

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

KOMPARACE VÝSKYTU HORNÍHO ZKŘÍŽENÉHO SYNDROMU  
U SILNIČNÍCH A MTB CYKLISTŮ

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Martin Soldán, tělesná výchova – geografie

Vedoucí práce: RNDr. Iva Dostálová, Ph.D.

Olomouc 2022

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Martin Soldán

**Název diplomové práce:** Komparace výskytu horního zkříženého syndromu u silničních a MTB cyklistů

**Pracoviště:** Katedra aplikovaných pohybových aktivit

**Vedoucí diplomové práce:** RNDr. Iva Dostálová, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2022

**Abstrakt:** Cílem této práce bylo porovnání výskytu horního zkříženého syndromu u silničních a horských cyklistů. Testovaný soubor obsahoval celkem 30 cyklistů, z toho 10 silničních, 10 horských cyklistů a doplněn byl 10 rekreačními cyklisty. U výzkumného souboru byly vyšetřovány svaly s tendencí k oslabení a ke zkrácení patřící do obrazu horního zkříženého syndromu. Pro vyšetření těchto svalových skupin bylo použito měření dle Jandy. Dále byl goniometrií zjišťován pohybový rozsah v kloubních segmentech, u kterých je předpokládáno omezení pohybu vlivem svalového zkrácení. Výsledky těchto vyšetření byly vyhodnoceny a mezi jednotlivými skupinami porovnány. Nejmenší svalovou sílu vykazoval m. serratus anterior a to napříč všemi skupinami. Nejvíce zkráceným svalem v této práci byl m. pectoralis major především jeho dolní část a m. trapezius. Nejvíce omezeným pohybem byla dle goniometrického vyšetření abdukce v ramenním kloubu. Horní zkřížený syndrom byl prokázán u 9 cyklistů, z toho u 4 rekreačních, 3 silničních a 2 horských. Z práce vyplývá, že výskyt horního zkříženého syndromu není vázán na druh cyklistiky.

**Klíčová slova:** silniční cyklistika, MTB cyklistika, horní zkřížený syndrom, svalové oslabení, svalové zkrácení, goniometrie, svalové dysbalance

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb

**Author's first name and surname:** Bc. Martin Soldán

**Title of the master thesis:** Comparison of the incidence of upper cross syndrome in road and MTB cyclists

**Department:** Department of Adapted Physical Activities

**Supervisor:** RNDr. Iva Dostálová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2022

**Abstract:** The main aim of this thesis was the comparison of incidence of the upper cross syndrome muscle imbalance among road, mountain, and free-time cyclists. A group of 10 road, 10 mountain and 10 free-time cyclists was chosen for this research. Muscles that tend to be weakened or shortened within the upper cross syndrome were examined in this thesis. Mr. Janda methods were used to examine these muscles. Further, goniometric measurement was used to discover the range of motion in joint parts that are expected to be limited due to the muscle shortening. The results of these measurements were evaluated and compared among all the groups. The weakest muscle across all the groups was m. serratus anterior. The most shortened muscle was m. pectorialis major especially in its lower part and m. trapezius. The shoulder joint abduction was the most limited movement. The upper cross syndrome was proved by 9 tested cyclists where 4 belong to the free-time cycling group, 3 to the road and 2 to the MTB cycling groups. This research shows that the incidence of the upper cross syndrome is not bound by the kind of cycling.

**Key words:** road cycling, MTB cycling, upper cross syndrome, muscle weakness, muscle shortening, goniometry, muscle imbalances

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením RNDr. Ivy Dostálové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. 4. 2022

.....

Děkuji RNDr. Ivě Dostálové, Ph.D., za věnovaný čas, ochotu a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Dále děkuji své rodině za podporu a toleranci v průběhu celého studia.

## **SEZNAM ZKRATEK**

4X	fourcross
DHI	downhill
HRmax	maximální tepová frekvence
HZS	horní zkřížený syndrom
UCI	Union Cycliste Internationale
m.	musculus
RZ	erzeta
XCE	cross country eliminátor
XCM	cross country maraton
XCO	cross country olympic

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CYKLISTIKA .....	10
2.1	Historie silniční cyklistiky .....	10
2.2	Historie horské cyklistiky .....	14
2.3	Rozdělení cyklistiky.....	16
2.3.1	Silniční cyklistika .....	16
2.3.2	Horská cyklistika .....	20
2.3.3	Rekreační cyklistika .....	23
2.4	Kineziologie jízdy na kole .....	24
2.4.1	Biomechanická podstata cyklistiky .....	24
2.4.2	Cyklistický krok .....	25
2.4.3	Nastavení kola pro optimální polohu jezdce .....	28
2.5	Fyziologické aspekty cyklistiky .....	33
2.6	Kosterní svalstvo .....	37
2.6.1	Svaly s převážně posturální funkcí.....	38
2.6.2	Svaly s převážně fázickou funkcí .....	39
2.6.3	Svalové dysbalance .....	39
2.6.4	Horní zkřížený syndrom .....	42
3	CÍLE .....	46
4	METODIKA.....	47
4.1	Charakteristika výzkumného souboru.....	47
4.2	Vyšetření oslabených svalů.....	47
4.3	Vyšetření zkrácených svalů.....	51
4.4	Goniometrické vyšetření .....	54
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	57
5.1	Charakteristika a výsledky silničních cyklistů.....	57

5.2	Charakteristika a výsledky horských cyklistů.....	60
5.3	Charakteristika a výsledky rekreačních cyklistů.....	63
5.4	Srovnání výsledků mezi jednotlivými skupinami.....	67
6	ZÁVĚRY .....	74
7	SOUHRN.....	76
8	SUMMARY .....	77
9	REFERENČNÍ SEZNAM.....	78
10	PŘÍLOHY .....	87



## 1 ÚVOD

V současné době žijí lidé velmi uspěchaný život, který je zaměřen na kariéru, výkonnost a jsou tak vystaveni stresu, který má negativní dopad na naše zdraví. Sedavé zaměstnání, které je typickým znakem dnešní doby způsobuje mnoho nemocí, a to především ty, které jsou spojené s aktivní a pasivní složkou pohybového aparátu. Z tohoto důvodu hraje dostatečná pohybová aktivita důležitou roli v životě každého člověka, protože pozitivně ovlivňuje tělesné i duševní zdraví. Dnešní moderní svět nabízí různé typy pohybových volnočasových aktivit. Nejvíce populárním aktivně provozovaným sportem v České republice je podle výzkumu agentury SportsCentral jízda na kole, kam zahrnujeme jak silniční, tak i horskou cyklistiku. Oblíbenost tohoto sportu se zvyšuje s rostoucím věkem. Cyklistika je totiž sportem, který jako jeden z mála, lze provozovat ve vyšším věku. Nespornou výhodou jízdy na kole jako volnočasové aktivity je šetrnost k pohybovému aparátu, zejména minimální zatížení kyčelního a kolenního kloubu. Často je také cyklistika doporučována jako forma rehabilitace.

Ačkoliv je cyklistika vhodnou formou volnočasové aktivity, řadí se mezi sporty, které jsou jednostranně zaměřené, kdy pracují nejvíce svaly dolních končetin a svaly trupu a horních končetin jsou v neustálém napětí. Tím, jak je cyklistika oblíbeným sportem neustále roste také počet amatérských závodníků především v disciplínách horské cyklistiky. Velké množství kilometrů, jednostranné zatížení, špatné nastavení optimální polohy a nedostatečná kompenzace tak mohou způsobit problémy pohybového aparátu především v oblasti trupu a krční páteře. Tento problém se nemusí týkat pouze výkonnostních jezdců a amatérských závodníků, ale také profesionálních cyklistů, a to jak silničních, tak horských. Všechny tyto faktory mohou vést ke svalovým dysbalancím a následně k bolestivosti pohybového aparátu. Clarsen, Krosshaug a Bahr (2010) uvádí, že bolest zad je dokonce nejčastěji uváděným zdravotním problémem u profesionálních cyklistů, který postihuje až 48 % závodníků.

Tato bolest může být příčinou výskytu svalové dysbalance označovanou jako horní zkřížený syndrom. K výskytu této svalové nerovnováhy může přispívat právě dlouhodobá neměnná pozice na kole, při které je trup ve flexi a přítomna je také zvýšená hrudní kyfóza, což způsobuje zkrácení svalů v oblasti hrudníku a oslabení svalů na dorzální straně trupu.

## 2 CYKLISTIKA

### 2.1 Historie silniční cyklistiky

#### Vynález jízdního kola

První zmínky o stroji, který připomínal jízdní kolo, jsou datovány do období rozkvětu starověké sumerské kultury. Dochovaly se také egyptské kresby stroje, který využíval lidského pohonu odrážením nohama od země (Soulek & Martinek, 2000). Existenci dvoukolového dopravního prostředku ve starověkých kulturách zmiňuje i Bakalář, Cihlár a Černý (1984). Jako další milník ve vývoji jízdního kola uvádí Hills (2004) skicu, kterou měl vytvořit Leonardo da Vinci, na které bylo zobrazeno jednostopé vozidlo s pedály, ozubeným převodníkem a článkovým řetězem. Avšak tato skica je falešná a byla vytvořena v roce 1960, jak uvádí Clayton (2016) a také Ballantine a Grant (1998). Za vynálezce jízdního kola je historiky považován německý baron Karel Friedrich Drais, který si nechal až v roce 1817 patentovat „draisinu“ (Makeš & Král, 2002).

Vynález Karla Draise také označovaný jako Laufmaschine byl v mnoha ohledech podobný dnešním kolům. Skládal se ze dvou loukoťových kol, která byla stejně velká, zhruba 27 palců a byla zasazena do dřevěného rámu. Sedadlo bylo o něco níž, než je tomu u dnešních moderních kol, a to především z důvodu udržení rovnováhy. Řízení kola bylo zajištěno dřevěnou ojí, která byla spojena s kolem pomocí vertikální hřídele. Jezdec se pohyboval rychlostí zhruba 13 km/h. Vynález však postupně upadal v zapomnění. Přispěla k tomu především vysoká cena, velká hmotnost a pozornost lidí se obracela spíše k železnici (Hadland & Lessing, 2016).

Velký zlom ve vývoji jízdního kola započal s vynálezem pedálů, které se nejdříve umísťovali na přední kolo tříkolek. Kdo jako první nainstaloval kliky a pedály na přední kolo draisiny není úplně jasné. Nejčastěji jsou s tímto nápadem spojována jména: Pierre Lallement, Raymond Radisson, bratři Olivierovi a také Pierre Michaux (Chauney, 2016). Za vynálezce je však považován právě Pierre Michaux, který si v roce 1868 nechává patentovat dopravní prostředek nazývaný jako vélocipède, v anglosaských zemích označovaný jako kostitřas. Tento stroj byl podobný draisíně, ale důležitým prvkem bylo nahrazení dřevěného rámu rámem z tvarované litiny a především přidání klik a pedálů na přední nápravu. První cyklistický závod na vélocipédech byl uspořádán v roce 1869, trasa vedla z Paříže do Ruenu a vítězem se stal James Moore. Kola byla postupně

vylepšována například drátěnými paprsky kol, lankovou brzdou a kuličkovými ložisky. V roce 1870 díky francouzsko – pruské válce, se rozvoj jízdního kola přesunul z Francie do Anglie (Clayton, 2016).

### **Éra vysokého kola**

Díky závodům v Anglii, například v Molineux Parku ve Wolverhamptonu, docházelo k modifikacím, a především probíhalo zvětšování předních kol. Důvodem byla plynulejší, rychlejší jízda a větší vzdálenost ujetá na jedno šlápnutí. Například přední kolo šampiona Johna Keena mělo 57 palců. První vysoké kolo si nechal patentovat Eugène Meyer, avšak velmi brzy kvůli tíživé finanční situaci o svůj patent přišel. O mnoho známější je však patent z roku 1870 Jamese Starleyho, který je považován za vynálezce celokovového vysokého jízdního kola, přezdívaného jako „penny-farthing“. Vysoká kola zažila okamžitě velký rozmach a do roku 1874 bylo v Anglii dvanáct cyklistických klubů (Hadland & Lessing, 2016). V roce 1880 byl založen Český klub velocipedistů, který začal pořádat mezinárodní závody. Vysoké kolo se stalo vyhledávaným dopravním prostředkem, který používali například i dělníci pro dopravu do práce (Soulek & Martinek, 2000).

Výroba těchto kol už neprobíhala v malých dílnách a kovárnách, ale přesunula se do sériové průmyslové výroby. V roce 1882 bylo v Británii prodáno čtvrt milionu vysokých kol a výrobu zajišťovalo zhruba 350 výrobců. Kola se neustále inovovala a bylo podáno několik stovek patentů na vylepšení vysokého kola. Nejvýznamnějšími inovacemi byla nastavitelná kuličková ložiska, vylepšené přední brzdy a duté ráfky (Sidwells, 2004).

Nevýhodou vysokých kol byla jejich bezpečnost. Jelikož přední kolo dosahovalo velikosti až 180 centimetrů a jezdec seděl nad tímto kolem, byla kola značně nestabilní. K pádu tak mohla přispět drobná nerovnost nebo kámen na cestě (Makeš & Král, 2002). Obzvláště velké riziko představovaly sjezdy z kopce. Proto Národní cyklistická unie velmi nebezpečné kopce označovala zvláštními značkami upozorňujícími na nebezpečí pádu. Určité riziko k jízdě patřilo a jezdci se rádi svými historkami s pády chlubili v cyklistickém tisku. Jízda na vysokém kole však byla v této době doménou především mužů (Hadland & Lessing, 2016).

## **Kola Rover**

Pokusy zvýšit bezpečí na vysokém kole přispěly k převratným inovacím ve vývoji jízdního kola. Mezi tyto inovace patřil řetězový pohon, což znamenalo zvolit převodový poměr nezávisle na velikosti kola. Výrobci tak využili pohon zadního kola a přední kolo mohlo být stejně velké jako to zadní. V roce 1885 všichni významní Britští výrobci začali používat tento pohon a označovali svá kola jako „safety bicycle“ a zároveň začali využívat rám ve tvaru diamantu. Nejznámější bezpečné kolo se zadním pohonem vyrobil John Kemp Starley v roce 1885 a označoval ho jako Rover. První generace Roverů měla přední kolo ještě o něco větší než zadní, ale s nástupem druhé generace byla obě kola stejně velká, a to 30 palců. Problémem těchto kol však byly ráfky, které způsobovaly jezdcům velmi silné otřesy (Chauney, 2016).

Nepříjemné vibrace při jízdě na kolech typu Rover se snažilo vyřešit několik stovek firem. Postupně bylo patentováno odpružené sedlo, odpružené vidlice, avšak největší nárůst komfortu byl spojen s první pneumatikou plněnou vzduchem. Pneumatiky nejen že zmírnily vibrace, ale také přispěly k nižšímu valivému odporu, lepšímu držení vozovky, lepší trakci a bezpečnějšímu brzdění (Hadland & Lessing, 2016). Clayton (2016) uvádí, že pneumatiku si nechal patentovat ve Velké Británii už v roce 1845 Robert William Thomson. Pneumatika však byla komerčně neúspěšná a nebyla na jízdní kolo použita. Pneumatiku na kolo použil poprvé John Boyd Dunlop, který ji nasadil na tříkolku svého syna. Patentovat si ji nechal v roce 1888, ale díky nalezení patentu od Thomsona z roku 1845 mu byl patent odebrán. Dunlop se však zasloužil o masové rozšíření pneumatiky a je tak často považován i za vynálezce. Nevýhodou prvních pneumatik bylo, že se montovaly na ráfek přímo ve výrobě a daly se těžko sundávat a opravovat. To změnil v roce 1891 Edouard Michelin, který si nechal patentovat odnímatelnou pneumatiku.

## **Moderní historie**

Největší rozmach zažila cyklistika na začátku 20. století, a to především díky většímu pohodlí při jízdě, ke kterému přispěly nejen pneumatiky, ale také vynález volnoběžky. Kola tak začali používat i ženy a starší muži, kteří by dříve kvůli bezpečnosti kolo nepoužívali. Kvůli své vysoké ceně však byla cyklistika záležitostí pouze vyšší střední vrstvy. Díky nové možnosti osobní dopravy a nástupu automobilů, se postupně stávala dostupnější pro širší vrstvu obyvatel a kolo se stávalo strojem dělnické třídy. Kola

tak mimo osobní dopravu a rekreaci sloužila doručovatelům zásilek, policejním hlídkám a také vojákům (Chauney, 2016).

Výrazný mezník ovlivňující vývoj cyklistiky dodnes, je etapový závod Tour de France, který byl poprvé uspořádán v roce 1903. Závod pořádal francouzský deník L'auto, kde editorem byl Henri Desgrange, ten byl sám nadšeným cyklistou. První ročník závodu měřil 2400 kilometrů a trval 19 dní. Tento závod se okamžitě stal velmi sledovaným sportovním podnikem. V roce 1906 se ujetá vzdálenost závodníky téměř zdvojnásobila a závod měřil 4600 kilometrů (Dauncey & Hare, 2003). Soulek a Martinek (2000) uvádí, že dokončení tohoto závodu zejména v prvních ročnících bylo heroickým výkonem. Závodníci nemohli využít cizí pomoc, a tak veškeré mechanické opravy museli provádět sami.

Tour de France byla inspirací pro vytvoření závodu Giro d'Italia, který měl stejný koncept, avšak na území Itálie. Za vznikem tohoto závodu stál deník La Gazzetta dello Sport. První ročník se konal 13. května roku 1909. Závod měřil 2448 kilometrů a byl velice náročnou zkouškou. Důkazem může být počet jezdců, kteří tento závod dokončili. V Miláně se na start postavilo 127 závodníků, ale cílovou čarou projelo pouze 49 jezdců (Chauney, 2016). Sidwells (2004) uvádí, že vysoké nároky, které byly kladeny v těchto závodech se zasloužily o neustálé vylepšování jízdních kol. Na jízdních kolech se tak začaly objevovat galusky, rychloupínák a také přehazovačka. Vývoj jízdních kol byl brzy poznamenán první a následně druhou světovou válkou.

Období po 2. světové válce můžeme nazvat jako zlatý věk cyklistiky. Závody na kolech se stávaly mezi diváky velmi oblíbené, a to od jednodenních klasik jako Paříž – Roubaix, po třítydenní „Grand Tours“. V této éře se také objevovaly první superhvězdy cyklistiky jako například Ital Fausto Copi. Závody nebyly doménou jen mužů, v roce 1958 se konal první světový šampionát žen (Chauney, 2016). Cyklistika v 60. letech přinesla nové designy rámu, a především přizpůsobení rámu aerodynamickým nárokům dráhových jezdců. Přední výrobci jízdních kol se však nezaměřovali jen na závodníky, ale začali se také specializovat na výrobu dětských kol. Směr, jakým se cyklistika ubírala, naprosto změnila 70. léta, která přinesla do té doby nevídanou inovaci, a to horské kolo (Clayton, 2016).

