexion test: intra-tester reliability in asymptomatic subjects. *Physiotherapy Research International* [online]. 2010, 15(3), 144–149 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: doi:10.1002/pri.456
46. JEUKENDRUP, A. E.; MARTIN, J. Improving cycling performance. *Sports Medicine* [online]. 2001, 31.7: 559-569[cit.2022-08-03]. Dostupné z:

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000169349300009?SID=EUW1ED0BC5cJzueEEFCP2Mlb2kyJQ>

47. JOHNSTON, T. E., et al. The influence of extrinsic factors on knee biomechanics during cycling: a systematic review of the literature. *International journal of sports physical therapy*, 2017, 12.7: 1023. doi: 10.26603/ijsp20171023. PMID: 29234554; PMCID: PMC5717478.
48. JULL, G., et al. Does the presence of sensory hypersensitivity influence outcomes of physical rehabilitation for chronic whiplash? A preliminary RCT. *Pain* [online]. 2007, 129.1-2, 28-34 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pain.2006.09.030
49. JULL, A.; O'LEARY, P.; FALLA, L. Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* [online]. 2008, 31.7: 525-533 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.08.003>
50. JUNG-HO LEE, M. S., et al. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation therapy on pain and function. *Journal of physical therapy science* [online]. 2013, 25 (6), 713-716 [cit.2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3804994/>
51. JURAK, I., et al. The influence of the schoolbag on standing posture of first-year elementary school students. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2019, 16(20), 3946. [cit.2022-06-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph16203946>
52. KIM, D. H.; KIM, C. J.; SON, S. M. Neck pain in adults with forward head posture: effects of craniocervical angle and cervical range of motion. *Osong Public Heal Res Perspect* [online]. 2018, 9(6), 309–313 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: doi: 10.24171/j.phrp.2018.9.6.04
53. KOLEHMAINEN, I.; HARMS-RINGDAHL, K.; LANSHAMMART, H. Cervical spine positions and load moments during bicycling with different handlebar positions. *Clinical Biomechanics* [online]. 1989, 4(2), 105–110 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.1016/0268-0033(89)90047-8

54. KRAČMAR, B. Vliv cyklistiky na pohybovou soustavu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2005, 12, no. 1, 27-33 [cit.2022-07-08]. Dostupné z: <http://web.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2005-11-16/>
55. KRAČMAR, B.; DUŠKOVÁ, J.; ZELENKA, K. *Stereotyp chůze v cyklistice*. Fakulta tělesné výchovy a sportu [online]. 2005, [cit.2022-07-08]. Dostupné z: <http://web.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2005-11-16>
56. KRUGER, M.; SAAYMAN, M. How do mountain bikers and road cyclists differ? *South African journal for research in sport, physical education and recreation* [online]. 2014, 36.2: 137-152 [cit.2022-07-08]. ISBN: 0379-9069. Dostupné z: https://repository.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/19693/2014_How%20do%20Mountain%20Bikers.pdf?sequence=1
57. LANE, J.; CUTHBERT, R. The prevalence of non-traumatic musculoskeletal injuries in non-professional road cyclists. *Physiotherapy* [online]. 2017, 103(34) [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: doi:10.1016/j.physio.2017.11.196
58. LEBEC, M. T.; COOK, K.; BAUMGARTEL, D. Overuse injuries associated with mountain biking: Is single-speed riding a predisposing factor? *Sports* [online]. 2014, 2(1), 1–13 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/sports2010001>
59. LEWIT, K. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika, 2003. ISBN 80-86645-04-5.
60. MAHTO, P. K.; MALLA, S. Effect of Two Proprioceptive Training Programs on Cervical Repositioning Sense on Subjects with Chronic Non Specific Neck Pain. *Executive Editor* [online]. 2019, 13.2, 220 [cit.2022-07-08]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Sandeep-Shinde-2/publication/332757285_Effect_of_Early_Intervention_with_Spinal_Isometric_Exercises_in_Acute_Lumbar_Intervertebral_Disc_Prolapse/links/5f16a9d192851c1eff23d8a7/Effect-of-Early-Intervention-with-Spinal-Isometric-Exercises-in-Acute-Lumbar-Intervertebral-Disc-Prolapse.pdf#page=227
61. MALMSTRÖM, E. M., et al. Cervical proprioception is sufficient for head orientation after bilateral vestibular loss. *European journal of applied physiology*