## 2.2 Historie horské cyklistiky

Myšlenka jízdy v terénu vznikla mnohem dříve než v 70. letech. Je jisté, že už mnoho let existují cyklisté, kteří rádi jezdili v terénu. První doloženou opravdu náročnou horskou zkoušku pro jízdní kolo podniknul Amos Sugden, který v roce 1890 vyrazil na svém kole přes horské sedlo Sty Head Pass a následně o tom publikoval článek v deníku CTC Gazette. Ve druhé polovině dvacátého století zájem o jízdu v terénu narůstal, a to především ve Spojeném království (Chauney, 2016). Od roku 1960 byly v Darlingtonu v severovýchodní Anglii pořádány pravidelné závody v terénu a závodníci si pro tento závod speciálně upravovali kola. Často používali rámy zachráněné ze šrotu a nazývali je „bogwheels“. V roce 1968 v severní Anglii, začal Geoff Apps vyvíjet kola speciálně pro použití v terénu. Tato kola se vyznačovala zesíleným rámem, finskými sněhovými pneumatikami o velikosti 650 B a byly využívány francouzské brzdy z mopedu (Hadland & Lessing, 2016).

V 70. letech se ve Spojených státech začaly objevovat sporty, které se odlišovaly od hlavního proudu typických severoamerických sportů jako je fotbal, baseball, basketbal a hokej. Nové sporty se provozovaly v přírodním prostředí a v neformálním uskupení. Mezi tyto sporty patřil surf, skateboarding a BMX. Právě Bicycle Moto Cross sport, který byl vytvořen pro malé motokrosově závodníky, kteří ještě nemohli řídit motoroky, stál za rozsáhlejším rozšířením jízdy na kole v terénu. Tito závodníci často jezdili z kopců v okrese Marin v San Franciscu. K nim se připojovali silniční cyklisté, kteří na svých upravených kolech hledali větší dobrodružství než jen jízdu po silnici. Proto se považuje Bay Area v okrese Marin v San Franciscu za kolébku horských kol (Savre, Saint-Martin, & Terret, 2010).

Přesto jsou za průkopníky či vynálezce horských kol často označováni Tom Ritchey, Gary Fisher, Tom Breeze a Charlie Kelly, kteří začali v roce 1970 jezdit na horských stezkách kolem Mount Tamalpais v Marinu County, jak uvádí Soulek a Martinek (2000), Hadland a Lessing (2016) i Schmidt (2014). Pro své potřeby používali stará kola Schwinn z roku 1940, která měla upravený rám pro balónové pneumatiky a jezdci tyto kola ještě různě upravovali pro své potřeby (Savre, Saint-Martin, & Terret, 2010). Následně začali vyrábět své vlastní rámy a celá kola. Kolo, které vytvořil Joe Breeze v roce 1976 je považováno za první horské kolo na světě. Ve stejném roce sestavili Gary Fisher a Charlie Kelly horské kolo na rámu od Toma Ritcheyho. První značka, která

zavedla masovou výrobu horských kol pro pravidelnou maloobchodní produkci, byla značka Specialized Mika Sinyarda (Hadland & Lessing, 2016).

Kolo značky Specialized, označované jako Stumpjumper, bylo inspirováno modelem vyrobeným Gary Fisherem společně s Charlie Kellym a bylo také postaveno na rámu Toma Ritcheyho. Díky přesunutí výroby do Japonska, byla kola levnější, a tím i dostupnější. Prvních 125 modelů bylo vyprodáno za pouhých 6 dní po zahájení prodeje. Stumpjumper byl vybaven komponenty s důrazem na odolnost a měl celkově 15 řadících stupňů pro jízdu ve strmých stoupáních a rychlých sjezdech. Váha tohoto kola byla 13,2 kilogramu (Chauney, 2016). Od roku 1982 na cyklistický trh vstoupily také Japonské společnosti jako Shimano nebo Suntour, které se zaměřovali na vývoj specifických komponentů pro horská kola, a tím přispívaly k masivnějšímu rozšíření horských kol. Horská kola se pomalu rozšiřovala do celého světa (Savre, Saint-Martin, & Terret, 2010). Nejdříve se pro tato kola používalo označení ATB (all-terrain bicycle), až později se začala používat zkratka MTB (mountain bike). Horské kolo se ukázalo velmi pohodlné, jelikož mělo rovná řídítka a tlusté pneumatiky, které nejen že tlumily nerovnosti terénu, ale také byly méně náchylné k defektům (Schmidt, 2014).

Do roku 1990 byly pořádány pouze neoficiální mistrovství světa horských kol. První mistrovství světa pořádané mezinárodní cyklistickou unií se konalo v Durangu v Coloradu v roce 1990. Závod byl složen ze dvou závodů cross-country pro muže a ženy a dvou závodů ve sjezdu, taktéž odděleně pro muže a ženy. Mimo oficiální program se konaly také závody do vrchu. V počátcích konání mistrovství světa neexistovaly úzké specializace a většina závodníků startovala v cross-country i ve sjezdu, s použitím stejných kol pro obě disciplíny. Postupně se k programu mistrovství světa přidávaly nové disciplíny a závodníci byli specializovaní pouze na jednu disciplínu. V Italské Barze v roce 2002 byl přidán four-cross a na následujícím mistrovství v roce 2003 v Luganu byl do programu zařazen cross-country marathon (Chauney, 2016).

Od 90. let horská cyklistika zažívala obrovský zájem, a proto výrobci neustále vylepšovali svá kola. Závodníci začali používat ručně vyrobené karbonové rámy jako například u kola Specialized Epic, na kterém vyhrál Ned Overend mistrovství světa v roce 1990. Postupně se na kola přidávala přední odpružená vidlice a poté se objevovala i celoodpružená kola. Nejčastěji byla využívána přední teleskopická vidlice s dvojitým posuvným sloupkem. Další řešení předního odpružení představila v roce 1994 značka

Cannondale, která na svých kolech používala teleskopickou hlavici s jednou vzduchovou pružinou. Do roku 1995 tak mělo 30 % horských kol v Americe odpruženou přední vidlici (Hadland & Lessing, 2016).

Začátek 21. století přinesl spíše postupné zdokonalování než převratné novinky. Došlo především k odlehčení, zároveň však zvýšení tuhosti rámu, zlepšení účinnosti předního a zadního odpružení a také vylepšení kotoučových brzd, které se staly standardem. Za velmi pomalý a postupný můžeme označit přechod z 26 na 29 palcová kola. Myšlenka 29“ kol vznikala už na konci 20. století. Vývoj však brzdily neuzpůsobené rámy pro 29“ kola, a především neexistovaly speciálně vyráběné pláště pro tato kola. Výrobci tak museli používat pláště menších rozměrů, které byly příčinou mnoha defektů. První pláště, které byly vyrobené speciálně pro 29 kola, navrhla firma WTB. V roce 2002 pak bylo představeno první sériově vyrobené 29“ kolo Supercaliber 29. Masivní rozšíření nastalo až v roce 2011, kdy Jaroslav Kulhavý vyhrál mistrovství světa na 29“ kole Specialized Epic (Steiner, Müller, Maier, & Wehrlein, 2015).

### **2.3 Rozdělení cyklistiky**

Dílčí disciplíny cyklistiky vznikaly postupně v průběhu vývoje a inovace jízdního kola. První disciplíny vznikaly z cyklistiky silniční, kterou můžeme považovat za hlavní směr, kterým se cyklistika v 19. století ubírala. Za první dílčí disciplínu, která se od silniční cyklistiky oddělila můžeme pokládat dráhovou cyklistiku. V současné době existuje mnoho disciplín. Makeš a Král (2002) rozdělují cyklistiku na silniční, dráhovou, sálovou, cyklokros, horská kola (MTB), downhill, enduro, freestyle, BMX, cyklotrial a biketrial. Mezinárodní cyklistická unie (2020) rozděluje cyklistiku na 8 kategorií: silniční, dráhová, horská kola, BMX, BMX freestyle, trial, cyklokros a sálovou. Mimo hlavních 8 kategorií zvlášť vyčleňuje para-cyklistiku a nově od roku 2020 i cyklistický e-sport. Český svaz cyklistiky (2020) však rozděluje cyklistiku pouze na 7 hlavních kategorií, a to na: BMX, cyklokros, dráhovou cyklistiku, MTB/trial, para-cyklistika, sálovou a silniční cyklistiku. V této diplomové práci se budeme blíže zabývat pouze silniční a horskou cyklistikou.

#### **2.3.1 Silniční cyklistika**

Od počátku vývoje jízdního kola můžeme podle Soulka a Martinka (2000) považovat silniční cyklistiku za hlavní disciplínu. Některými je označována jako královna cyklistiky a dále lze rozdělit na rekreační a závodní (Sekera & Vojtěchovský,



2009). Rekreační silniční cyklistika je velice populárním sportem. Důvodů proč se lidé věnují právě silniční cyklistice existuje mnoho. Například sociální příležitosti, ekologicky čistá forma dopravy, a především zdraví prospěšná aktivita. Vhodná může být pro snížení rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění, cukrovky 2. typu, snížení krevního tlaku, snížení stresu a doporučuje se v rámci rehabilitace pohybového aparátu (Peveler, 2008). Jako další zdravotní výhody uvádí Dijk, Megen a Vroemen (2017) zvýšení kostní hustoty spojené s minimální kloubní zátěží, pokles tělesného tuku, zvýšení hladiny hemoglobinu a myoglobinu v krvi a efektivnější fungování imunitního systému.

Rozdíly mezi rekreačními cyklisty a amatérskými závodníky, můžeme pozorovat nejen v účasti na závodech, ale také v objemu ujetých kilometrů a průměrné rychlosti. Podle práce Quesada, Kerr, Bertucci a Carpes (2018) je u rekreačních silničních cyklistů neúčastnících se závodů ujetá týdenní vzdálenost v průměru kolem 164 kilometrů a průměrná rychlost 26 km/h. Proti tomu silniční cyklisté, které lze považovat za amatérské závodníky, což znamená alespoň jedna participace na závodech ročně, ujedou průměrně 260 kilometrů týdně a jejich průměrná rychlost je 28,5 km/h.

Závodní silniční cyklistika datuje své počátky na konec 18. století, kdy první oficiálně zaznamenaný závod se konal v Pařížském Parc de Saint-Cloud v roce 1868 a vítězem se stal Brit James Moore. V programu olympijských her je silniční cyklistika od počátku vzniku moderních olympijských her, tedy od roku 1896. Současná podoba organizace závodů je dána rozdělením týmů, dříve nazývaných jako stáje a také rozdělením závodů do několika kategorií. Nejvyšší kategorie závodů je označována jako WorldTour, mezi ty patří například nejznámější etapové závody Tour de France, Giro d'Italia, Vuelta nebo jednorázové závody jako Milán-San Remo, Gent-Wevelgem, Paříž-Rubaix a mnoho dalších. Těchto závodů se mohou primárně zúčastňovat týmy se statutem WorldTeams (Český svaz cyklistiky, 2020). Mezinárodní cyklistická unie (2021) uvádí, že mužských týmů se statutem WordTeams je v současné době 18 a to z 12 zemí, zatímco ženských týmů s tímto statutem je pouze 14. Nižší úroveň mají ProTeams, dříve označované jako ProContinental. Tyto týmy se zúčastňují především závodů kategorie ProSeries, které jsou rozděleny na 5 kontinentálních zón. Některé z nich mohou díky divoké kartě také startovat na závodech nejvyšší kategorie WordTour. Třetí kategorií tvoří týmy, které označujeme jako Continental. Tyto týmy se téměř výhradně zúčastňují závodů Continental Circuits, mohou však dostat pozvánku na závody vyšší úrovně, tedy na podniky ProSeries. Speciální kategorií jsou národní týmy. Ty sestavují podle svých

nominačních kritérií reprezentace, které startují na speciálních kategoriích závodů jako je mistrovství světa, mistrovství Evropy a olympijské hry. Národní týmy mohou za určitých podmínek startovat na některých závodech kategorie ProSeries (Union Cycliste Internationale, 2021).

Na jednotlivých úrovních se můžeme setkat s různými typy silničních závodů. Rozlišujeme jednodenní a etapové závody. Při jednodenních závodech jezdci startují hromadně ve stejný čas a vzdálenost je určována podle věku, pohlaví a úrovně jezdců. Mohou se jezdit jednosměrné z určitého místa do druhého, jako například Paříž–Roubaix, Strade Bianche, Tour of Flanders nebo Gent–Wevelgem, ale také na určitý počet stejných okruhů. Tento formát závodu je využíván při mistrovství světa v silniční cyklistice a je také zařazen do olympijského programu. Délka závodu se vždy liší a záleží při tom na celkovém převýšení trati. Například pro muže elite je při mistrovství světa vypisována trať měřící kolem 260 kilometrů (Union Cycliste Internationale, 2021). Jako další formát uvádí Peveler (2008) etapové závody trvající několik dnů až týdnů. Závodníci zde absolvují každý den jednu etapu. Časy z jednotlivých etap se sčítají a vítězem se stává jezdec s nejnižším součtem časů ze všech etap. Nejznámější jsou etapové závody kategorie Grand Tours trvající 15–23 dnů a pouze 2 až 3 dny odpočinku, mezi které patří Tour de France, Vuelta a España a také Giro d'Italia. Jednotlivé etapy se podobají jednodenním závodům a mají různý charakter, mohou být například rovinaté, polohorské a horské. V těchto závodech jezdci urazí vzdálenost mezi 3500–4000 kilometrů, kdy čas vítěze potřebný k překonání této vzdálenosti se pohybuje kolem 90 hodin. Účast na těchto etapových závodech je pro závodníky vrcholem sezóny a úspěch je považován za největší možný úspěch profesionálního cyklisty (Hoozemans, Foster, & Koning, 2020).

Individuální časovka označovaná někdy také jako časovka jednotlivců nebo jízda proti chronometru je dalším formátem závodů, se kterým se můžeme setkat v závodní cyklistice a společně se silničním závodem je součástí olympijských her. Start probíhá jednotlivě v pravidelných intervalech 1 nebo 2 minut. Závodníci startují ze stacionární polohy, ze které je pouští komisař závodu. Pokud se jezdci dostihnou není povolena vzájemná pomoc. Délka trati na olympijských hrách a mistrovství světa měří zpravidla 40–50 kilometrů, jindy bývá vzdálenost určena podle věku závodníků. Jízda proti chronometru může být dále rozdělena podle převýšení trati na rovinatou nebo horskou. Individuální časovka také bývá součástí etapových závodů, ve kterých je dobrý výsledek často rozhodujícím faktorem k úspěchu (Český svaz cyklistiky, 2020). Jelikož je tento

formát závodu daleko kratší, je výsledek jezdce více ovlivněn materiálními podmínkami než při klasickém silničním závodu. Z toho důvodu jezdci využívají upravená kola, která označujeme jako časovkářské speciály. Jezdec na něm zaujímá nejvýhodnější aerodynamickou pozici a minimalizuje tím odpor vzduchu a velikost čelní plochy (Fintelman, Sterling, Hemida, & Li, 2015). Také se používají speciální helmy, které díky svému kapkovitému tvaru zajišťují minimální odpor vzduchu oproti standartním helmám (Chowdhury & Alam, 2014).

Velmi podobnou formu jako individuální časovka má týmová časová zkouška (TTT), která je založena na stejném principu, ale jezdci zde startují v týmech. Minimálně mohou startovat 2 závodníci a maximální počet je 10 závodníků. Celkový čas týmu se obvykle zastavuje, až po projetí 4. závodníka. To znamená, že se tým snaží do cíle dostat alespoň 4 závodníky v co nejtěsnější skupině. Na některých závodech, například při týmové časovce na podnicích Grand Tours, se čas zastavuje až po projetí 5. závodníka (Union Cycliste Internationale, 2021). Hlavní strategií při týmové časové zkoušce je průběžné střídání na čele skupiny. Vedoucí jezdec překonává největší odpor vzduchu, zatímco ostatní jezdci využívají sníženého odporu, tedy takzvaného vzduchového pytle, při kterém se mohou zotavit. Tento proces je při závodu zopakován několikrát. Odpor vzduchu druhého jezdce v linii se snižuje o 30–40 % v závislosti na vzdálenosti zadního kola prvního jezdce a předního kola druhého jezdce. U třetího jezdce v pořadí se tato úspora snižuje o 37–50 % oproti prvnímu jezdci. Snížení odporu vzduchu od třetího jezdce v pořadí poté klesá velmi pozvolně a u pátého jezdce je téměř stejný jako u šestého (Blocken, Toparlar, Druenen, & Andrienne, 2018).

Novinkou, která vznikla v roce 2019 je závod smíšených národních štafet v časové zkoušce. Tento závod nahradil časovku týmů z kategorie World Tour. UCI (Union Cycliste Internationale) se tak snaží o rozšíření účasti žen, jelikož v týmové časové zkoušce soutěžilo velice málo ženských týmů. Tento formát závodu je používán především při mistrovstvích světa a Evropy v silniční cyklistice. Princip a strategie jsou úplně stejné jako při týmové časové zkoušce, avšak s tím rozdílem, že nejdříve závod zahájí tři muži, kteří předají štafetu třem ženám. Předání štafety proběhne, jakmile druhý muž z týmu protne cílovou čáru. Podle pravidel mezinárodní cyklistické unie musí za jedno pohlaví odstartovat minimálně dva závodníci a maximálně 6 závodníků. Délka závodu se, stejně jako počet jezdců, řídí regulami UCI a například závod mistrovství světa v roce 2021 se konal na trati dlouhé 14 km, přičemž muži a ženy absolvovali vždy jedno

kolo. Celkový cílový čas štafety se zastaví, jakmile druhá žena projede cílem (Union Cycliste Internationale, 2021).

Specifickou disciplínou, která je velmi podobná silničnímu závodě, ale není tak známá je silniční kritérium. Start kritéria začíná startem všech závodníků ve stejný čas. Jezdci závodí na okruhu, jehož délka se pohybuje od 400 metrů do 10 kilometrů. Počet se liší v závislosti na věkové kategorii závodníků a je oznámen před závodem. Doba trvání závodu je mnohem kratší než u klasického silničního závodu. Pořadí může být určeno dvěma způsoby. Při prvním se jedná o tzv. hladký závod, vítězem se stane závodník, který jako první protne cílovou čáru posledního okruhu. Častější je ale systém bodového závodu, který se používá také při dráhových závodech. Předem se stanoví okruhy, na kterých závodníci sbírají různý počet bodů za pořadí, ve kterém v tomto okruhu projedou cílem. Například v každém pátém kole první, druhý a třetí jezdec získá tři, dva a jeden bod v tomto pořadí a s dvojnásobným počtem bodů za závěrečný okruh. Vítězem se pak stává jezdec s nejvyšším počtem bodů (Český svaz cyklistiky, 2020).

### **2.3.2 Horská cyklistika**

V dnešní době velmi oblíbená cyklistická disciplína, kterou můžeme považovat za relativně mladou, jelikož vznikla kolem roku 1970 v Kalifornii. Tato moderní forma cyklistiky zaznamenala veliký úspěch, kdy v roce 1990 se stala třetím nejoblíbenějším rekreačním sportem ve Spojených státech amerických. První oficiální mistrovství světa se konalo v roce 1990 v Durangu v Coloradu. Pod hlavičkou mezinárodní cyklistické unie se soutěžilo pouze ve dvou disciplínách a to cross-country a sjezd (Savre, Saint-Martin, & Terret, 2010). V roce 2004 se počet disciplín značně rozšířil a UCI do programu mistrovství světa zařadila disciplíny jako four-cross, trail a cross-country maraton a přidala také kategorii juniorů (Sidwells, 2004). Český svaz cyklistiky (2020) v současné době rozděluje horskou cyklistiku na několik disciplín, a to na cross-country, cross-country maraton, cross-country eliminátor, sjezd, enduro, fourcross a trial.

Disciplína cross-country je někdy označována jako olympijské cross-country (XCO), protože se jako první stala součástí olympijského programu. Poprvé byla k vidění v roce 1996 v Atlantě. V této disciplíně se závodí na okruhu o délce 5–9 kilometrů, který vede přes zpevněné i nezpevněné lesní cesty, často obsahuje technické sjezdy, prudké výjezdy a umělé překážky. Závodníci startují zároveň a doba trvání závodu se pohybuje okolo jedné hodiny. Od svého počátku prošla tato disciplína významným vývojem.

V roce 2007 byla na doporučení UCI zkrácena maximální doba trvání závodu z 2 hodin 30 minut na 1 hodinu 30 minut. Vývoj zaznamenaly také technicky náročnější okruhy s velkým množstvím umělých překážek, které však mají zpravidla objízdne trasy tzv. chickenway (Český svaz cyklistiky, 2020). Tyto změny ovlivnily požadavky na výkon a fyziologické charakteristiky závodníků. Před změnou délky závodu na méně technicky náročných tratích bylo zjištěno, že u mužských elitních závodníků ve světovém poháru byl průměrný výkon  $246 \pm 12$  W. V současné době je průměrný výkon závodníků na světových pohárech  $283 \pm 22$  W. Maximální hodnoty výkonu dokonce vzrostly o 15 % (Granier et al., 2018).

Cross-country maraton (XCM) je disciplína, která obsahuje prvky olympijského cross-country, avšak s tím rozdílem, že se nejedí na okruhy, ale vede z jednoho bodu do druhého. Dalším rozdílem je mnohem menší technická náročnost tratí maratonu. Většina závodů je vedena po zpevněných polních či lesních cestách. Existují však výjimky, kdy jsou tratě technicky srovnatelně náročné jako XCO. Aby mohly být závody zařazeny do kalendáře mezinárodní cyklistické unie, musí být délka závodů od 60 do 120 kilometrů. Extrémní maratony však mohou měřit i přes 170 kilometrů. Některé závody ve formátu maraton, dávají závodníkům na výběr různé trasy s rozdílnou délkou i převýšením. Například český maraton Drásal vypisuje závod na trasách 173 km, 117 km, 58 km a 31 km. Přičemž závod měřící 117 kilometrů je zařazen do mezinárodního kalendáře UCI. Specifikem toho typu závodů je také to, že profesionální jezdci startují zároveň s těmi amatérskými (Český svaz cyklistiky, 2020). Jelikož se některých maratonů účastní až několik tisíc závodníků, je zde daleko větší potřeba taktického pojetí závodu. Určitou výhodou je rychlý start, který je typický spíše pro XCO. Při dostatečně rychlém startu nemusí závodníci předjíždět velké skupiny pomalejších závodníků. Zároveň mohou zamezit časovým ztrátám způsobeným zpomalením závodníků v úzkých místech tratě. Pro co nejlepší výsledek je nutné zachování konstantnější rychlosti a výkonu, než je tomu při závodech XCO (Moss, Francis, Calogiuri, & Highton, 2018).

Poměrně novou disciplínou horských kol je cross-country eliminátor (XCE). Tato disciplína se poprvé objevila jako doprovodný program světového poháru v Dalby Forest v roce 2011. Pevnou součástí programu světových pohárů se tento formát stal v roce 2012. Trať pro XCE musí mít délku mezi 500 a 1000 metry. Obsahuje mnoho umělých nebo přírodních překážek jako jsou schody, menší skoky, dropy a mosty. Soutěže začínají kvalifikační jízdou, v podobě jednoho okruhu, na kterém se závodník snaží dosáhnout

co nejrychlejšího času. Do hlavního závodu se dostane pouze 32 mužů a 16 nejrychlejších žen z kvalifikace. Ti se poté rozdělí do jednotlivých rozjížděk, kde společně startují čtyři závodníci, z nich vždy postupují dva. Tento systém pokračuje, dokud nezbydou poslední 4 závodníci, kteří soupeří ve finále o vítěze závodu (Union Cycliste Internationale, 2021).

Enduro se dá považovat za nejmladší disciplínu horských kol, avšak v současné době se těší velké popularitě. Závod se skládá z několika etap, které označujeme jako erzety. Erzety (RZ) jsou měřené úseky trati, které vedou z 95 % z kopce a obsahují různorodý terén kombinující úzké a široké cesty s různými přírodními překážkami jako jsou kameny a skoky. Závod se obvykle skládá ze tří až pěti erzet v jeden den, kdy výsledný čas závodníka je součtem časů z jednotlivých erzet. Přejezdy mezi jednotlivými erzetami nejsou měřené, avšak závodníci mají časový limit, který musí dodržet. Některé enduro závody mohou trvat i více dnů, čímž jsou podobné silničním etapovým závodům (Union Cycliste Internationale, 2021). Na disciplínu enduro se používají kola, která na rozdíl od cross-country kol používají daleko větší zdvihy předního i zadního odpružení a to kolem 150–170 mm. Dalším rozdílem mezi endurem a XCO je technická náročnost tratí a odlišná fyziologická charakteristika jezdců, která je dána rozdílným průběhem závodů. U elitních enduro jezdců je však aerobní kapacita podobná jako u XCO závodníků (Lopes, 2017).

Disciplína, která byla na začátku zájmu o jízdu na horském kole je sjezd (DHI). Trať je zde vedena pouze z kopce na specializovaných sjezdových tratích, na kterých jezdec překonává technické pasáže jako lavice, můstky, přejezdy, přírodní a umělé rock gardeny a velké skoky. Délka trati podle UCI musí být maximálně 3500 metrů. Technická náročnost je zde největší ze všech disciplín horských kol a závodníci dosahují rychlosti až 85 km/h. Na start se jezdec dostává pomocí lanovek, proto bývá většina závodů situována do zázemí lyžařských areálů. U většiny závodů se nejdříve jezdí kvalifikace, ze které postupuje určitý počet jezdců do finále. Nejrychlejší jezdec ve finále je vítězem závodu. Tento systém je používán i ve světovém poháru (Union Cycliste Internationale, 2021).

Fourcross (4X) je disciplína, kde startují tři nebo čtyři závodníci najednou a závodí na trati, na které se nachází mnoho klopených zatáček, terénních vln a skoků. Trať je podobná tratím na bikros s tím rozdílem, že je vedena pouze z kopce. Závody jsou velmi rychlé a časy vítězů se pohybují od 30 sekund po 1 minutu. Start probíhá

ze startovacích bran a při závodě hraje velkou roli. V této disciplíně často dochází ke kolizím mezi jezdci způsobeným snahou zvolit si rychlejší stopu nebo předjet soupeře. Tyto kolize posuzuje přítomný komisař. Systém závodu je stejný jako u XCE, kde z rozjížděky postupují vždy první dva závodníci a pořadí na stupních vítězů určuje finále (Union Cycliste Internationale, 2021).

V disciplíně trial, na rozdíl od ostatních cyklistických disciplín, nehraje velkou roli rychlost a výkon, ale především rovnováha, stabilita a ovládání kola. Trial vznikl v Evropě v roce 1970. Inspirací pro vznik této disciplíny byl motorový trial. První oficiální mistrovství světa se konalo v roce 1986. V současné době se mistrovství světa v trialu nejezdí společně s disciplínami horských kol, ale s disciplínami freestyle BMX. Z toho důvodu je disciplína trial vyčleňována mezinárodní cyklistickou unií jako samostatná disciplína (Union Cycliste Internationale, 2021). Český svaz cyklistiky však tuto disciplínu řadí do kategorie horských kol. Na trial se používají speciální kola, která jsou velmi odlišná od klasických horských kol. Trialová kola mají malé sedlo, které je nízko položené k rámu kola. Někteří jezdci dokonce používají kola, která sedlo nemají vůbec. Geometrie samotného rámu je specifická tím, že horní a spodní rámová trubka mají velmi nízké postavení a jsou téměř souběžné od hlavového složení po zadní náboj. Kategorie v trialu jsou rozděleny podle velikosti kol do tří tříd. První kategorie je určena pro kola o velikosti od 18 do 23 palců. Druhá kategorie je pro kola velikosti 24 až 26 palců. Speciální kategorií je open class, kde závodníci mohou použít libovolnou velikost kola. Trať v trialu je složena z vysokých umělých či přírodních překážek, které jezdec překonává. Nejedná se o plynulou jízdu, ale jde spíše o poskoky, při kterých se jezdec snaží udržet rovnováhu bez dotyku země nohou. Za dotyk jsou závodníkovi započítány trestné body (Český svaz cyklistiky, 2020).

### **2.3.3 Rekreační cyklistika**

Rekreační cyklistiku většina autorů Sidwells (2004), Makeš a Král (2002), Ondráček a Hřebíčková (2007) označuje pojmem cykloturistika. Setkat se však můžeme i s termíny jako hobby cyklistika nebo vlastní cykloturistika. Pod pojmem cykloturistika rozumíme pohyb vykonávaný s pomocí jízdního kola v přírodě nebo také v městských podmínkách, se stanoveným cílem bez ambicí účastnit se cyklistických závodů. Jedná se tedy o druh turistiky s primárním využitím jízdního kola. Cykloturistiku můžeme rozdělit podle užití rozdílných typů jízdního kola. Využívá se především silniční, horské,

trekkingové kolo a takzvaný city bike (Ondráček & Hřebíčková, 2007). S využitím rozdílných typů jízdních kol se tak cykloturistika stává jedním z nejlepších způsobů, jak poznávat okolí, protože je rychlejší než klasická turistika a na rozdíl od automobilové dopravy je ekologičtější a zdraví prospěšnější (Sidwells, 2004).

Cykloturistika je hodnotnou alternativou k pasivním typům turistiky a rekreace a zároveň se jedná o udržitelný rozvoj cestovního ruchu s minimálním dopadem na životní prostředí. Cykloturistika byla od druhé poloviny 90. let záležitostí úzkého okruhu lidí, ale v současné době se ocitá v zájmu regionálního a městského plánování. V městských a příměstských oblastech se klade velký důraz na koexistenci s ostatními druhy dopravy. V dnešní době se jak cyklistika, tak především cykloturistika těší velkému zájmu a nárůstu počtu lidí, kteří se této volnočasové aktivitě věnují (Ondráček & Hřebíčková, 2007).

## **2.4 Kineziologie jízdy na kole**

Jízda na kole v současné době patří mezi běžnou pohybovou aktivitu a jedná se o arteficiální lokomoci. Při této lokomoci se k pohybu z místa na místo využívá kolo a zapojují se především svaly dolních končetin. Pro kineziologickou analýzu je důležité odlišit jízdu bez nášlapných pedálů a jízdu s jejich použitím, jelikož zde dochází k aktivnímu zapojení svalů i při pohybu nohy směrem vzhůru (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2011). Kračmar, Chrástková a Bačáková (2016) uvádí, že jízda na kole není přirozenou lokomocí a pro tuto uměle vytvořenou situaci je používán jednoduchý stroj: kolo na hřídeli, páka a převody, které mění pohyb dolních končetin na pohyb otáčivý. Při jízdě na kole, na rozdíl od přirozené lokomoce, kde je vždy přítomný trojrozměrný pohyb, převádíme některé pohyby do dvojrozměrné roviny a vykonáváme je jinak, než nám byly vrozeny. Toto je velmi důležité při tvorbě a fixaci pohybových stereotypů (Kračmar et al., 2016). Přenos do dvojrozměrné roviny probíhá v uzavřeném kinematickém řetězci, kde zásadní roli hraje kyčelní a kolenní kloub. Přenos je mimo jiné závislý na několika proměnných, mezi které patří fyziologické parametry, správné nastavení kola a překonání odporových sil (Bini & Diefenthaler, 2009).

### **2.4.1 Biomechanická podstata cyklistiky**

Klíčovým parametrem ve většině cyklistických disciplín je rychlost jezdce. Ta je na mechanické úrovni určena rozdílem odporových a hnacích sil. Nejdůležitější odporová síla, kterou je nutné při výkonu minimalizovat je aerodynamický odpor. Síla,



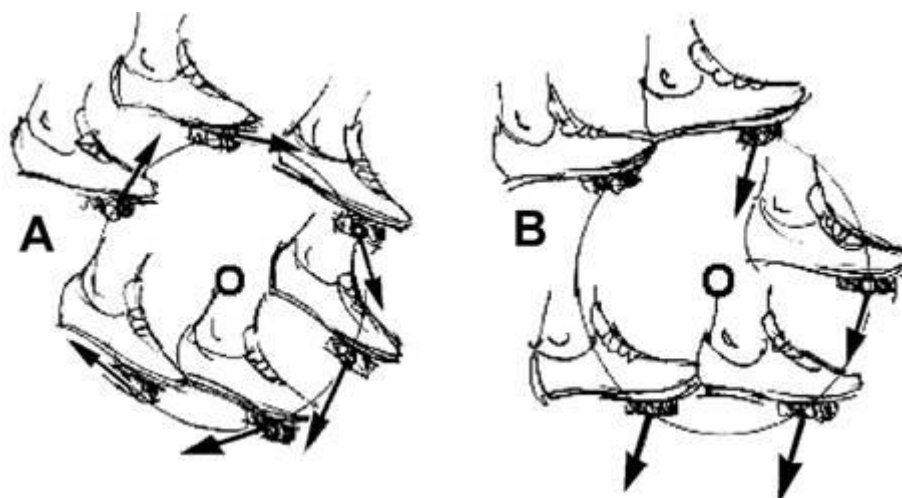
kteřá je přenášena pomocí dolních končetin na pedály, je hnací silou (Cheung & Zabala, 2017). Mezi další odporové síly Minetti (2011) řadí aktivní odpor vzduchu, který je vyvolán dodatečným pohybem těla při šlapání. Jezdec také musí překonávat odpor hnacího řetězu a ozubení. Aerodynamický odpor však tvoří 90 % z celkových odporových sil. Aerodynamický odpor cyklisty tvoří 70 % a jízdní kolo pouze 30 % z celkového odporu vzduchu. Z toho důvodu i malé snížení odporu vzduchu může přinést velké zvýšení výkonu. Pro zjištění aerodynamického odporu se používá mnoho metod jako například měření v aerodynamickém tunelu, lineární modely regresní analýzy a model CFD, který dokáže zjistit odpor jednotlivých segmentů těla (Oggiano, Spurkland, Sætran, & Bardal, 2015). Hodnoty aerodynamického odporu jsou vyšší u závodníků na horských kolech, což je způsobeno více vzpřímenou posturou při jízdě, kdy vzniká větší čelní plocha. Mezi další faktory můžeme zařadit méně aerodynamickou stavbu rámu, širší řídítka a odpruženou vidlici. Všechny tyto faktory zvětšují čelní plochu a zároveň tak zvyšují aerodynamický odpor. Výsledkem může být až o 15 % menší aerodynamický odpor u závodníků na silničních kolech. Ještě větší rozdíly nalezneme u valivého odporu, který se mění podle velikosti kol, průřezu pneumatiky, tlaku v pneumatikách, vlastnosti směsi pneumatik, výšky vzorku a nepravidelnosti povrchu. Valivý odpor tak může být až dvakrát nižší u silničních cyklistů než u horských (Bertucci, Rogier, & Reiser, 2013). Hnací síla, která zajišťuje pohyb vpřed, je přenášena střídavě pravou a levou dolní končetinou působením na pedál. Zdrojem této síly jsou svaly, které překlenují kyčelní, kolenní a hlezenní kloub. Tato síla může být na každém z pedálu rozložena na tangenciální složku vykonávající mechanickou práci a radiální složku, která nevykonává žádnou práci a směřuje do středu otáčení kliky. Poměr těchto sil je závislý na technice šlapání a použití nášlapných pedálů (Cheung & Zabala, 2017).

#### **2.4.2 Cyklistický krok**

Jízda na kole, někdy také označovaná jako cyklistický krok je obecně rozšířenou formou umělé lidské lokomoce, a to jak na úrovni uživatelské, rekreační tak i výkonnostní. Při přenosu svalové síly na pedál je důležité, jak tuto lokomoci vykonáme. Rozlišujeme dvě varianty se spojitou řadou variant mezi krajními formami provedení. Nejčastěji rozlišujeme axiální/rekreační krok a radiální/závodní krok (Obrázek 1). Radiální krok je v praxi používán pod pojmem kulaté šlapání (Kračmar et al., 2016). Toto označení používá také Landa (2005) a Sekera a Vojtěchovský (2009).

U zahraničních autorů nalezneme pro označení radiálního kroku termín kruhové šlapání (Sidwells, 2004).

Axiální krok se uživatel kola naučí obvykle již v dětském věku a můžeme jej označit jako přirozené šlapání. Jedná se o pohyb, který se velmi podobá kroku při běžné chůzi, protože jezdec jakoby nakračuje na další krok. Síla, která je vyvíjena na pedál, směřuje více do axis, osy převodníku a šlapání je jakoby pístové, dá se také nazvat jako krok osový. Při axiálním kroku je poloha paty za horní úvratí pod úrovní pedálů. Poloha paty je při axiálním kroku podobná jako při stereotypu chůze, při které je nášlap realizován rovněž na patu. Výhodou této podobnosti je, že tento pohybový stereotyp nevyhasíná ani po letech bez jízdy na kole, jelikož je denně upevňován chůzí a je nám evolučně dán. Nevýhodou je malá mechanická účinnost, protože jezdec směřuje vektor síly do osy převodníku, a ne po její tečně. Změnu pohybového stereotypu z axiálního na radiální cyklistický krok přinesl vynález nášlapných pedálů, které umožňují po dosažení dolní úvratě táhnout aktivně pedál po kružnici směrem nahoru (Kračmar, Bačáková, & Hojka, 2010).



Obrázek 1. A: Radiální krok, B: Axiální krok (Kračmar et al., 2016, 190).

Radiální krok je mnohem více mechanicky účinný než krok axiální, ale není pro člověka přirozený, protože není součástí vývoje lidské lokomoce. Tento cyklistický krok je typický pro závodníky a výkonnostní cyklisty a jeho udržení vyžaduje častý trénink. Šlapání probíhá po tečně, tangenciálně neboli dokulata, tak aby co nejmenší síla šla směrem do osy převodníku. Diferencované vektory síly by optimálně měly tvořit tečny ke kruhu převodníku. Poloha paty se v horní úvratí při této lokomoci nedostane pod úroveň pedálu. Z toho důvodu je běžecký trénink u cyklistických trenérů neoblíbený,

protože běh navozuje přirozený lokomoční stereotyp, při kterém člověk našlapuje na patu a narušuje tak stereotyp kulatého šlapání (Kračmar et al., 2016). Správná technika šlapání může pozitivně ovlivnit celkový výkon závodníka. Při kruhovém šlapání jezdec po překonání spodní úvrati táhne aktivně pedál po kružnici nahoru, čímž dochází k vyšší neuromuskulární aktivitě a lepší plynulosti lokomoce. Aktivním tahem flexorů se také snižuje svalová únava extenzorů kolena. Nejdůležitější při této lokomoci je překonání tzv. mrtvých bodů, které se nachází těsně před horní i dolní úvratí. Překonání mrtvého bodu je mimo jiné závislé na rozsahu pohybu v hlezenním kloubu, který mohou mít profesionální cyklisté vyšší, a to až o 4°. Správná technika však není závislá na antropometrických charakteristikách závodníků (García-López, Díez-Leal, Ogueta-Alday, Larrazabal, & Rodríguez-Marroyo, 2015).