- [online]. 2009, 107: 73-81 [cit.2022-11-08]. Dostupné z.: DOI 10.1007/s00421-009-1097-3
62. MELLION, M. B. Common cycling injuries management and prevention. *Sports Medicine* [online]. 1991, 11(1), 52–70 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-199111010-00004
63. MESTDAGH, K. D. V. Personal perspective: In search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics* [online]. 1998, 29(5), 325–334 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.1016/S0003-6870(97)00080-X
64. MUYOR, J. M.; LÓPEZ-MIÑARRO, P. A.; ALACID, F. Spinal posture of thoracic and lumbar spine and pelvic tilt in highly trained cyclists. *J Sports Sci Med* [online]. 2011, 10(2), 355–361 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761866/>
65. MUYOR, J. M.; ZABALA, M. Road cycling and mountain biking produces adaptations on the spine and hamstring extensibility. *International journal of sports medicine* [online]. 2016, 37.01: 43-49 [cit.2022-07-08]. Dostupné z: doi: 10.1055/s-0035-1555861
66. NEWCOMER, K., et al. Repositioning error in low back pain: comparing trunk repositioning error in subjects with chronic low back pain and control subjects. *Spine* [online]. 2000, 25.2: 245 [cit.2022-11-08]. Dostupné z: DOI 10.1097/00007632-200001150-00017
67. O’SULLIVAN, P. B., et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine* [online]. 2006; 31(19): E 707–12 [cit.2022-11-08]. Dostupné z: DOI: 10.1097/01.brs.0000234735.98075.50
68. ORENDURFF, M. *The effect of mountain bicycle fork stiffness on impact acceleration* [online]. 1996 [cit.2022-07-08]. Dostupné z: https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/m326m5328
69. PARK, K.; LEE, Y.; KIM, T. The exception case about the diagnose forward head posture using the craniovertebra angle, craniorotation angle and Cobb angle: a case report. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine* [online]. 2015,

10.2: 29-34 [cit.2022-11-03]. Dostupné z:
<http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2015.10.2.29>

70. PAVLŮ, D. *Speciální fyzioterapeutické koncepty a metody I.: koncepty a metody spočívající převážně na neurofyziologické bázi*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-7204-266-1
71. PAVLUCH, L.; FROLÍKOVÁ, K. *Osobní trenér*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0678-4
72. PETR, M.; ŠŤASTNÝ, P. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.
73. PIOTROWSKA, S. E., et al. Lower extremity and spine pain in cyclists. *Ann Agric Environ Med* [online]. 2017, 24.4: 654-8 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi: 10.5604/12321966.1233552
74. PRIEGO QUESADA, J. I., et al. A retrospective international study on factors associated with injury, discomfort and pain perception among cyclists. *Plos One* [online]. 2019, 14(1), e0211197 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211197>
75. POMMERING, T., et al. Injuries and illnesses occurring on a recreational bicycle tour: The great Ohio bicycle adventure. *Wilderness & Environmental Medicine* [online]. 2017, 28(4), 299–306 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.06.002>
76. REZASOLTANI, A., et al. The effect of a proprioceptive neuromuscular facilitation program to increase neck muscle strength in patients with chronic non-specific neck pain. *World Journal of Sport Sci* [online]. 2010, 3.1, 59-63 [cit.2022-07-08]. ISSN 2078-4724 Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Asghar-Rezasoltani/publication/279481385_The_effectiveness_of_two_exercise_therapy_programs_to_treat_chronic_non-specific_neck_pain/links/56782ec008ae0ad265c8263f/The-effectiveness-of-two-exercise-therapy-programs-to-treat-chronic-non-specific-neck-pain.pdf
77. SALAHZADEH, Z., et al. Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *Journal of back and musculoskeletal*