Kulaté šlapání můžeme rozdělit na několik fází, při kterých se zapojují různé svalové partie dolních končetin. Sekera a Vojtěchovský (2009) jej rozdělují na 4 fáze:

1. Základní pohyb nohy dolů, nejjednodušší část otočky nohy.
2. Noha překonává spodní úvrat' (mrtvý bod), výsledný pohyb směřuje vzad.
3. Pohyb nohy směrem vzhůru, 2. a 3. fáze jsou z hlediska techniky šlapání nejnáročnější částí otočky klik.
4. Po překonání mrtvého bodu před horní úvratí je otočka dokončena pohybem nohy vpřed.

Zapojení svalových skupin není závislé jen na jednotlivých fázích polohy dolní končetiny, ale také kadenci neboli frekvenci šlapání. Při 90 otáčkách za minutu můžeme aktivitu svalů rozdělit na dvě fáze. První fází je tlaková fáze, kdy dochází k extenzi kyčelního a kolenního kloubu a v hlezenním kloubu dochází k plantární flexi. Při těchto pohybech dochází ke kontrakci především těchto svalů: m. gluteus maximus, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. quadriceps femoris, m. triceps surae. Druhou fází je aktivní tah pedálu nebo také zdvihová fáze, která je typická pro radiální cyklistický krok. Při ní kolenní a kyčelní kloub vykonávají flexi a hlezenní kloub dorsální flexi. Zapojují se tak primárně: m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. tensor fasciae latae, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. tibialis anterior (Burt & Evans, 2018).

### 2.4.3 Nastavení kola pro optimální polohu jezdce

Nastavení optimální cyklistické pozice je zásadním faktorem pro výkon a pohodlí jezdce. Správným nastavením kontaktních bodů můžeme předcházet zranění a přetížení. V současné době probíhá nastavení optimální polohy jezdce pomocí tří metod. První metoda je obecná a pracuje s jednotlivými délkami segmentů lidského těla, které dosazuje do rovnic. Jedná se o základní metodu bez zohlednění odlišných geometrií jízdních kol. Statická metoda je dalším způsobem, jak správně nastavit jízdní kolo. Tato metoda používá úhloměr, kterým zjišťujeme úhly v jednotlivých kloubních segmentech. Nevýhodou je statická poloha jezdce při měření, která může být rozdílná s reálnou polohou při pohybu v terénu. Třetí metodou je metoda dynamická, která využívá data z analýzy pohybu jezdce při jízdě (Burt & Evans, 2018).

Metody nastavení optimální polohy jezdce můžeme rozdělit také podle míry zásahu do nastavení jednotlivých komponentů jízdního kola. První z nich je výkonnostní nastavení a vybíráme při ní vhodnou geometrii rámu, délku řídítek, délku klik a výšku sedla. Výkonnostní nastavení se provádí v zařízeních sportovní medicíny nebo také ve specializovaných prodejnách. Vyhledávané je především u závodníků, kteří požadují maximalizaci výkonu a zároveň určitý komfort pro dlouhé tréninky a náročné závody. Klinické nastavení řeší především zdravotní problémy cyklistů, které jsou následkem původně špatného nastavení kola. Zdravotní komplikace mohou nastat například u jezdců s odlišnou délkou jednotlivých končetin nebo u jezdců, kteří se vrací k cyklistice po vážnějším úrazu. Tyto problémy se snaží vyřešit drobnými změnami v posedu cyklisty (Cheung & Zabala, 2017).

#### Výška sedla

Nastavení správné výšky sedla je považováno za nejdůležitější část nastavení správné polohy jezdce a další nastavení kontaktních bodů se provádí až po správném nastavení výšky sedla. Jedná se o relativně složité nastavení, protože existuje mnoho metod, jak výšku nastavit. Jednou z prvních metod založené na výzkumu je metoda Hamley a Thomas. Při ní se měří délka vnitřního švu nohy a poté je výška sedla nastavena od osy sedla k pedálu na 109 % délky vnitřního švu. Další určení může být pomocí trochanterické délky, kdy je měřena délka od plosky nohy po trochanter major. Na stejnou délku je pak také nastavena výška sedla od pedálu po osu sedla. Výšku sedla můžeme také určit změřením vzdálenosti sedacího hrbole od země. Sedlo se poté nastavuje

na 113 % této vzdálenosti měřené od pedálu. Velmi jednoduchá metoda, kterou mohou použít i začínající cyklisté a lze ji použít i v terénu, je empirická metoda paty. Cyklista sedí na sedle, jeho pata spočívá na pedálu, který je v linii se sedlovou trubkou. Při správné délce jezdec musí mít koleno plně nataženo (Bini, Hume, & Croft, 2011).

Nejčastěji je ze statických metod používaná metoda měření úhlu pokrčeného kolene. Měří se úhel mezi stehenní a holenní kostí, kdy cyklista sedí na sedle a klika je v dolní úvratí. Tento úhel by měl mít hodnotu 25–35 ° u profesionálních cyklistů se tento úhel nastavuje na 30 ° (Bini, Hume, & Croft, 2011; Peveler, Pounders, & Bishop, 2007). Pokud je úhel větší než 40 ° dochází k poklesu výkonu, protože svaly gluteus maximus a m. quadriceps femoris nemohou generovat dostatek síly. Důležitá je také flexibilita hamstringů, jelikož jejich tuhost omezuje extenzi kolene a jezdec tak může cítit napětí a bolest této svalové skupiny (Burt & Evans, 2018). Špatné nastavení výšky sedla může způsobit nejen pokles aerobního výkonu, ale také zvýšit riziko vzniku zranění. Poranění kolene patří mezi nejčastější problémy pohybového aparátu při špatném nastavení výšky sedla. Sedlo, které je příliš nízko může způsobit patelofemorální syndrom, protože velký úhel flexe kolene zvyšuje kompresi v patelofemorálním skloubení. Naopak příliš vysoká výška sedla může vést k bolesti zadní strany kolene, k níž dochází v důsledku nadměrné extenze kolene ve spodní části záběru (Peveler et al., 2007).

V současné době je nepřesnější používání dynamických metod, které využívají data získaná z videozáznamu kinematického měření. Výhodou dynamického měření je velmi přesné nastavení, protože z kinematického a kinetického hlediska existuje velké množství jízdnicích stylů, které ovlivňují optimální nastavení. Kinematická měření zaznamenávají úhly v kloubech při zdvihu pedálu a rozsahy pohybů při šlapání. Kinetická analýza zahrnuje tlakovou sílu a točivý moment (Cheung & Zabala, 2017). Veškerá doporučení, pro optimální nastavení výšky sedla se používají, jak pro silniční, tak pro horská kola. U horských kol se však setkáváme s používáním teleskopické sedlovky, která jezdcům umožňuje v průběhu jízdy snížit výšku sedla a také ji vrátit do výchozího nastavení pomocí páčky, která je umístěna na řídítkách. Snížení se využívá zejména ve sjezdových pasážích, a to z několika důvodů. Prvním je snížení těžiště jezdce, což usnadňuje zatáčení. Dalším může být možnost dostat se zadní částí těla za sedlo, čímž je cyklista schopen sjíždět velmi prudké kopce a dropy (Lopes, 2017).

## Úhel sedla

Nastavení úhlu sedla se vždy měří vzhledem k horizontále. Obecné pravidlo nastavení je ponechat sedlo přímo ve vodorovné pozici. Většina moderních sedel je vyrobena tak, aby se nastavila na sestupný úhel 0,4 stupně. Pokud je sedlo skloněno přes 10°, je váha jezdce přenášena více na zápěstí, ramena a záda, což může způsobit zdravotní potíže (Cheung & Zabala, 2017). Účastníci závodů, které spadají pod UCI dokonce musí dodržet neutrální polohu sedla a dovolen je maximální sestupný sklon 1,5 stupně. Nastavení sestupného sklonu mezi 2 až 3 stupni, však může pomoci zabránit necitlivosti pohlavních orgánů a bolesti dolní části zad. Další výhodou může být naklonění pánve do anteverze, to umožňuje napřímení bederní a hrudní páteře a dosažení více aerodynamické polohy. Usnadňuje také kontrakci musculi glutei, které jsou schopny generovat větší sílu. Caddy, Matthew a Gordon (2015) však uvádí, že zvýšení úhlu sedla nad 3° nemění kardiopulsační parametry, které mají vliv na výkon při silniční časové zkoušce. Cyklisté na horských kolech preferují mírně sklopené sedlo, protože velmi často jezdí v poloze ze sedla (Lopes, 2017).

## Poloha řídítek

V současné době existuje velké množství typů řídítek jak pro horská, tak silniční kola. Hlavními parametry jsou šířka řídítek a vzdálenost mezi řídítky a špičkou sedla. Šířku řídítek pro silniční kola určujeme podle vzdálenosti akromionů, což jsou kostní výběžky nad ramenním kloubem. Tato vzdálenost by měla být rovna šířce řídítek. Pokud budou řídítka příliš široká a nebudeme respektovat principy správného nastavení, může docházet k necitlivosti rukou a také k horší ovladatelnosti kola. Příliš úzká řídítka mohou způsobit předčasnou únavu tricepsů, protože jsou ruce závodníka blízko u sebe. Zvýšený komfort můžeme zajistit změnou tvaru řídítek. Vodorovná část silničních řídítek může mít oválný, elipsový tvar nebo plochý tvar. Tato obecná pravidla však neplatí pro horské cyklisty, kteří používají řídítka široká nejčastěji od 700 do 800 milimetrů. Široká řídítka umožňují lepší kontrolu kola v náročných technických pasážích (Lopes, 2017).

Velmi důležité je u silničních cyklistů také nastavení krytů brzdových pák, které jsou prodloužením řídítek a většina jezdců si zde opírá ruce. Obecným pravidlem je, že špička brzdové páky by měla být v linii poklesu neboli dropu řídítek. U horských cyklistů se používá odlišný typ brzdových pák, které nejsou v prodloužení řídítek a nejsou tak kontaktním bodem. Abychom nastavili optimální polohu, musíme určit vzdálenost

mezi sedlem a řídítky. Někdy je tato vzdálenost označována jako posturální délka. Jedná se o nejindividuálnější část nastavení jízdního kola. Nastavení je určeno silou a flexibilitou hamstringů, dolní části zad, hrudní páteře, ramen, krku a paže, tedy téměř celého kinetického řetězce těla. I přes to, že se jedná o velmi individuální nastavení existují obecná doporučení pro rekreační a výkonnostní cyklisty (Lopes, 2017).

Pro rekreační cyklisty se posturální délka nastavuje tak, aby trup svíral s horizontálou úhel 45–55°. U výkonnostních a závodních cyklistů by měl trup svírat úhel od 30° do 45°. Důvodem je více aerodynamická poloha těla, která je potřebná pro maximalizaci výkonu. Pokud však použijeme vzdálenější pozici, tedy menší úhel trupu, pro rekreační cyklisty, může to mít za následek sníženou aktivaci hlubokého stabilizačního systému nebo zvýšení perineálního tlaku (Cheung & Zabala, 2017). Jelikož se elitní cyklisté snaží dosáhnout co nejlepší aerodynamické pozice, často používají spodní část řídítek a jejich trup tak svírá s horizontálou velmi nízký úhel. To může způsobit zvýšení hrudní kyfózy, která zvyšuje intradiskální tlak a dochází k viskoelastické deformaci bederních tkání, což se projevuje bolestmi dolní části zad (Muyor, 2015). Dalším způsobem, jak rychle určit vzdálenost sedla a řídítek je nastavit polohu podle kolenní česky. Nastavení probíhá ve statické poloze, kdy jsou kliky rovnoběžně se zemí a česka nohy vpředu by měla být přesně nad osou pedálu. Nastavení můžeme upravit pomocí nastavení předozadní polohy sedla nebo zkrácením či prodloužením představce řídítek (Sekera & Vojtěchovský, 2009).

### **Rozhraní noha–pedál**

Pro správné nastavení polohy dolní končetiny na pedálu je nutné používat nášlapné pedály. Pokud nášlapné pedály nepoužíváme, toto nastavení není důležité, jelikož polohu nohy můžeme na plochem pedálu v průběhu jízdy měnit. Používání nášlapných pedálů zajišťuje optimální přenos síly dolních končetin na pedál. Proto je důležité nastavit předozadní polohu pedálu, kterou nastavujeme umístěním kufrů na cyklistických tretrách. Linie pedálu se umísťuje v ose mezi první a pátou hlavičkou metatarsu, protože toto místo poskytuje největší kontaktní plochu chodidla přímo nad osou otáčení pedálu, a proto maximalizuje biomechanické výhody. Správné umístění pedálů je důležité nejen pro výkon, ale také pro prevenci zranění. Pokud kufrů umístíme více dopředu, tedy chodidlo bude vzadu, dojde k většímu pohybu paty, která se otáčí kolem delšího ramena páky a následkem toho mohou vznikat bolesti Achillovy šlachy (Lopes, 2017).

Často přehlíženým nastavením optimální polohy je šířka postoje, někdy také označována jako Q-faktor. Jedná se o vzdálenost mezi vnějšími okraji klik, která se měří v závitové části. Tato vzdálenost je primárně nastavena šířkou středového složení rámu. Šířku však můžeme měnit použitím rozdílné délky osy pedálu, a to kvůli odlišné bikristální vzdálenosti, tedy šířce pánve jezdců (Lopes, 2017). V současné době se využívá Q-faktor přibližně 150 milimetrů. Tato vzdálenost je vhodná pro většinu cyklistů. Používá se z důvodu vhodné kombinace hrubé mechanické účinnosti a nejlepší stability kolene. Zaměření na stabilitu kolenního kloubu je důležité kvůli prevenci poranění, jelikož ve srovnání s kyčelním a hlezenním kloubem se kolenní kloub volně pohybuje ve třech osách. Při submaximálním výkonu může docházet k výchylkám z jednotlivých os, což může způsobit poranění kolene. Pokud Q-faktor snížíme, hrubá mechanická účinnost se zvýší, ale dojde k menší stabilitě kolene. Zvýšení Q-faktoru přispěje k větší stabilitě kolene, ale hrubá mechanická účinnost se sníží (Disley & Li, 2014). Pokud však má cyklista širší pánev nebo deformitu kolenních kloubů, které jsou postaveny do O (varozita), je vhodné vzdálenost Q-faktoru rozšířit. Pokud se jedná o závodníka s užší pánví nebo valgozitou, tedy postavením kolenních kloubů do X, vzdálenost zmenšujeme. Horizontální úhel není při nastavení podstatný, protože většina pedálových systémů pracuje s vůlí 3–5 stupňů. Tato vůle nemá vliv na přenášení síly na pedál a neovlivňuje tak výkonnost jezdce (Cheung & Zabala, 2017).

### **Délka klik**

Délka klik se volí podle výšky cyklisty a způsobu použití kola. V současné době je délka klik standardizovaná a u horských kol se používají kliky délky 170 a 175 milimetrů. U silničních kol je používáno více délek, které jsou vztaženy k výšce postavy. Délka 165 milimetrů je vhodná pro jezdce do 165 centimetrů nebo pro ženy, které mají kratší dolní končetiny. Pro cyklisty s výškou mezi 165–170 centimetry jsou optimální kliky o délce 170 milimetrů. Pro cyklisty měřící do 185 centimetrů je vhodné použití klik o délce 172,5 milimetrů. Nejdelsí kliky pro silniční cyklisty se používají v délce 175 milimetrů a jsou vhodné pro jezdce přesahující výšku 185 centimetrů. Výběr délky není závislý jen na výšce, ale také na disciplíně a stylu jízdy. Pro jezdce, kteří preferují vyšší kadenci šlapání, je vhodné zvolit kratší délku klik. Naopak delší kliky jsou vhodné pro jezdce, kteří využívají silovější techniku jízdy s nižší kadencí. Odlišná délka klik se používá také při silniční časovce, kdy jsou kliky o 2,5–5 milimetrů delší, než na silničních kolech (Sekera & Vojtěchovský, 2009). Pokud se cyklista bez zdravotních



komplikací nachází na rozhraní jednotlivých velikostí je doporučeno vybrat kratší kliky. Prodloužení klik může mít za následek větší flexi kyčelního a kolenního kloubu při poloze pedálu v horní úvrati, což může při vytrvalostní jízdě způsobit zvýšení patelofemorální kompresní síly a změny ve svalovém koordinačním vzorci (Ferrer-Roca, Rivero-Palomo, Ogueta-Alday, Rodríguez-Marroyo, & García-López, 2016).

## **2.5 Fyziologické aspekty cyklistiky**

Charakteristickým rysem všech cyklistických disciplín je kontinuální zatížení a cyklický pohyb. Rozdílné jsou však somatické a fyziologické determinanty napříč disciplínami. Mezi tyto determinanty patří hmotnost, výška, BMI, plocha těla a frontální plocha. Relativně podobné charakteristiky najdeme u vytrvalostních disciplín silniční a horské cyklistiky, kam patří silniční závod, individuální a týmová časová zkouška, XCO a XCM. U těchto závodníků je charakteristické především malé procento tělesného tuku a vysoká maximální spotřeba kyslíku. V období zimní přípravy se hodnota tělesného tuku pohybuje kolem 10 %, v průběhu sezóny však klesá a dosahuje téměř 8 % (Lúcia, Hoyos, & Chicharro, 2001).

### **Horská cyklistika**

Charakteristika zatížení závodníků v olympijském cross-country je dána délkou závodu a také převýšením. Jelikož v průběhu vývoje disciplíny došlo ke zkracování průměrného času závodníků na trati ze  $128 \pm 17$  minut na  $90 \pm 8$  minut, měnily se i fyziologické charakteristiky. V současné době je průměrná tepová frekvence závodníků  $171 \pm 6$  tepů za minutu, představující  $90 \pm 3$  % HRmax. Průměrný výkon během závodu je  $283 \pm 22$  W. Jelikož vzrostla i technická náročnost tratí, která nutí závodníky často zrychlovat i zpomalovat, časté jsou také krátké, opakované, ale velmi intenzivní sprinty, kde může být výkon až  $559 \pm 46$  W. Elitní závodníci na horských kolech dosahují také velmi vysokých hodnot maximální spotřeby kyslíku a to  $79,9 \pm 5,2$  ml/min/kg (Granier et al., 2018).

Intenzita zatížení cyklisty je vyšší než u klasického jednodenního silničního závodu, a to kvůli delšímu trvání silničních závodů a také úspoře energie při jízdě v závětrí za ostatními jezdci. K vysoké intenzitě zatížení přispívá také technická náročnost sjezdů, větší valivý odpor a opakované izometrické kontrakce potřebné k absorbování nárazů a vibrací způsobených těžkými terénními podmínkami. Tyto izometrické kontrakce probíhají jak v dolní, tak v horní části těla. Maximální

srdeční frekvence bývá naměřena krátce po startu. Závodníci se ihned po startu snaží získat co nejvýhodnější pozici do terénu, aby nezpomalili, když se trať zužuje do jednostopých stezek. V prvním kole bývají také naměřeny nejvyšší hodnoty laktátu v krvi, a to mezi 8,1 a 9,1 mmol/l, které v dalších kolech postupně klesají až na hodnoty 5,7–6,0 mmol/l (Impellizzeri & Marcora, 2007). Takto vysoké hodnoty laktátu v krvi odrážejí míru zapojení anaerobního metabolismu, který je v tomto formátu závodu velmi důležitý. Anaerobní metabolismus se zapojuje i při krátkých sprintech trvajících obvykle 5–10 vteřin. Současná podoba moderního XCO má spíše acyklický než cyklický profil, který je podobný přerušovaným týmovým sportům, jako je fotbal nebo basketbal (Hays, Devys, Bertin, Marquet, & Brisswalter, 2018). Podobných fyziologických parametrů dosahují i jezdci, kteří závodí v disciplíně XCM. Ta je charakteristická delší dobou trvání ve srovnání s XCO. Elitní maratonce dokáží při 230minutovém závodě 32 % času absolvovat nad individuálním anaerobním prahem. Rozdílným parametrem je však hodnota oxidačního stresu, která zůstává u XCM závodníků vysoká i 48 hodin po vytrvalostním závodě při délce přes 100 kilometrů. Z toho důvodu je velmi důležitá efektivní strategie regenerace (Novak, Bennett, Fransen, & Dascombe, 2017).

### **Silniční cyklistika**

Silniční závody s hromadným startem mohou mít rozdílné délky a výškové parametry, proto je můžeme rozdělit na kopcovité, středně kopcovité a rovinaté. Specifickým případem je individuální časová zkouška, která se neřadí do závodů s hromadným startem. Čas trvání závodu je však podobný, a to 4–5 hodin. Závodníci na tratích s rovinným profilem tráví většinu času ve velké skupině seřazení za sebou. Díky takzvané jízdě v háku může být energetická náročnost snížena až o 40 %. Jezdci tak stráví pouze 5 % z celkové délky závodu nad hranicí VO<sub>2</sub> max. (Peinado et al., 2011). Největšího výkonu a intenzity dosahují jezdci při rovinných etapách v závěrečném sprintu, který může být až  $1020 \pm 77$  W. Velmi vysoký výkon udržují i před samotným sprintem, kdy pětiminutový průměrný výkon činí  $363 \pm 38$  W. Závodníci se tak snaží dosáhnout co nejlepší pozice do závěrečných metrů závodu (Menaspà, Quod, Martin, Peiffer, & Abbiss, 2015). Nejvyšší intenzita a celková zátěž je v kopcovitých závodech nebo etapách. Průměrná srdeční frekvence cyklistů v kopcovitých etapách je  $141 \pm 10$  tepů za minutu. V rovinných etapách je tato hodnota pouze  $125 \pm 9$  tepů za minutu. Velké rozdíly jsou také v průměrném výkonu  $196 \pm 29$  W v rovinných etapách a  $254 \pm 19$  W v kopcovitých etapách, a to i přes nižší průměrnou rychlost  $32,1 \pm 3,4$  km/h ve srovnání

s průměrem v rovinatých etapách, který činí  $40,5 \pm 1,26$  km/h (Sanders & Heijboer, 2018).

Rozdílné jsou také somatické a fyziologické charakteristiky mezi jezdci, kteří se specializují na rovinaté nebo kopcovité etapy. Peinado et al. (2011) uvádí, že množství svalové hmoty u specialistů na kopcovité etapy je v průměru 30,2 kg a u sprinterů je tato hodnota 36,6 kg. Rozdílná je také maximální spotřeba kyslíku, kdy u sprinterů dosahuje hodnoty 73,7 ml/min/kg, zatímco u vrchařů dosahuje 81,9 ml/min/kg.

Podstatné rozdíly v intenzitě a celkovém výkonu jsou v závodech v individuální časové zkoušce. Tyto rozdíly jsou způsobeny především velkým odporem vzduchu, který závodník musí překonat sám a nemůže využít jízdu v závětrí jako v hromadném závodě. Jezdci se tak více než 50 % závodu pohybují kolem 90 % VO<sub>2</sub> max (Lúcia et al., 2001). Takto velkou intenzitu potvrzují i novější studie, například Sanders a Heijboer (2018) uvádí, že průměrná srdeční frekvence je  $177 \pm 10$  tepů za minutu a maximální dokonce  $184 \pm 12$  tepů za minutu. Nejvyšší ze všech uvedených formátů závodu je také průměrný výkon, a to  $371 \pm 47$  W.

### **Nejzatěžovanější svaly v cyklistice**

Mezi nejzatěžovanější svaly v cyklistice patří svaly dolních končetin, avšak neméně důležité jsou také svaly horních končetin a trupu. Zapojení svalů dolních končetin je závislé na technice cyklistického kroku. V současné době je u elitních, ale i výkonnostních a rekreačních cyklistů rozšířené radiální neboli kruhové šlapání, které je závislé na použití nášlapných pedálů. V jednotlivých fázích se zapojují rozdílné svalové skupiny, které vykonávají postupně pohyb ve čtyřech směrech: tlak nohy dolů, posun vzad, tah vzhůru a posun vpřed (Kračmar et al., 2010). Chapman, Vicenzino, Blanch, a Hodges (2008) uvádí, že i při použití nášlapných pedálů je svalová aktivita rozdílná u rekreačních a vysoce trénovaných cyklistů. Rekreační cyklisté se vyznačují delším trváním svalové aktivity, rozsáhlejší a variabilnější svalovou koaktivací a sníženou aktivací svalů ve fázi tahu vzhůru. Největší sílu cyklista produkuje mezi 12. a 6. hodinou, kdy sešlápne pedál směrem dolů. Při tlaku nohy směrem dolů jsou aktivovány plantární flexory nohy – m. gastrocnemius a m. soleus, avšak nejvýraznější aktivita vychází z m. gluteus maximus. Posun vzad vykonávají dorzální extenzory dolní končetiny. Aktivita m. gluteus maximus je u tohoto pohybu výrazně omezena, jelikož nemůže pracovat v celém pohybovém rozsahu. Fáze, při níž je dolní končetina tažena

směrem vzhůru je zajišťována aktivitou m. rectus femoris a m. iliopsoas. Přitom dochází k flexi v kyčelním kloubu a kolenní kloub je flektován pomocí aktivity hamstringů. Hlezenní kloub v této fázi vykonává plantární flexi. Poslední fází je pohyb pedálu vpřed a jsou kontrahovány svaly jako m. quadriceps femoris a vastus medialis et lateralis, které jsou významným zdrojem síly při šlapání. Následně jsou opět zapojovány extenzory kyčelního a kolenního kloubu (Burt & Evans, 2018; Kračmar et al., 2010). Aktivační vzorec zapojení a síla jednotlivých svalových skupin je závislá na výkonu, frekvenci šlapání, polohy těla a stupni únavy. Největší podíl celkové síly dolní končetiny při šlapání mají ve standardizovaných podmínkách m. vastus medialis, m. vastus lateralis a rectus femoris. Tyto svaly vytváří zhruba 40 % celkového výkonu. Významným zdrojem svalové síly je také m. gluteus maximus, který se podílí 30 % na celkové aktivitě svalů dolní končetiny (Hug & Dorel, 2009).

Aktivita svalů horních končetin a trupu je důležitá z hlediska ovládnutí kola a stability při jízdě na nerovném povrchu, jako jsou dlažební kostky u silniční cyklistiky. Zvláště důležité jsou při jízdě na horském kole. K větší aktivaci svalů horních končetin dochází při jízdě ze sedla, jelikož napomáhají svalům dolní končetiny k co největšímu výkonu a podílí se zhruba 13 % na celkovém výkonu cyklisty. Při jízdě v sedle se nejvíce zapojuje m. triceps brachii. Čím větší je flexe trupu tím více je m. triceps brachii aktivován. Pokud má jezdec špatně nastavenou optimální polohu a flexe trupu je příliš vysoká, může docházet k nadměrnému zatížení tohoto svalu. To je zapříčiněno potenciálním přenášením větší tělesné hmotnosti do oblasti ramen a loktů, které zvyšuje svalovou aktivaci tricepsu. Maximální síla kontrakce m. triceps brachii se pohybuje mezi 12–14 % (Brand et al., 2019). Při jízdě ze sedla se zapojuje m. biceps brachii pro ovládnutí pohybů kola ze strany na stranu. Největší aktivity dosahuje v maximálních úhlech náklonu kola k zemi. Společně s přední částí m. deltoideus a m. latissimus dorsi pracují v synergii jako stabilizační svaly. Jejich aktivita vzrůstá s náročností terénu, kdy cyklista více manipuluje se svým kolem. M. biceps brachii pracuje v koaktivaci s m. brachioradialis. Tato synergie nepřispívá k celkovému výkonu, ale spíše slouží jako stabilní podpora nohy, při kompenzaci pohybů trupu směrem dolů. U jezdců na horských kolech je tento sval důležitý pro manipulaci s řídítky, zejména při nadzvednutí předního kola, což je velmi často prováděný pohyb při překonávání překážek či skoků (Turpin, Costes, Moretto, & Watier, 2016).

U cyklistů je snaha zmenšit čelní průřezovou plochu, aby dosáhli co nejmenšího aerodynamického odporu. To umožňuje poloha, kdy je trup ve flexi a svaly v oblasti krční páteře jsou v izometrické kontrakci. Tato poloha zvyšuje kyfotické držení hrudní páteře a může způsobovat kulatá záda. Při maximálním výkonu jezdce, jako například cílový sprint, únik z pelotonu nebo začátek stoupání, se zapojují svaly hrudníku, především m. pectoralis major. Svaly hrudníku nedisponují stejnou adaptací při tréninku jako zádové svaly a může tak docházet ke zkrácení těchto svalů (Bernaciková et al., 2011). Podporu pro páteř zajišťují zádové mnohočetné svalové vrstvy, které jsou kvůli specifické poloze na kole velmi zatěžovány. Podporu a stabilizaci zajišťují především m. latissimus dorsi, m. trapezius a mm. erectores spinae (Sovndal, 2009). Vlivem nadměrného zatížení extenzorů zad dochází k častým problémům s bolestí bederní části zad. Bolest bederní páteře je více rozšířená u profesionálních závodníků. Ze studie Streisfeld, Bartoszek, Creran, Inge, McShane, a Johnston (2016) vyplývá, že problémy s bederní páteří trpí až 58 % profesionálních cyklistů. Bolest bederní páteře může být spojena s nedostatečně silnými břišními svaly a svaly hlubokého stabilizačního systému, protože společně se zádovými svaly zajišťují stabilitu trupu.

## 2.6 Kosterní svalstvo

Svalová tkáň je součástí podpurně-pohybového systému a její základní funkcí je umožnění pohybu. Tato tkáň je tvořena z jednotlivých svalových buněk – myocytů. Každý typ svaloviny v těle – příčně pruhovaná, hladká a srdeční, má specificky odlišné svalové buňky. U kosterních svalů jsou tyto buňky vícejaderné a nazýváme je svalová vlákna. Svalová tkáň se postupně vyvíjí z mezodermu neboli středního zárodečného listu. Na povrchu svalové buňky je obal a plazmatická membrána označována jako sarkolema. Uvnitř buňky se nachází jedno nebo více jader a cytoplazma (Naňka & Elišková, 2015).

Svalové vlákno je základní stavební jednotkou kosterního svalstva. Vzniká v době embryonálního vývoje spojením jednojaderných útvarů – myoblastů. Jedná se o mnohojaderný útvar, který má průměr 10-100  $\mu\text{m}$  a jeho délka může být až 30 cm, jako u m. sartorius. Funkční složka příčně pruhovaných svalů je tvořena smrštitelnými longitudinálně uspořádanými myofibrilami, která obsahují myofilamenta. Obsahem myofilament jsou strukturální proteiny aktin a myozin, které vytváří kontraktilní aparát buňky. Vzájemné aktivní posuny kontraktilních bílkovin aktinu a myozinu jsou podstatou

stahu svalového vlákna. Titin a nebulin zajišťují pružnost svalového vlákna a důležitými regulačními bílkovinami jsou tropomyozin a troponin (Čihák, 2011).

Svalová vlákna se již při malém zvětšení v mikroskopu jeví jako žíhaná, napříč pruhovaná. To je způsobeno složením jednotlivých myofibril ze světlejších a tmavších úseků, které se pravidelně střídají. Světlejší neboli izotropní část je tvořena aktinem, jehož vlákna jsou početnější a tenčí a jsou složena ze dvou spirálovitě zatočených makromolekul. Tmavší anizotropní část je tvořena myozinem, který je složen z tyčinkového těla, ohebného krčku a kulovité hlavičky. Středem izotropní části se táhne membrána, která se označuje jako linie Z – telofragam. Nejmenší kontraktilní jednotkou je část, která je ohraničena dvěma Z – liniemi a nazýváme ji sarkomera (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Nervový podnět vyvolá svalovou kontrakci, při které se molekuly proteinů zasouvají mezi sebe. Tímto mechanismem vznikají příčné můstky mezi aktinem a myozinem a celé svalové vlákno se zkracuje. Při svalovém stahu probíhají složité molekulární mechanismy, při nichž dochází ke zkracování kontraktilní složky ve svalu. Zjednodušeně se jedná o pohyb tenkých vláken aktinu podél silných vláken myozinu, a to směrem do středu sarkomery. Hlavičky myozinových molekul se pod pravým úhlem vážou na aktin. Posunutí myozinové hlavičky po aktinu je vyvoláno ohnutím krčku a následným odpojením, kdy dojde znovu k připojení na jiném místě, kde je tato činnost opakována (Riegerová et al., 2006).

### **2.6.1 Svaly s převážně posturální funkcí**

Hlavní funkcí této skupiny svalů je udržovat vzpřímenou polohu těla vůči gravitaci. Jsou fylogeneticky starší než svaly s převážně fázickou funkcí. Jejich enzymatická výbava je předurčuje k pomalejším kontrakcím a jsou zapojovány při vytrvalostní činnosti s dlouho přetrvávajícím tonem. Provádí pomalé pohyby a zajišťují spíše statické a polohové funkce, během kterých udržují polohu jednotlivých tělesných segmentů v neměnném postavení, především při vzpřímeném držení těla. Při vykonávání pohybu se často zapojují do pohybových stereotypů a nahrazují práci fázických svalů. Při zvýšeném zatížení těchto svalů dochází k jejich zkrácení, ale také ke zbytnění a ztuhnutí. Tyto svaly a svalové skupiny mají však velkou odolnost proti únavě a snadněji se zotavují po zátěži (Dostálová & Sigmund, 2017).

Mezi svaly s převahou tonické funkce s tendencí ke zkrácení a hypertofii řadí Lewit (2003) následující svaly: m. sternocleidomastoideus (zdvíhač hlavy), mm. scaleni (svaly kloněné), descendentní část m. trapezius (sestupné snopce svalu trapézového), m. subscapularis (sval podlopatkový), m. deltoideus (sval deltový), flexory horní končetiny, m. pectoralis major (velký sval prsní), m. pectoralis minor (malý sval prsní), m. obliquus internus abdominis (vnitřní šikmý sval břišní), m. obliquus externus abdominis (zevní šikmý sval břišní), m. quadratus lumborum (čtyřhranný sval bederní), bederní část m. erector spinae (vzpřimovač trupu), m. iliopsoas (sval bedrokyčlostehenní), m. rectus femoris (přímý sval stehenní), m. tensor fasciae latae (napínač povázky stehenní), adduktory stehna, ischiokrurální svaly (dvojhlavý sval stehenní, sval poloblanitý, sval pološlašitý), m. triceps surae (trojhavý sval lýtkový).

### **2.6.2 Svaly s převážně fázickou funkcí**

Fázické svaly jsou vývojově mladší než svaly s posturální funkcí. Mají vyšší práh dráždivosti a obsahují více myofibril. Mají však menší počet mitochondrií. Pro tyto svaly a svalové skupiny je typická vydatná a prudká kontrakce. Ta je využívána při rychlých a dynamických pohybech. Jsou tedy uzpůsobeny především k rychlým kontrakcím, které mohou být vykonány velkou silou, avšak jen po krátkou dobu, protože jsou rychle unavitelné. U těchto svalů dochází často k ochabnutí, pokud k nim nejsou přiváděny adekvátní pohybové podněty. Ochablost bývá často spojena s hypotonií se sklonem k funkčnímu útlumu (Dostálová & Sigmund, 2017).

Lewit (2003) uvádí, že do skupiny svalů s tendencí k ochabnutí patří především: žvýkácí svaly, hluboké flexory šíje, m. levator scapulae (zdvíhač lopatky), m. supraspinatus (sval nadhřebenový), m. infraspinatus (sval podhřebenový), ascendentní část m. trapezius (vzestupné snopce svalu trapézového), extenzory horní končetiny, m. serratus anterior (pilovitý sval přední), m. rectus abdominis (přímý sval břišní), mm. glutei (svaly hýžd'ové), mm. vasti (zevní, prostřední a vnitřní hlava čtyřhlavého svalu stehenního), mm. peronei (dlouhý a krátký sval lýtkový), m. tibialis anterior (přední sval holenní), extenzory prstů.

### **2.6.3 Svalové dysbalance**

Svalová nerovnováha neboli svalová dysbalance je termín, který označuje nevyváženou koordinaci jednotlivých svalů a svalových skupin zajišťujících dynamické a statické funkce pohybového systému. Za optimálních podmínek je svalový tonus

posturálních i fázických svalů vyvážený, tak aby bylo dosaženo správných pohybových stereotypů. Vznik svalových dysbalancí je spojen se zkrácením svalů, které patří do skupiny posturálních svalů a zároveň ochabnutím fázických svalů (Lewit, 2003). Dostálová a Sigmund (2017) uvádí, že na svalový systém působí endogenní i exogenní vlivy, na které se musí velmi rychle adaptovat. Mezi příčiny, které mohou vést ke vzniku svalových dysbalancí řadí: nedostatečné zatěžování, hypokinézi, chronické přetěžování nad hranici určenou svalem a jednostranné zatěžování bez dostatečné kompenzace. Page, Frank a Lardner (2010) uvádí příčiny vzniku z biomechanického hlediska. První příčinou je opakované provádění stejných pohybů pouze v jednom směru. Jako další uvádí setrvávání ve vynucených polohách, které nejsou člověku přirozené. V důsledku toho nemůže docházet ke změnám délky svalu na úrovni sarkomery a vzniká nerovnováha mezi jednotlivými svalovými skupinami. Riegerová a kol. (2006) řadí mezi příčiny i psychosomatické faktory jako je napětí, nesoustředěnost, přílišná motivace a negativní emoce.

Svalovou nerovnováhu můžeme rozdělit na funkční, která je typická u sportovců a patologickou, ta je ve většině případů spojena s traumatem. Oba typy svalových dysbalancí vedou ke změnám pohybových vzorců, což může vést k bolesti v pohybových segmentech. Jelikož svalová nerovnováha pracuje v obou směrech, tak některá zranění mohou způsobit svalovou nerovnováhu, zatímco jiná mohou být jejím následkem (Page et al., 2010). Pokud dysbalance včas nenapравujeme dochází u svalů ke strukturální přestavbě, kdy se zkrátí vazivová složka následkem zvýšeného svalového tonu. Vlivem asymetrického tahu zkráceného svalu dochází k vychylování příslušného kloubu z nulového postavení, což způsobuje anatomickou přestavbu kloubu a vznikají změny v kvalitě vazů a šlach (Kolář, 2012). Strukturální změny vlivem svalové nerovnováhy uvádí i Dostálová a Sigmund (2017), podle níž vlivem změn v pohybovém vzorci dojde k postupné ischemizaci svalu a zmnožení vaziva, které vede k fibrotické přestavbě svalu. Příčinou je pozdější aktivace svalů s převážně fázickou funkcí a dřívější aktivace svalů s převážně posturální funkcí. To vede k oslabování fázických svalů a neustálému přetěžování svalů posturálních. Svalové dysbalance jsou často spojeny s velkou zranitelností pohybového ústrojí, především kloubních pouzder, šlachových úponů a vazů a negativně ovlivňují pohybovou a tělesnou výkonnost. U sportovců jsou limitujícím faktorem pro dosažení maximálního sportovního výkonu. Svalové dysbalance však lze vhodnými zásahy odstranit (Véle, 1997).