- rehabilitation* [online]. 2014, 27.2: 131-139. [cit.2022-10-03]. Dostupné z: DOI 10.3233/BMR-130426
78. SHEEL, A. W.; et al. Comparison of aero-bars versus traditional cycling postures on physiological parameters during submaximal cycling. *Canadian journal of applied physiology* [online]. 1996, 21.1: 16-22 [cit.2022-08-03]. Dostupné z: DOI: 10.1139/h96-002
79. SILBERMAN, M. R., et al. Road bicycle fit. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* [online]. 2005, 15(4), 271–276 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: DOI: 10.1097/01.jsm.0000171255.70156.da
80. SMEDES, F.; et al. The proprioceptive neuromuscular facilitation-concept; the state of the evidence, a narrative review. *Physical Therapy Reviews* [online]. 2016, 21(1), 17-31 [cit. 2022-10-05]. ISSN 1743-288X. Dostupné z: <https://www.tandfonline-com.ezproxy.is.cuni.cz/doi/full/10.1080/10833196.2016.1216764>
81. STREISFELD, G. M., et al. Relationship between body positioning, muscle activity, and spinal kinematics in cyclists with and without low back pain: A systematic review. *Sports Health* [online]. 2017, 9(1), 75–79 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: doi:10.1177/1941738116676260
82. SCHAFFARCZYK, A., et al. Aerodynamic Benefits by Optimizing Cycling Posture. *Appl. Sci* [online]. 2022, 12, 8475 [cit. 2022-010-03]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12178475>
83. SCHWELLNUS, M.; DERMAN, E. Common injuries in cycling: Prevention, diagnosis and management. *SA Fam Pract* [online]. 2005, 47(7), 14-19 [cit. 2022-06-03]. Available at: <https://doi.org/10.1080/20786204.2005.10873255>
84. VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
85. WEISS, B. D. Nontraumatic injuries in amateur long distance bicyclists. *The American journal of sports medicine* [online]. 1985, 13.3: 187-192 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: DOI: 10.1177/036354658501300308

86. WESTWATER-WOOD, S.; ADAMS, N.; KERRY, R. The use of proprioceptive neuromuscular facilitation in physiotherapy practice. *Physical Therapy Reviews* [online]. 2010, 15 (1) [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: doi: 10.1179/174328810X12647087218677
87. WILBER, C. A., et al. An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclists. *International journal of sports medicine* [online]. 1995, 16.03: 201-206 [cit.2022-09-03]. Dostupné z: DOI: 10.1055/s-2007-972992
88. WORLIKAR, A. N.; SHAH, M. R. Incidence of forward head posture and associated problems in desktop users. *Int J Health Sci Res* [online]. 2019, 9.2: 96-100[cit.2022-11-03]. ISSN: 2249-9571

9. Přílohy

Příloha č. 1: Schválená žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

Příloha č. 2: Vzor informovaného souhlasu

Příloha č. 3: Seznam obrázků

Příloha č. 4: Seznam tabulek

Příloha č. 5: Seznam grafů

9.1. Schválená žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Efekt proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: leden 2023 – duben 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Bc. Hana Bezděková

Hlavní řešitel: Bc. Hana Bezděková

Místo výzkumu (pracoviště): prostory MSC-REHA s.r.o. Trutnov nebo soukromé prostory probandů

Vedoucí práce (v případě studentské práce): PhDr. Jan Busta, Ph.D.

Popis projektu: Efekt proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů. Diplomová práce se bude zabývat postavením krční páteře a posouzením efektu proprioceptivní neuromuskulární facilitace na aktivitu hlubokých flexorů krku u silničních cyklistů. Výsledky budou vyhodnoceny z provedených testů: kraniocervikální flekční test, kraniovertebrální úhel. Studie bude mít charakter kvaziexperimentu. Záměrně empiricky vybraní probandů budou po instrukcích po dobu 6 týdnů provádět PNF cvičení na oblast krku minimálně pětkrát týdně. V průběhu 6 týdnů bude vybraným probandům řečeno, aby neprováděli žádná další cvičení v oblasti krku, kromě cvičení PNF. Provádění autoterapie bude vždy jednou týdně zkontrolováno fyzioterapeutem. Osobní data budou anonymizována, probandů budou označeni pouze čísly.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkumný soubor bude tvořen z 10-15 silničních cyklistů, kteří jezdí na silničním kole minimálně 4x týdně alespoň 60 minut. Všichni probandů musí mít platnou zdravotní prohlídku od sportovního lékaře. Věk účastníků výzkumu 18 let až 50 let, probandů budou vybráni řešitelem v MSC-REHA s.r.o. Trutnov na základě doporučení vedoucího lékaře oddělení a na základě osobního rozhovoru s probandem a následného vyloučení nevyhovujících kritérií pro zařazení do výzkumu. Do projektu nebude zařazen proband, který bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo proband s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu ani s kardiovaskulárním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Zajištění bezpečnosti: Jde o neinvazivní metody výzkumu. Rizika během prováděného cvičení nebudou větší než u jiných, cyklisty běžně vykonávaných aktivit. Před zahájením výzkumu budou všichni účastníci srozuměni s průběhem výzkumu, způsobem testování a cvičení. Instrukce a kontrola PNF cvičení bude prováděna pod mým vedením v MSC-REHA s.r.o. Trutnov nebo v soukromých prostorách probandů, i vzhledem k aktuální epidemiologické situaci. Provádění autoterapie bude vždy jednou týdně zkontrolováno fyzioterapeutem. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí, instrukce a adekvátní příprava probandů k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem, zodpovědným pracovníkem je PhDr. Jan Busta, Ph.D.