Svalová nerovnováha může být popsána z pohledu latero-laterárního, tedy nerovnováha mezi levostrannou a pravostrannou částí těla, nebo z pohledu předozadního, kterou můžeme popsat jako dysbalanci mezi agonisty a antagonisty. Svalové dysbalance mezi pravou a levou částí těla jsou klinicky významné, avšak nezpůsobují tak často bolestivé poruchy jako dysbalance předozadní. Při klinickém vyšetření u pacientů, u kterých je předpokládána možnost výskytu svalové nerovnováhy je vhodné provést nejdříve aspekční zhodnocení stoje a chůze. Poté vyšetřujeme svaly s předpokladem ke zkrácení a následně svaly s tendencí k oslabení (Janda, 2004).

Svaly, které mají sklon vytvářet kontraktury, lze klinicky předvídat. Tím vznikají typické svalové dysbalance a sdružují se do jednotlivých syndromů. První systematické uspořádání těchto dysbalančních predispozic provedl prof. Vladimír Janda. Dolní zkřížený syndrom je svalová nerovnováha v oblasti pánve. Horní zkřížený syndrom je lokalizován do oblasti hrudní páteře a šíje. Vrstvový syndrom je typický střídáním horizontálních pásů hypertrofických a oslabených svalů a někdy je také popisován jako kombinace horního a dolního zkříženého syndromu (Kolář, 2012).

### **Dolní zkřížený syndrom**

Dolní zkřížený syndrom, nazývaný také jako pánevní nebo distální, je svalová dysbalance, ke které dochází mezi těmito svalovými skupinami:

- Zkrácenými flexory kyčelního kloubu (m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris, m. iliopsoas) a oslabenými extenzory (mm. glutei maximi).
- Zkráceným erector spinae lumbalis a oslabenými mm. recti abdomini.
- Zkrácenými m. quadratus lumborum a mm. tensores fasciae latae a oslabenými mm. glutei medii (Dostálová & Sigmund, 2017).

Klinický obraz dolního zkříženého syndromu se na první pohled projevuje zvýšenou lordózou v lumbosakrálních segmentech a antevertí pánve. Při oslabení břišních svalů vzniká primární hyperlordóza, zatímco sekundární vzniká při zkrácení flexorů kyčle. Při chůzi dochází k neúplné extenzi kyčelního kloubu, což způsobuje prohlubování antevertice pánve. Při této svalové dysbalanci je porušeno rozvíjení páteře, především při posazování z lehu a při vzpřimování z předklonu. Dochází také k nerovnoměrnému zatěžování kyčelního kloubu a výraznému přetěžování lumbosakrálního přechodu. To může vést k adaptační přestavbě jednotlivých struktur

(Dostálová & Sigmund, 2017). Kolář (2012) uvádí, že při přetěžování může dojít ke změně postavení meziobratlových facet, což způsobuje kloubní dráždění a rozvíjí vznik kontraktur paravertebrálního svalstva.

U dolního zkříženého syndromu můžeme rozlišit dva podtypy. První je charakteristický anteverzí pánve, pokrčenými koleny a vyrovnáváním hyperlordózy v bederní oblasti hyperkyfózou v hrudní části těla. Druhý podtyp je typický mírnou bederní lordózou, která ale pokračuje až k hrudní oblasti, dále předsunutím hlavy a rekurvovanými koleny (Page et al., 2010).

### **Vrstvový syndrom**

Vrstvový syndrom, někdy také popisovaný jako kombinace horního a dolního zkříženého syndromu se vyskytuje především u starších osob nebo u pacientů s neúspěšnou operací výhřezu meziobratlové ploténky. Jedná se o dlouhodobou dysfunkci, kdy je prognóza horší než pro samostatně se vyskytující syndromy.

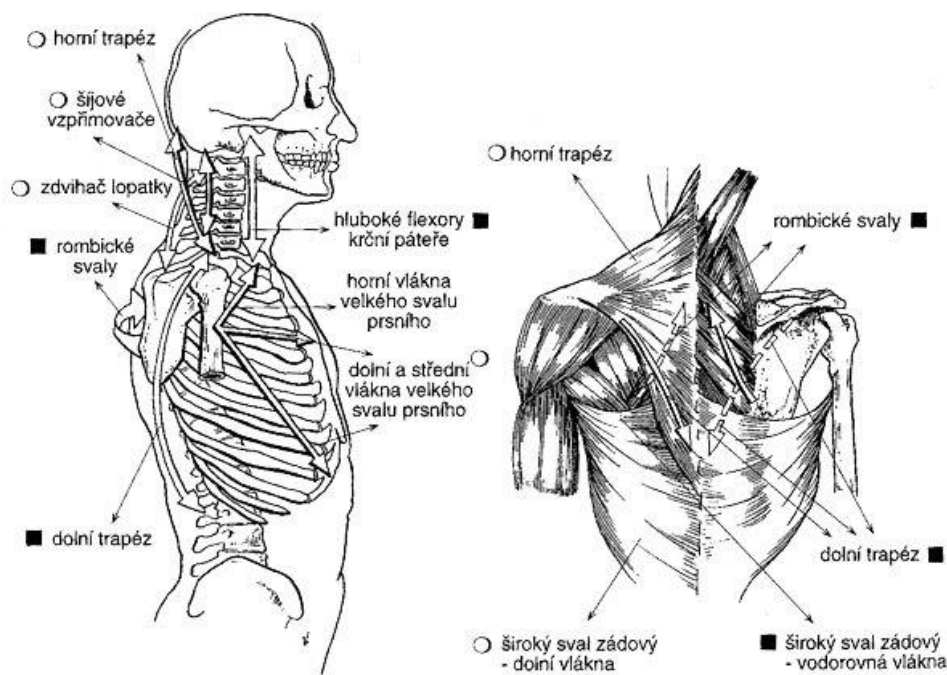
U vrstvého syndromu se na dorzální, ale i na ventrální straně těla střídají vrstvy oslabených a zkrácených svalů. Mezi typické hypertonické svaly u vrstvého syndromu patří ischiokrurální svaly, svalstvo kolem lumbosakrálního přechodu, horní fixátory lopatek a descendentní část m. trapezius. Na ventrální straně jsou zkrácené m. pectoralis major a m. sternocleidomastoides. Zvýšené napětí nacházíme také v oblasti m. iliopsoas a m. rectus femoris (Kolář, 2012). K nejvýznamnějšímu oslabení dochází u mezilopatkových svalů, což vysvětluje vývojová kineziologie člověka. V kojeneckém věku se paravertebrální svalstvo vyvíjí ve dvou úsecích, a to krčním a lumbálním. Proto bývá sektor střední hrudní páteře nejvíce oslaben (Lewit, 2003). Vzhledem k zaměření této diplomové práce se budeme zabývat podrobněji pouze horním zkříženým syndromem.

#### **2.6.4 Horní zkřížený syndrom**

Horní zkřížený syndrom (Obrázek 2) je svalovou dysbalancí, která postihuje svaly v oblasti krku, hrudníku, ramen a také zad. Spojení ochablých a zkrácených svalů v horní části těla vytváří pomyslný kříž. Náchylnější k výskytu této svalové dysbalance jsou lidé, kteří zaujímají dlouhodobé neměnné pozice při čtení, používání mobilního telefonu, práci u počítače, řízení a jízdě na kole. V současné době se jedná o jednu z nejčastějších komplikací v oblasti funkčních poruch pohybového systému (Arshadi, Ghasemi, & Samadi, 2019). Moore (2004) uvádí, že tento typ svalové dysbalance bývá doprovázen

cervikogenní bolestí hlavy. Velmi časté jsou také bolesti ramen, krku a zad. Tyto bolesti však nemusí být přítomny zejména v raných stádiích svalové nerovnováhy. Jedinci s horním zkříženým syndromem mají větší predispozice k poranění rotátorové manžety ramenního kloubu a výskytu myofasciálních spoušťových bodů neboli trigger points. U sportovců bývá jako sekundární problém uváděna špatná aktivace bránice, která je spojena s abnormalitami při dýchání. Sportovci s horním zkříženým syndromem mají menší maximální minutovou ventilaci (Kirthika, Sudhakar, Padmanabhan, & Ramanathan, 2018). Dostálová a Sigmund (2017) uvádí, že k této svalové nerovnováze dochází mezi těmito svalovými skupinami:

- Oslabenými dolními fixátory lopatek (ascendentní část m. trapezius) a přetíženými horními fixátory lopatek (horní část m. trapezius, m. levator scapulae).
- Oslabenými mezilopatkovými svaly (mm. rhomboidei major et minor a střední část m. trapezius) a zkrácenými mm. pectorales.
- Zkrácenými extenzory šíje (m. erector spinae cervicis a descendentní část m. trapezius) a oslabenými hlubokými flexory šíje (m. longus cervicis, m. longus capitis, m. omohyoideus, m. thyreochoideus).



*Svaly podílející se na držení těla v oblasti hrudníku a krční páteře*  
 ○ svaly s tendencí ke zkracování  
 ■ svaly s tendencí k ochabování  
 (horní vlákna velkého svalu prsního nevykazují výrazně žádnou z uvedených tendencí)

Obrázek 2. Obraz horního zkříženého syndromu (Tlapák, 2010, 17).

Klinický obraz horního zkříženého syndromu se projevuje chabým či předsunutým držením hlavy, zvýšenou kyfózou hrudníku a také prohloubenou krční lordózou. Předsunuté držení hlavy můžeme rozdělit na dva typy. U prvního typu dochází ke zvýšení lordózy horní krční páteře, která má vrchol na úrovni 4. krčního obratle. To má za následek přetížení segmentu C<sub>4</sub>/C<sub>5</sub>, cervikokraniálního přechodu a úseku páteře na úrovni obratle Th<sub>4</sub>. Druhý typ je charakteristický zvýšenou lordózou celé krční páteře. Tento typ přetěžuje obratle Th<sub>4</sub>/Th<sub>5</sub> a stejně jako první typ i segmenty C<sub>4</sub>/C<sub>5</sub> a cervikokraniální přechod. Strukturální změny v oblasti C<sub>4</sub>/C<sub>5</sub> ovlivňují dýchací motoriku, narušují správný dechový stereotyp a zhoršují rozpínání plic. Přetížení těchto oblastí má za následek iritaci v oblasti krčního sympatiku. Oslabení dolních fixátorů lopatek způsobuje přetížení m. levator scapulae a degeneraci m. supraspinatus (Kolář, 2012). Jako další problémy s pohybovým aparátem uvádí Muscolino (2015) omezení pohybu při retrakci lopatky, zevní rotaci ramenního kloubu a extenzi horní hrudní páteře.

Dlouhá neměnná pozice při jízdě na kole může přispívat k výskytu horního zkříženého syndromu u cyklistů. K této svalové nerovnováze dochází ve snaze zajistit

co nejvýhodnější aerodynamickou pozici, která je velice podobná neoptimálnímu sezení u počítače. Možnost výskytu této svalové dysbalance je ovlivněn také špatným nastavením optimální polohy jezdce (Freitag, 2013). Špatné nastavení nebo aerodynamická poloha na kole vyžaduje udržení krku a hlavy v prodloužené poloze i několik hodin. Často tak může docházet k patologické elevaci ramen (Cheung & Zabala, 2017). Otruba (2015) uvádí jako další faktor, který přispívá k možnosti výskytu horního zkříženého syndromu, nedostatečnou kompenzací horní poloviny těla. Cyklistická poloha také způsobuje slabost a únavu cervikálních stabilizátorů a přispívá k náboru svalů, jako je m. levator scapulae a m. trapezius. Silniční cyklistika narozdíl od horské cyklistiky vyžaduje větší extenzi krční páteře a častější používání aero pozice. V kombinaci s výrazně vyšším stupněm hrudní kyfózy, flektovanými pažemi a protrakcí lopatek je větší pravděpodobnost výskytu horního zkříženého syndromu u silničních cyklistů (Ansari, Nourian, & Khodae 2017).

K odstranění nebo k určité korekci svalových dysbalancí se využívá korekční cvičení, častěji označované jako kompenzační cvičení. Jedná se o variabilní soubor jednoduchých cviků a poloh, ke kterým můžeme využít i náčiní a nářadí. Kompenzační cvičení nemusí sloužit jen k úpravě a odstranění svalových dysbalancí, ale také ke korekci vadného držení těla, špatných dechových funkcí a chybného postavení kloubních segmentů (Dostálová & Sigmund, 2017). Podle specifického fyziologického účinku a zaměření můžeme kompenzační cvičení rozdělit na cvičení uvolňovací, cvičení protahovací a cvičení posilovací (Bursová, 2005). Velmi důležité je provádět tato cvičení v uvedeném pořadí. Začínáme uvolňovacím cvičením pro zkrácené svalové skupiny v daném pohybovém segmentu. Antagonistický sval posilujeme až po cvičení protahovacím. Posilováním oslabených svalů před uvolněním antagonistických zkrácených bychom pouze zvětšovali svalovou dysbalanci (Bursová, 2005; Dvořák, 2003).

### 3 CÍLE

Hlavním cílem práce je komparace výskytu horního zkříženého syndromu mezi aktivně závodícími silničními, horskými cyklisty a rekreačními cyklisty.

#### Dílčí cíle:

- Vyšetření oslabených svalů vyskytujících se v klinickém obraze horního zkříženého syndromu.
- Vyšetření zkrácených svalů vyskytujících se v klinickém obraze horního zkříženého syndromu.
- Goniometrické měření rozsahu pohybů, souvisejících s výskytem zkrácených svalů v obraze horního zkříženého syndromu.
- Porovnání výsledků svalového oslabení, zkrácení a goniometrického měření u silničních, horských a rekreačních cyklistů.

#### Výzkumný problém

Ve které ze 3 vyšetřovaných skupin bude nejvyšší výskyt horního zkříženého syndromu?

#### Výzkumné otázky

**V1:** Bude ve skupině silničních cyklistů alespoň jeden proband s přítomností horního zkříženého syndromu?

**V2:** Bude ve skupině horských cyklistů alespoň jeden proband s přítomností horního zkříženého syndromu?

**V3:** Bude ve skupině rekreačních cyklistů alespoň jeden proband s přítomností horního zkříženého syndromu?

## **4 METODIKA**

### **4.1 Charakteristika výzkumného souboru**

Do výzkumu diplomové práce bylo zapojeno celkem 30 probandů. Deset cyklistů se věnuje silniční cyklistice závodně na mezinárodní úrovni, jelikož jsou součástí UCI Continental Team. Dalších deset cyklistů aktivně závodí na horských kolech a kombinují disciplíny XCO a XCM. Tito cyklisté jsou součástí amatérských cyklistických týmů, jsou však pravidelnými účastníky závodů Českého poháru horských kol. Soubor doplňuje deset rekreačních cyklistů, kteří jízdou na kole aktivně tráví svůj volný čas, avšak neparticipují na žádných cyklistických závodech. Pro zvýšení validity diplomové práce byli do výzkumu zapojeni pouze muži, a to ve věku 19–32 let. Podrobnější informace o jednotlivých probandech byly získávány pomocí ankety (Příloha 1). Avšak z důvodu většího počtu probandů nebudou uváděny podrobnější kazuistiky jednotlivých probandů.

Měření silničních cyklistů byla prováděna v zázemí cyklistického klubu a měření rekreačních a horských cyklistů probíhalo v místě bydliště probandů. Veškerá vyšetření byla prováděna na přenosném masérském lehátku. Pro měření kloubního rozsahu byl použit mezinárodní standartní SFTR goniometr. Pro vyšetření svalového oslabení a zkrácení byl použit Jandův funkční svalový test jehož přesná metodika je popsána níže. Pro správnost výsledků měření byla u všech měření přítomna fyzioterapeutka.

### **4.2 Vyšetření oslabených svalů**

Zhodnocení síly predilekčně oslabených svalových skupin u horního zkríženého syndromu bylo prováděno funkčním svalovým testem dle Jandy (1996). Svalový test vychází z předpokladu, že pro vykonání určitého pohybu je zapotřebí dostatečné svalové síly, kterou lze odstupňovat podle podmínek, za jakých je pohyb prováděn. Podle toho rozeznáváme 6 stupňů svalové síly:

- St. 5 – sval je schopen překonat značný zevní odpor v celém rozsahu pohybu.
- St. 4 – sval provede pohyb v celém rozsahu pohybu s překonáním středního odporu.
- St. 3 – sval je schopen překonat odpor zemské tíže v celém rozsahu pohybu
- St. 2 – sval je schopný vykonat pohyb v plném rozsahu pohybu pouze s vyloučením gravitace.
- St. 1 – při pokusu o pohyb můžeme zaznamenat pouze svalový záškub.

- St. 0 – sval nejeví při pokusu o pohyb žádné známky aktivity.

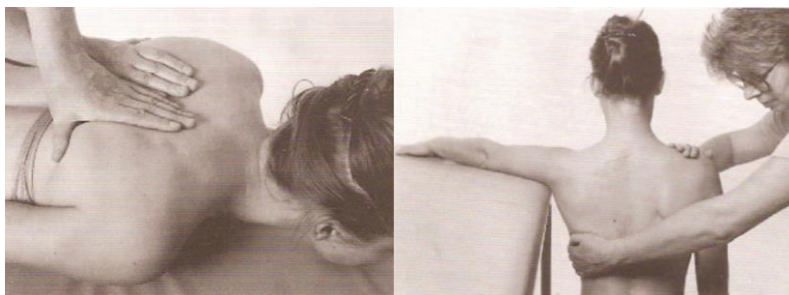
Aby byla zajištěna co největší přesnost měření, musí být při testování dodržovány určité zásady, důležité je:

- Testovat v celém rozsahu pohybu.
- Pohyb provádět v celém rozsahu stejnou rychlostí.
- Pevně fixovat segmenty, aby se zabránilo nežádoucím synkinézám.
- Nestlačovat břicho či šlachy svalu během fixace.
- Odpor klást stále stejnou silou kolmo na směr prováděného pohybu, v jeho celém rozsahu.
- Neklást odpor přes dva klouby, pokud je to možné.
- Nejprve požádat vyšetřovaného o provedení pohybu bez jakékoliv korekce, poté provést instruktáž, je-li zapotřebí (Janda, 2004).

Při vyšetření byla testována síla mezilopatkových svalů pohybem lopatky do addukce, dolních fixátorů lopatek při pohybu lopatky do deprese a addukce, flexorů šíje a m. serratus anterior.

### **Mezilopatkové svaly**

Testování se provádí pohybem do addukce lopatky. U stupňů 5, 4, 3 testujeme v leže na břiše, oboustranně, hlava přitom spočívá na bradě pro uvolnění horních vláken m. trapezius a horní končetiny jsou podél těla. Odpor je kladen u stupňů 5 a 4 na mediální hrany lopatek (obrázek 3). Pro stupeň 3 je stejná výchozí pozice, ale odpor se neklade. Stupně 2 a 1 testujeme v sedě na židli, testovanou stranou ke stolu, kdy testovaná končetina je v 90° abdukci a mírné flexi v ramenním kloubu, extenzi v lokti a pronaci předloktí (obrázek 3). U stupně 2 fixujeme rameno protilehlé strany a hrudník na straně vyšetřované. Palpaci záškubu u stupně 1 provádíme mezi mediálním okrajem lopatky a páteří (Janda, 2004).

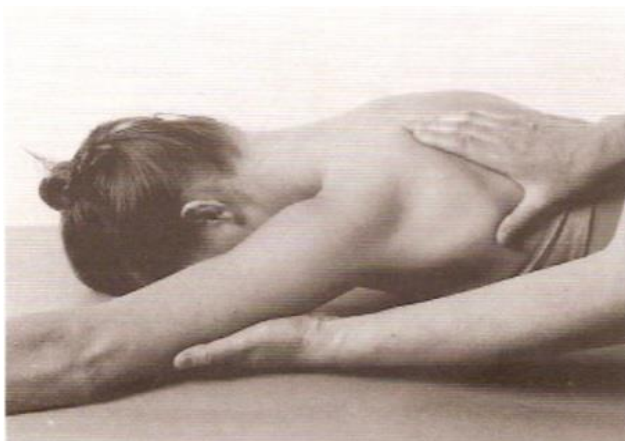




Obrázek 3. Testování síly mezilopatkových svalů pro stupně 5, 4 (vlevo) a pro stupeň 2 (vpravo) (Janda, 2004, 77-78).

### **Dolní fixátory lopatek**

Testování pro všechny stupně je v pozici v leže na břiše, kdy vyšetřovaný vykonává pohyb do deprese a addukce lopatky. Paže na testované straně je vzpažena zevnitř ve směru dolních vláken m. trapezius a předloktí spočívá na ulnární straně, hlava vyšetřovaného je opřena o čelo, nevyšetřovaná horní končetina podél těla. Vyšetřující navíc podpírá paži na vyšetřované straně. Pro stupně 5, 4 a 3 (Obrázek 4) klademe odpor na dolním úhlu lopatky. Jednotlivé stupně odlišujeme velikostí kladeného odporu. Pro stupeň 2 je pozice stejná, avšak není kladen odpor. Při svalové síle stupně 1 pouze palpujeme záškrub v oblasti mezi lopatkou a posledními hrudními obratli (Janda, 2004).



Obrázek 4. Testování svalové síly dolních fixátorů lopatek pro stupně 3, 4, 5 (Janda, 2004, 80).

### **Flexory šíje**

Základní pohyb pro testování je obloukovitá flexe krční páteře. Stupně 5, 4, 3 vyšetřujeme v leže na zádech s lehkou flexí v kolenních kloubech a s fixací hrudníku. Pro stupně 5 a 4 klademe odpor na čelo proti obloukovému pohybu (Obrázek 5). 2. stupeň vyšetřujeme vleže na boku, vyšetřovaný má spodní paži pod hlavou a vyšetřující drží hlavu ve spánkových oblastech a pomáhá vyšetřovanému nést váhu hlavy, aby mohl provést pohyb s vyloučením gravitace (Obrázek 5). U stupně 1 palpujeme aktivitu m. scaleni v poloze v leže na zádech (Janda, 2004).

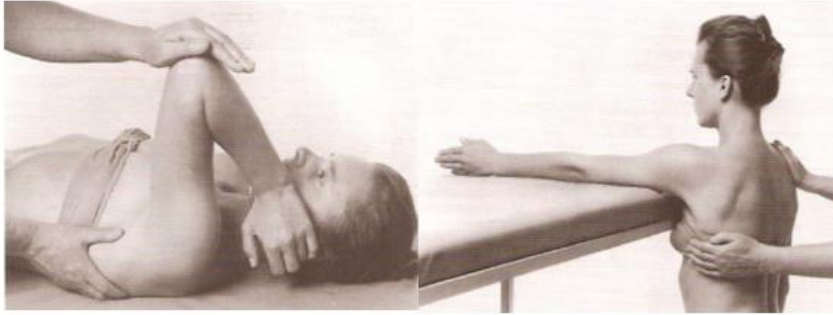


Obrázek 5. Testování svalové síly flexorů šíje pro stupně 5, 4, 3 (vlevo) a pro stupeň 2 (vpravo) (Janda, 2004, 36).

Janda (2004) uvádí malou citlivost tohoto testu u lehkého oslabení flexorů krční páteře, které se vyskytuje u vadného držení těla. Z toho důvodu je výhodné využít i test výdrže v obloukovité flexi krční páteře v leže na zádech po dobu 20 sekund. Pokud vyšetřovaný udrží tuto polohu bez námahy a chvění, můžeme zhodnotit jeho flexory krční páteře jako normálně silné.

### **Musculus serratus anterior**

Základní testovaný pohyb je abdukce lopatky s lehkou rotací. Pro stupně 5, 4 a 3 je vyšetřovací poloha v leže na zádech s flektovanými dolními končetinami. Testovaná horní končetina je v 90° flexi v ramenním kloubu a plné flexi v loketním kloubu. Pohyb provádí vyšetřovaný vysunutím paže vzhůru. U všech tří stupňů provádíme fixaci laterální plochy hrudníku na vyšetřované straně, u stupňů 5 a 4 klademe odpor dlaní ruky na loket proti směru pohybu (Obrázek 6). Stupně 2, 1 a 0 jsou testovány v sedě s testovanou horní končetinou položenou na stole, v 90° flexi v ramenním kloubu, avšak s extenzí lokte. Provádíme opět fixaci laterální strany hrudníku na vyšetřované straně. Vyšetřovaný provádí pohyb sunutím paže po malíkové hraně vpřed (Obrázek 6) (Janda, 2004).



Obrázek 6. Testování svalové síly m. serratus anterior pro stupně 5, 4, 3 (vlevo) a pro stupeň 2 (vpravo) (Janda, 2004, 86-87).

#### 4.3 Vyšetření zkrácených svalů

Stejně jako při vyšetření svalové síly musí být zachován standardizovaný postup vyšetření, aby bylo měření co nejpřesnější. U většiny testů však závisí i na subjektivním hodnocení vyšetřujícího a jeho zkušenostech. Hodnocení svalového zkrácení vychází z toho, že zkrácený sval omezuje pasivní i aktivní rozsah pohybu v daném kloubu. Abychom při hodnocení mohli co nejpřesněji zacílit na konkrétní svalové skupiny, musí být opět dodržována přesná výchozí poloha, směr pasivního pohybu a fixace. Dodržovány musí být také zásady:

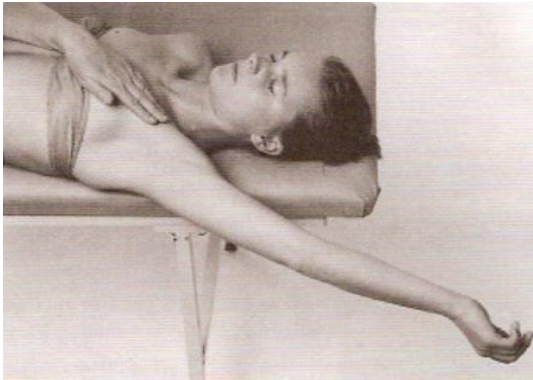
- Nestlačovat vyšetřovaný sval.
- Nepůsobit silou přes dva klouby.
- Provádět vyšetření pomalu a stejnou rychlostí.
- Tlak dávat ve směru vyšetřovaného pohybu (Janda, 2004).

Velikost svalového zkrácení hodnotíme stupni: 0 – nejde o zkrácení, 1 – malé zkrácení, 2 – velké zkrácení. Jednotlivé stupně od sebe odlišujeme nejčastěji podle rozsahu pasivního pohybu (Janda, 2004).

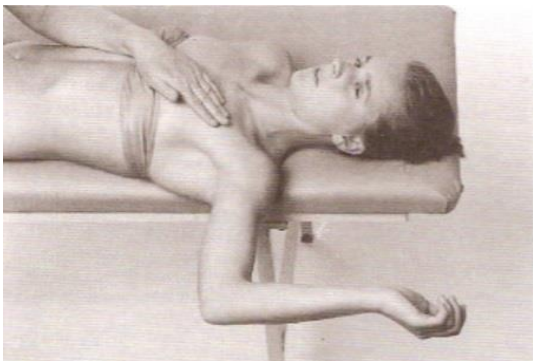
#### **Musculus pectoralis major**

Výchozí poloha je pro všechny části m. pectoralis major v leže na zádech s flexí v kolenních i kyčelních kloubech. Předloktím a rukou fixujeme diagonálně hrudník. Při vyšetření rozlišujeme 3 části svalu podle postavení horní končetiny. Část dolní vyšetřujeme při vzpažení zevnitř (Obrázek 7), část sternální střední 90° abdukci v kloubu ramenním a 90° flexi v kloubu loketním (Obrázek 8). Při vyšetření horní části a m. pectoralis minor vyšetřovaná osoba leží na okraji lehátka, kdy horní končetinu

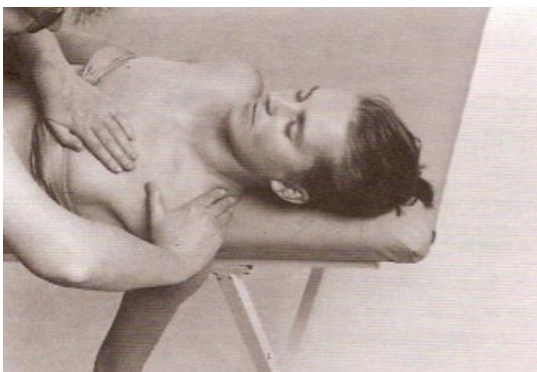
necháme sklesnout mimo stůl při zevní rotaci v ramenním kloubu a extenzi v loketním, poté provedeme stlačení ramene proti podložce do retrakce (Obrázek 9) (Janda, 2004).



Obrázek 7. Vyšetření zkrácení dolní části m. pectoralis major (Janda, 2004, 297).



Obrázek 8. Vyšetření zkrácení střední části m. pectoralis major (Janda, 2004, 298).



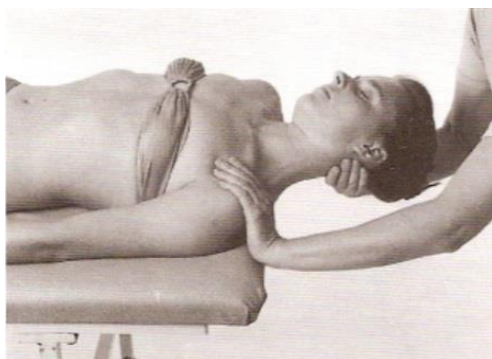
Obrázek 9. Vyšetření zkrácení horní části m. pectoralis major a m. pectoralis minor (Janda, 2004, 299).

Pro dolní i střední část nejde o zkrácení (0), pokud paže klesne do horizontály a při tlaku na distální část humeru klesne pod horizontálu. Pokud paže zůstává nad horizontálou a tlakem na humerus je možné horizontály dosáhnout, jedná se o malé zkrácení (1). Pokud paže zůstává nad horizontálou i při tlaku na humerus zjišťujeme velké

zkrácení (2). Zkrácení horní části a m. pectoralis minor zjišťujeme podle možnosti stlačení ramene do retrakce. Pokud se nejedná o zkrácení (0), lze rameno stlačit lehce, při mírném odporu se jedná o malé zkrácení (1) a pokud není možné stlačení ramene provést, hodnotíme jako velké zkrácení (2).

### **Musculus trapezius**

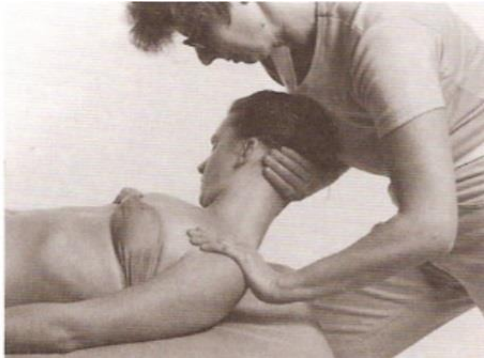
Vyšetřujeme v leže na zádech s mírně podloženými koleny. Vyšetřující jednou rukou tlačí volně a měkce ramenní pletenec na vyšetřované straně směrem kaudálně. Druhou rukou, ve které spočívá hlava vyšetřovaného, provede maximální pasivní lateroflexi krční páteře na nevyšetřovanou stranu (Obrázek 10). Následně pokračuje v depresi ramenního pletence a podle možnosti stlačení hodnotíme jednotlivé stupně zkrácení. Pokud je možné stlačení ramene provést lehce, nejedná se o zkrácení (0). Jestliže se vyšetřující při stlačení ramene setkává s malým odporem, jedná se o malé zkrácení (1). Velké zkrácení je v případě, že stlačení ramene není možné provést a vyšetřující narazí na tvrdý odpor (2) (Janda, 2004).



Obrázek 10. Vyšetření zkrácení m. trapezius (Janda, 2004).

### **Musculus levator scapulae**

Vyšetření provádíme opět v leže na zádech s podloženými koleny. Provedeme depresi ramenního kloubu na vyšetřované straně měkce do vyčerpání pohybu, zároveň palpujeme palcem úpon svalu na horním úhlu lopatky. Rukou, která podpírá hlavu v zátylku, provedeme maximální možnou flexi šíje, lateroflexi a rotaci na nevyšetřovanou stranu (Obrázek 11). Poté opět pokračujeme v depresi ramenního kloubu a dle možnosti stlačení hodnotíme zkrácení svalu. Pokud sval není zkrácen (0), je možné provést stlačení lehce, při mírném odporu hodnotíme jako malé zkrácení (1) a při nemožnosti stlačení se jedná o velké zkrácení (2), kdy může být navíc omezen i úklon (Janda, 2004).



Obrázek 11. Vyšetření zkrácení m. levator scapulae (Janda, 2004, 302).

#### 4.4 Goniometrické vyšetření

Goniometrické vyšetření, určené ke zjištění rozsahu pohybu v kloubním segmentu, bylo provedeno z důvodu možného omezení rozsahu pohybu důsledkem svalového zkrácení.

Tato metoda slouží ke zjištění úhlu, ve kterém se daný kloub nachází nebo úhlu, kterého je možné dosáhnout. Jedná se o tzv. planimetrické měření, kdy je pohyb vyšetřován v jedné rovině pomocí goniometru. V této práci byl pro měření použit mezinárodní standardní SFTR goniometr. Při vyšetření musí být opět dodržena předepsaná výchozí poloha, která se přirovnává ke vzpřímenému stoji, fixace, zabraňující nežádoucím souhybům a přiložení goniometru. Ten se přikládá středem do osy otáčení kloubu, pevné rameno pak rovnoběžně s podélnou osou fixovaného proximálního segmentu a pohyblivé rameno s podélnou osou segmentu, který vykonává pohyb. Při měření musí být dodržovány tyto zásady:

- Zachování výchozí polohy po celou dobu měření.
- Správné přiložení goniometru.
- Zajištění správné fixace.
- Měření provádět na odhalené části těla (Janda & Pavlů, 1994).

#### Rotace krční páteře

Měření provádíme v sedě s opřenou bederní a hrudní páteří o opěradlo židle a chodidly opřenými o podložku. Na nevyšetřované straně fixujeme pletenec pažní. Goniometr přikládáme středem na střed hlavy z horního pohledu. Pevné rameno směřuje k akromionu, pohyblivé rameno směřuje k nosu. Autoři Janda & Pavlů (1994) uvádí rozsah pohybu 50-60°.

## **Lateroflexe krční páteře**

Výchozí pozice je vzpřímený sed s opřenou bederní a hrudní páteří. Chodidla se opírají o podložku a horní končetiny jsou volně podél těla. Fixujeme pletenec pažní na nevyšetřované straně. Střed goniometru přikládáme z dorzální strany na trnový výběžek C<sub>7</sub>. Osa pevného ramene směřuje kolmo k zemi a osa pohyblivého ramene je rovnoběžná se spojnicí C<sub>7</sub> a protuberantia occipitalis externa. Norma rozsahu pohybu je 45° (Janda & Pavlů, 1994).

## **Abdukce v ramenním kloubu**

Měření provádíme v leže na zádech s lehce podloženými koleny a horními končetinami podél těla. Provádíme fixaci ramenního pletence shora. Střed goniometru přikládáme na pomyslný střed otáčení, odpovídající přibližně bodu 1,3 cm pod processus coracoideus. Pevné rameno je rovnoběžné s osou trupu a pohyblivé rameno s podélnou osou humeru. Fyziologický rozsah pohybu je 180° a je limitován napětím okolních měkkých tkání, mimo jiné i napětím m. pectoralis major (Janda & Pavlů, 1994).

## **Flexe v ramenním kloubu**

Výchozí poloha je leh na zádech s podloženými koleny a horními končetinami podél těla. Fixujeme klíční kost a lopatku shora. Goniometr přikládáme středem 2,5 cm pod akromion. Pevné rameno jde paralelně s osou trupu, zatímco pohyblivé rameno je rovnoběžné s podélnou osou humeru. Normální rozsah pohybu je udáván do 180°, ten je však dosažen pouze při současném souhybu lopatky a omezen měkkými tkáněmi v okolí kloubu (Janda & Pavlů, 1994).

## **Horizontální abdukce**

Testovací poloha je leh na břiše s hlavou otočenou na nevyšetřovanou stranu a nevyšetřovanou končetinou podél těla. Vyšetřovaná končetina je v 90° abdukci v ramenním kloubu, 90° v loketním kloubu a předloktí v pronaci. Provádíme fixaci ramenního pletence shora. Střed goniometru přikládáme na akromion shora. Pevné rameno goniometru svírá pravý úhel s osou trupu a pohyblivé rameno jde rovnoběžně s podélnou osou humeru. Autoři uvádí rozsah pohybu 20-30°, který je však limitován zkrácením m. pectoralis major (Janda & Pavlů, 1994).

Kritérium pro zařazení probanda do obrazu horního zkříženého syndromu bylo zvoleno následovně. Proband musí dosáhnout průměrného stupně svalového zkrácení 1 a více a zároveň průměrné svalové síly 4,5 a méně.



## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Charakteristika a výsledky silničních cyklistů

Soubor skupiny silničních cyklistů tvoří 10 aktivně závodících cyklistů, kteří jsou součástí UCI Continental Team a účastní se mezinárodních závodů Continental Circuits. Průměrný věk vybraného výzkumného souboru je 25,2 let, přičemž nejstarší proband z této skupiny má 30 let (proband č. 2) a nejmladší 19 let (proband č. 10). Z antropometrických charakteristik byla zjišťována výška a hmotnost. U tělesné výšky je maximální výška z vybraného souboru 190 cm u probanda č. 4 a minimální výška 178 cm u probanda č. 9. Průměrná tělesná výška činí 182,1 cm. U druhé zjišťované antropometrické charakteristiky, hmotnosti, byla průměrná hodnota 70,8 kg, přičemž maximální hmotnost byla zjištěna u probanda č. 1, a to 78 kg a minimální 64 kilogramů (proband č. 6). Průměrný roční objem kilometrů z roku 2021, do kterého jsou započítávané jak závodní, tak i tréninkové kilometry činí 26954 km. Nejvyšší hodnoty dosáhl proband č. 2, který ujel 33087 km a nejmenší počet kilometrů ujel proband č. 6, a to 21855 km. Přesné roční kilometrové údaje byly doplněny pomocí záznamů v aplikaci Strava.