Etické aspekty výzkumu: Ve výzkumu půjde pouze o dospělé účastníky.

Potenciální střet zájmů: Jedná se o čistou vědeckou práci, která nemá žádného zadavatele. Vedoucí práce bude dohlížet nad korektností a nestranností posuzování výsledků výzkumu mou osobou. Neexistuje skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu nebo integritu výzkumu. Já ani vedoucí práce nemáme soukromý zájem na výsledku výzkumu a výzkum nevede k osobnímu prospěchu, nemáme žádný osobní zájem na této metodě.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány osobní údaje (jméno, rok narození, pohlaví, údaje o zdravotním stavu) a data získaná výše uvedenými metodami - všechna data budou bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel práce. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby - budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 14 dnů po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Požičování fotografií/vidí/audí nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): příložen

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.

9.2. Vzor informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 206/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem *Efekt proprioceptivní neuromuskulární facilitace na postavení krční páteře u silničních cyklistů*, prováděné v MSC-REHA s.r.o. Trutnov nebo v soukromých prostorech probandů.

Jedná se o diplomovou práci, jejíž realizace bude probíhat v rozmezí od ledna 2023 do dubna 2023 na UK FTVS bez finanční podpory.

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Cílem výzkumného projektu je určení kraniovertebrálního úhlu a posouzení efektu proprioceptivní neuromuskulární facilitace na aktivitu hlubokých flexorů krku u silničních cyklistů. Výsledky budou vyhodnoceny z provedených testů: kraniocervikální flekční test a kraniovertebrální úhel. Způsob výzkumu bude neinvazivní.

Budete po instruktáži po dobu 6 týdnů provádět PNF cvičení na oblast krku, kdy budete minimálně pětkrát v týdnu v poloze vleže na zádech provádět specifický pohyb naučený instruktáží s fyzioterapeutem po 10 opakováních vpravo a vlevo.

Cílem cvičení je posílit hluboké ohybače krku, které velkým dílem zajišťují správnou funkci a správné postavení krční páteře. V průběhu 6 týdnů nebudete provádět žádná další cvičení v oblasti krku.

Provádění, popřípadě korekce správnosti autoterapie bude vždy jednou týdně zkontrolováno fyzioterapeutem na pracovišti MSC-REHA s.r.o. Trutnov, kam budete docházet. Autoterapii budete provádět v domácím prostředí s instruktáží cvičení a bezpečnosti cvičení. Pokud bude nutná dřívější kontrola cvičení, v případě nejasností nebo bolestivosti v dané oblasti, můžete mě kontaktovat na tel.: 732210525.

Před začátkem a po skončení 6 týdnů cvičení bude změřen kraniovertebrální úhel a proveden kraniocervikální flekční test – z porovnání testů budou vyhodnoceny výsledky práce. Měření bude probíhat v MSC-REHA s.r.o. Trutnov, bude trvat 20-30 minut.

Rizika během provádění cvičení nebudou větší než u jiných, cyklisty běžně vykonávaných aktivit. PNF cvičení a instruktáž autoterapie a bezpečnosti domácího cvičení bude naučena a kontrolována pod mým fyzioterapeutickým vedením na první cvičební jednotce, a dále bude kontrolováno jednou týdně v MSC-REHA s.r.o. Trutnov. Dále budete cvičení provádět sám/sama, dle Vašich možností, i vzhledem k aktuální epidemiologické situaci. Aby byla zajištěna maximální bezpečnost během provádění autoterapie, budete instruováni k zajištění prázdného prostoru na podlaze o velikosti 2x2m², kam umístíte cvičební podložku (ručník, karimatku), kde budete vleže na zádech provádět PNF cvičení. Ujistěte se také, že v okolí cvičebního prostoru nebudou nebezpečné předměty.

Nebudete-li si jistí správností provedení cviků, můžete mě kdykoli kontaktovat na e-mailové adrese: hana.bezdekova@gmail.com nebo tel: 732210525.

Projekt se mohou účastnit pouze silniční cyklisté, kteří jezdí na silničním kole minimálně 4x týdně alespoň 60 minut, a kteří mají platnou zdravotní prohlídku od tělovýchovného lékaře.

Projekt se nemůžete účastnit, pokud budete mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění, onemocnění či omezení pohybového aparátu, kardiovaskulární onemocnění, či stav po úrazu nebo rekonvalescenci.

Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude seznámení se s vlastními výsledky v rámci funkce a síly svalů hlubokých ohybačů krku a poznání dalšího způsobu cvičení na oblast krční páteře. O své individuální výsledky můžete požádat do 14 dnů od závěrečného měření, poté budou Vaše data anonymizována a bude možné získat pouze celkové anonymizované výsledky.

Vaše účast ve výzkumu je dobrovolná a nebude nijak finančně ohodnocena.

S výsledky výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci ve studentském informačním systému (SIS), nebo na e-mailové adrese: hana.bezdekova@gmail.com

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány osobní údaje (jméno, rok narození, pohlaví, údaje o zdravotním stavu a data získaná výše uvedenými metodami) – všechna data budou bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel práce.

Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby - budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 14 dnů po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Hana Bezděková

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Hana Bezděková Podpis:

.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážít všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku od tělovýchovného lékaře. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum:

Jméno a příjmení účastníka: Podpis:

9.3. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Radiální a axiální cyklistický krok (Kračmar, 2005).....	15
Obrázek 2 - Výpočet kumulativního indexu výkonnosti (James, Doe, 2010).....	26
Obrázek 3 - Kraniovertebrální úhel (Evaluation of forward head posture in sitting and standing positions, 2016).....	28
Obrázek 4 - IDASS Pressure Biofeedback Stabilizer Unit (archiv autora, 2022).....	35
Obrázek 5 - Měření CVA pomocí softwaru Kinovea® (archiv autora, 2022).....	36
Obrázek 6 - – Instruktaž testu CCFT (archiv autora, 2022).....	37
Obrázek 7 – Provedení posilovací techniky PNF opakované kontrakce – vzor flexe hlavy a krku s rotací vlevo (archiv autora, 2022).....	39
Obrázek 8 - Návčik autoterapie (archiv autora, 2022).....	39

9.4. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Informace o výzkumném souboru probandů.....	43
Tabulka 2 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 1	43
Tabulka 3 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 1	44
Tabulka 4 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 2	44
Tabulka 5 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 2	44
Tabulka 6 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 3	45
Tabulka 7 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 3	45
Tabulka 8 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 4	45
Tabulka 9 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 4	46
Tabulka 10 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 5	46
Tabulka 11 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 5	46
Tabulka 12 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 6	47
Tabulka 13 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 6	47
Tabulka 14 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 7	47
Tabulka 15 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 7	48
Tabulka 16 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 8	48
Tabulka 17 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 8	48
Tabulka 18 - Naměřené hodnoty CVA – proband č. 9	49
Tabulka 19 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 9	49
Tabulka 20 - Naměřené hodnoty CVA – proband č.10	49
Tabulka 21 - Průběžné hodnoty CPI – proband č. 10	49
Tabulka 22 - Průměrné vstupní, výstupní hodnoty CVA (°) a výsledný rozdíl hodnot	50
Tabulka 23– Souhrnné výsledky vstupních a výstupních hodnot CVA	51
Tabulka 24 - Tabulka porovnání vstupních hodnot CVA vs. počtu roků cyklistiky u jednotlivých probandů	52
Tabulka 25 - Průběžné hodnoty kumulativního indexu výkonnosti	54
Tabulka 26 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot kumulativního indexu výkonnosti.....	55

9.5. Seznam grafů

Graf 1 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot CVA vzhledem k fyziologické hranici 50° CVA	51
Graf 2 - Graf lineární regrese vyobrazující vstupní hodnoty CVA a počet let cyklistiky u jednotlivých probandů	53
Graf 3 - Průběžné týdenní průměrné hodnoty CPI	55
Graf 4 - Porovnání vstupních a výstupních hodnot CPI jednotlivých probandů	56