Všichni cyklisté z tohoto souboru provádí po každém tréninku a závodě lehký strečink a v zimní přípravě zařazují nespecifická kompenzační cvičení. Před závodem či tréninkem však nezařazují žádné protahovací cvičení. U cyklistů byly zjišťovány také úrazy pohybového aparátu, a to především kvůli souvislosti se svalovým zkrácením či oslabením. Nejčastěji uváděným úrazem byla zlomenina klíční kosti, která se vyskytovala u třech probandů (č. 3, č. 6, č. 9) Dále byl u jednoho z probandů (č. 7) uveden zlomený malíček a zlomenina vřetení kosti (proband č. 10). Co se týče bolestivosti pohybového aparátu dva z probandů uvedli bolest krční páteře (č. 2, č. 3), dále se objevila bolest hrudní páteře (proband č. 6), dolní části zad (proband č. 8) a také přítomnost syndromu karpálního tunelu (proband č. 8).

Tabulka 1. Přehled výsledků svalového oslabení u silničních cyklistů

	mezilop. s.		DFL		f. šije		m. SA		M <sub>2</sub>
	P	L	P	L	P	L	P	L	
Proband 1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 2	5	5	4	4	4	4	4	4	4,25
Proband 3	5	5	5	5	4	5	5	4	4,75
Proband 4	5	5	5	5	5	5	5	4	4,88
Proband 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Proband 6	4	4	4	4	5	5	4	4	4,25
Proband 7	5	5	4	4	4	5	4	4	4,38
Proband 8	5	5	5	5	5	4	5	4	4,75
Proband 9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 10	5	5	5	4	4	4	4	4	4,38
M <sub>1</sub>	4,9	4,9	4,7	4,6	4,6	4,7	4,6	4,3	

*Vysvětlivky:*      mezilop. s. – mezilopátkové svaly  
DFL – dolní fixátory lopatek  
f. šíje – flexory šíje  
m. SA – musculus serratus anterior  
P – pravá strana  
L – levá strana  
M<sub>1</sub> – průměr svalové síly svalových skupin mezi probandy  
M<sub>2</sub> – celkový průměr svalové síly jednotlivých probandů  
■ – výskyt HZS

Tabulka 2. Přehled výsledků svalového zkrácení u silničních cyklistů

	m. PM - HV		m. PM - SV		m. PM - DV		m. trapezius		m. LS	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Proband 2	0	0	2	1	2	1	2	2	1	1
Proband 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Proband 4	0	0	1	1	2	2	2	1	1	1
Proband 5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
Proband 6	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Proband 7	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Proband 8	0	0	1	1	1	1	2	1	2	1
Proband 9	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Proband 10	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1

*Vysvětlivky:*      m. PM - HV – musculus pectoralis major - horní vlákna  
m. PM - SV – musculus pectoralis major - střední vlákna  
m. PM - DV – musculus pectoralis major - dolní vlákna  
m. LS – musculus levator scapulae  
P – pravá strana  
L – levá strana  
■ – výskyt HZS

Tabulka 3. Přehled výsledků goniometrického měření silničních cyklistů

	rotace Cp (norma 55°)		LF Cp (norma 45°)		ABD v RAK (norma 180°)		flexe RAK (norma 180°)		hor. ABD (norma 25°)	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	50°	50°	35°	40°	160°	160°	160°	165°	15°	20°
Proband 2	40°	45°	30°	30°	150°	155°	160°	160°	15°	20°
Proband 3	45°	50°	40°	40°	170°	175°	175°	175°	20°	20°
Proband 4	50°	45°	35°	30°	160°	170°	170°	170°	20°	25°
Proband 5	60°	55°	40°	40°	175°	175°	175°	180°	20°	25°
Proband 6	40°	40°	35°	40°	160°	155°	160°	160°	20°	15°
Proband 7	45°	45°	35°	30°	170°	170°	175°	175°	20°	25°
Proband 8	55°	50°	45°	40°	170°	175°	180°	180°	25°	25°
Proband 9	55°	55°	40°	45°	165°	170°	175°	175°	30°	25°
Proband 10	50°	50°	40°	40°	160°	170°	170°	175°	25°	25°

*Vysvětlivky:*

- Cp – krční páteř
- LF – lateroflexe
- ABD – abdukce
- RAK – ramenní kloub
- hor. ABD – horizontální abdukce
- P – pravá strana
- L – levá strana
- – výskyt HZS

Ze skupiny sledovaných svalů v obraze HZS byl průměrně nejvíce oslabeným svalem u skupiny silničních cyklistů m. serratus anterior, konkrétně vlevo. Největší průměrná síla byla zjištěna u mezilopatkových svalů, kde vyšla oboustranně stejná průměrná hodnota.

Kritériu, které bylo určeno pro potvrzení výskytu obrazu HSZ při hodnocení svalového oslabení, odpovídají ve skupině silničních cyklistů celkem 4 probandi (č. 2, č. 6, č. 7, č. 10). U těchto probandů byla průměrná svalová síla u sledovaných svalů nižší než 4,5. Tři probandi v této skupině dostáhli síly stupně 5 dle svalového testu u všech hodnocených svalů.

U všech probandů ze skupiny silničních cyklistů bylo alespoň mírné zkrácení (1. stupeň) některého ze sledovaných svalů. Průměrně nejvíce zkráceným svalem byl m. trapezius vpravo, druhým nejvíce zkráceným pak dolní vlákna m. pectoralis major. Nejméně zkrácená byla v průměru horní vlákna m. pectoralis major. Podmínku, která

byla určena pro potvrzení výskytu HZS při hodnocení zkrácených svalů, splnilo ve skupině silničních cyklistů celkem 6 probandů (č. 1, č. 2, č. 4, č. 6, č. 7, č. 8).

Výsledky goniometrického měření ve většině případů odpovídají zjištěnému svalovému zkrácení. Při svalovém zkrácení stupně 2 dochází současně k omezení rozsahu pohybu v kloubu, který daný sval přemostňuje. Například u probanda č. 6 bylo vyšetřeno průměrně největší svalové zkrácení a zároveň všechny měřené rozsahy pohybu neodpovídaly fyziologickým hodnotám.

Obě stanovená kritéria pro výskyt horního zkříženého syndromu, tedy průměrnou svalovou sílu menší nebo rovno 4,5 stupně dle svalového testu a průměrné svalové zkrácení vyšší nebo stejné než 1, splňují celkem 3 probandů z této skupiny, a to proband č. 2, č. 6 a č. 7. U všech těchto probandů se vyskytují také klinické potíže, které pravděpodobně mohou mít souvislost s přítomností zjištěných svalových dysbalancí. Proband č. 2, u kterého bylo zjištěno výrazné zkrácení m. trapezius bilaterálně, svalová síla flexorů šíje stupně 4 a omezení rozsahu pohybu krční páteře do rotace i lateroflexe, uvedl v anketě bolesti krční páteře. Z toho můžeme usuzovat na souvislost mezi zjištěnou dysbalancí a klinickými potížemi probanda.

## **5.2 Charakteristika a výsledky horských cyklistů**

Výzkumný soubor MTB cyklistů obsahuje deset aktivně závodících jezdců, kteří jsou součástí amatérských cyklistických týmů a účastní se pravidelně XCO a XCM závodů. Průměrný věk této skupiny je 26,9 let, přičemž nejvyšší věk je u proband č. 7, a to 32 let a nejnižší věk má proband č. 8 a to 20 let. Z antropometrických charakteristik byla zjišťována hmotnost a výška. Průměrná hmotnost probandů věnující se horské cyklistice je 75,2 kg. Nejvyšší hmotnost uvedl proband č. 10, a to 85 kg a nejnižší hmotnost uvedl proband č. 8, a to 71 kg. Průměrná výška tohoto souboru činí 180,8 cm a nejvyšší hodnota této charakteristiky je 191 cm (proband č. 9) a nejnižší 171 cm (proband č. 6). Přesný počet kilometrů, který MTB cyklisté ujeli v roce 2021, byl zjišťován stejně jako u silničních cyklistů pomocí aplikace Strava. Průměrně horští cyklisté ujeli 13921 kilometrů. Nejvyšší roční nájezd byl zjištěn u probanda č. 5, a to 16596 kilometrů, nejmenší u probanda č. 8, a to 11190 km.

Protažení před tréninkem či závodem provádí pouze 2 cyklisté (proband č. 4, č. 5), avšak protažení po aktivitě provádí 4 cyklisté (proband č. 4, č. 5, č. 6, č. 9). Kompenzaci jednostranného zatížení při jízdě na kole provádí 5 probandů (č. 1, č. 4, č. 5, č. 4, č. 8).

Mezi úrazy, které cyklisté uvedli patří: distorze hlezna (proband č. 1), zlomenina klíční kosti (proband č. 3) a zlomenina kotníku (proband č. 10). Bolestivost pohybového aparátu uvedli 4 probandi. Dva z probandů uvedli bolest krční páteře (č. 1, č. 4), jeden z probandů uvedl bolest hrudní páteře (č. 2) a další bolestivost dolní části zad (č. 9).

Tabulka 4. Přehled výsledků svalového oslabení u horských cyklistů

	mezilop. s.		DFL		f. šíje		m. SA		M <sub>2</sub>
	P	L	P	L	P	L	P	L	
Proband 1	5	4	5	4	4	4	5	5	4,5
Proband 2	4	4	5	5	5	5	5	5	4,75
Proband 3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 5	5	5	5	4	4	4	5	5	4,63
Proband 6	5	5	5	4	5	4	5	4	4,63
Proband 7	4	4	5	5	4	5	4	5	4,5
Proband 8	5	4	4	4	5	4	5	4	4,38
Proband 9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 10	4	4	5	4	4	4	5	5	4,38
M <sub>1</sub>	4,7	4,5	4,9	4,5	4,6	4,5	4,9	4,8	

*Vysvětlivky:* mezilop. s. – mezilopátkové svaly

DFL – dolní fixátory lopatek

f. šíje – flexory šíje

m. SA – musculus serratus anterior

P – pravá strana

L – levá strana

M<sub>1</sub> – průměr svalové síly svalových skupin mezi probandy

M<sub>2</sub> – celkový průměr svalové síly jednotlivých probandů

■ – výskyt HZS

Tabulka 5. Přehled výsledků svalového zkrácení u horských cyklistů

	m. PM - HV		m. PM - SV		m. PM - DV		m. trapezius		m. LS	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Proband 2	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1
Proband 3	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Proband 4	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0
Proband 5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Proband 6	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1
Proband 7	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Proband 8	0	1	1	1	2	2	1	2	1	2
Proband 9	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Proband 10	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0

*Vysvětlivky:*

- m. PM - HV – musculus pectoralis major - horní vlákna
- m. PM - SV – musculus pectoralis major - střední vlákna
- m. PM - DV – musculus pectoralis major - dolní vlákna
- m. LS – musculus levator scapulae
- P – pravá strana
- L – levá strana
- – výskyt HZS

Tabulka 6. Přehled výsledků goniometrického měření horských cyklistů

	rotace Cp (norma 55°)		LF Cp (norma 45°)		ABD v RAK (norma 180°)		flexe RAK (norma 180°)		hor. ABD (norma 25°)	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	40°	45°	25°	30°	160°	155°	165°	165°	20°	15°
Proband 2	50°	50°	35°	40°	155°	160°	170°	175°	20°	20°
Proband 3	55°	50°	35°	35°	170°	170°	170°	170°	25°	25°
Proband 4	55°	50°	40°	40°	160°	175°	165°	175°	30°	30°
Proband 5	50°	50°	45°	45°	175°	175°	175°	175°	30°	30°
Proband 6	40°	45°	30°	30°	170°	165°	180°	170°	25°	25°
Proband 7	55°	55°	45°	45°	175°	180°	180°	180°	30°	30°
Proband 8	45°	40°	35°	35°	155°	150°	160°	160°	15°	20°
Proband 9	50°	50°	40°	40°	165°	160°	170°	170°	25°	25°
Proband 10	55°	50°	40°	45°	165°	170°	170°	170°	30°	30°

*Vysvětlivky:*

- Cp – krční páteř
- LF – lateroflexe
- ABD – abdukce
- RAK – ramenní kloub
- hor. ABD – horizontální abdukce
- P – pravá strana
- L – levá strana
- – výskyt HZS

U skupiny MTB cyklistů byla zjištěna průměrně nejnižší svalová síla hlubokých flexorů šije vlevo a zároveň mezilopatkových svalů taktéž vlevo. Nejméně oslabenými svaly u horských cyklistů byly m. serratus anterior vpravo a dolní fixátory lopatek také vpravo.

Určená kritéria pro výskyt HZS byla přítomna celkem u 4 probandů (č. 1, č. 7, č. 8., č. 10) při hodnocení svalového oslabení. Celkem 3 probandi dosáhli svalové síly stupně 5 u všech vyšetřovaných svalů.

Průměrně nejvíce zkráceným svalem u horských cyklistů byl m. pectoralis major – dolní vlákna vpravo, druhým nejvíce zkráceným svalem byl také tento sval vlevo. Stejně jako u silničních cyklistů jsou nejméně zkrácenou svalovou skupinou horní vlákna m. pectoralis major. Stanovené podmínce pro zařazení do obrazu HZS při hodnocení zkrácených svalů odpovídá celkem 6 probandů (č. 1, č. 2, č. 3, č. 6, č. 8, č. 9).

U svalových skupin, kde nebylo zjištěno svalové zkrácení, byl naměřen ve většině případů plný rozsah pohybu v kloubech ovlivňovaných touto svalovou skupinou. Naopak zkrácené svaly způsobily omezení rozsahu pohybu, a to nejčastěji při vyšetření pohybu do abdukce.

Ve skupině horských cyklistů byla zvolená kritéria pro zkrácené a oslabené svaly splněna u dvou probandů (č. 1 a č. 8). Proband č. 1 uvedl v anketě potíže s krční páteří. Nejméně bolesti pohybového aparátu uváděli také další probandi, u kterých se výskyt horního zkříženého syndromu nepotvrdil.

### **5.3 Charakteristika a výsledky rekreačních cyklistů**

Skupina probandů věnující se rekreační cyklistice neboli cykloturistice obsahuje 10 jedinců, kteří jízdou na kole aktivně tráví svůj volný čas, ale nezúčastňují se žádných cyklistických závodů. Průměrný věk této skupiny dosahuje 26,7 let. Nejvyššího věku z výzkumného souboru dosahuje proband č. 6, a to 32 let. Naopak nejnižší věk mají probandi č. 2 a č. 10, kteří mají shodně 23 let. Ze zjišťovaných antropometrických charakteristik je průměrná hmotnost u skupiny rekreačních cyklistů 82,3 kg a průměrná výška 179,9 cm. Nejvyšší hodnoty hmotnosti dosáhl proband č. 4, a to 93 kg, naopak nejnižší hmotnost uvedl proband č. 9, a to 71 kg. Hodnoty výšky byly nejvyšší u probanda č. 5, 195 cm a nejnižší u probanda č. 1, 171 cm. Průměrný roční počet kilometrů z roku 2021 u rekreačních cyklistů je 1182 kilometrů, přičemž nejnižší počet kilometrů ujel proband č. 4, 450 kilometrů a nejvyšší počet kilometrů uvedl proband č. 5, a to 2558 kilometrů.

Před jízdou na kole provádí protahovací cvičení proband č. 1 a proband č. 6. Po absolvování vyjížďky se protahují 4 cyklisté (proband č. 1, č. 2, č. 9, č. 10). Kompenzační cvičení provádí pouze 2 probandi, a to proband č. 3 a č. 6. Úrazy, které by mohly ovlivnit výskyt svalového oslabení či zkrácení, uvedli pouze dva probandi, a to zlomeninu klíční kosti. Bolestivost pohybového aparátu byla zjištěna u 4 cyklistů. U dvou probandů (proband č. 4 a č. 10) byl uveden syndrom karpálního tunelu. Dále proband č. 5 uvedl bolest hrudní páteře a proband č. 8 bolest krční páteře.

Tabulka 7. Přehled výsledků svalového oslabení u rekreačních cyklistů

	mezilop. s.		DFL		f. šije		m. SA		M <sub>2</sub>
	P	L	P	L	P	L	P	L	
Proband 1	5	5	5	4	5	5	5	5	4,88
Proband 2	5	5	5	5	4	4	4	4	4,5
Proband 3	5	5	4	5	5	5	4	4	4,63
Proband 4	4	4	4	4	4	4	4	5	4,13
Proband 5	4	4	5	4	5	4	4	4	4,25
Proband 6	4	4	5	5	4	4	5	5	4,5
Proband 7	5	5	4	4	5	5	5	4	4,63
Proband 8	5	5	5	5	5	5	4	4	4,75
Proband 9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Proband 10	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M <sub>1</sub>	4,6	4,6	4,6	4,5	4,6	4,5	4,4	4,4	

*Vysvětlivky:*      mezilop. s. – mezilopatkové svaly  
                             DFL – dolní fixátory lopatek  
                             f. šije – flexory šije  
                             m. SA – musculus serratus anterior  
                             P – pravá strana  
                             L – levá strana  
                             M<sub>1</sub> – průměr svalové síly svalových skupin mezi probandy  
                             M<sub>2</sub> – celkový průměr svalové síly jednotlivých probandů  
                             ■ – výskyt HZS

Tabulka 8. Přehled výsledků svalového zkrácení u rekreačních cyklistů

	m. PM - HV		m. PM - SV		m. PM - DV		m. trapezius		m. LS	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Proband 2	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1



Proband 3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
Proband 4	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
Proband 5	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Proband 6	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1
Proband 7	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1
Proband 8	0	0	1	1	2	1	2	1	1	0
Proband 9	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Proband 10	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1

*Vysvětlivky:*

- m. PM - HV – musculus pectoralis major - horní vlákna
- m. PM - SV – musculus pectoralis major - střední vlákna
- m. PM - DV – musculus pectoralis major - dolní vlákna
- m. LS – musculus levator scapulae
- P – pravá strana
- L – levá strana
- – výskyt HZS

Tabulka 9. Přehled výsledků goniometrického měření rekreačních cyklistů

	rotace Cp (norma 55°)		LF Cp (norma 45°)		ABD v RAK (norma 180°)		flexe RAK (norma 180°)		hor. ABD (norma 25°)	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
Proband 1	60°	55°	45°	45°	175°	175°	180°	180°	30°	30°
Proband 2	50°	50°	35°	40°	170°	170°	165°	170°	25°	25°
Proband 3	55°	55°	40°	35°	155°	155°	160°	160°	20°	20°
Proband 4	40°	45°	30°	35°	155°	150°	160°	160°	20°	20°
Proband 5	50°	50°	45°	45°	150°	150°	165°	165°	10°	15°
Proband 6	55°	55°	40°	40°	160°	165°	170°	175°	20°	20°
Proband 7	45°	50°	35°	40°	165°	165°	170°	170°	15°	15°
Proband 8	50°	40°	45°	45°	160°	170°	165°	175°	20°	20°
Proband 9	60°	60°	45°	45°	170°	160°	170°	170°	25°	25°
Proband 10	45°	40°	40°	40°	155°	160°	160°	165°	15°	20°

*Vysvětlivky:*

- Cp – krční páteř
- LF – lateroflexe
- ABD – abdukce
- RAK – ramenní kloub
- hor. ABD – horizontální abdukce
- P – pravá strana
- L – levá strana
- – výskyt HZS

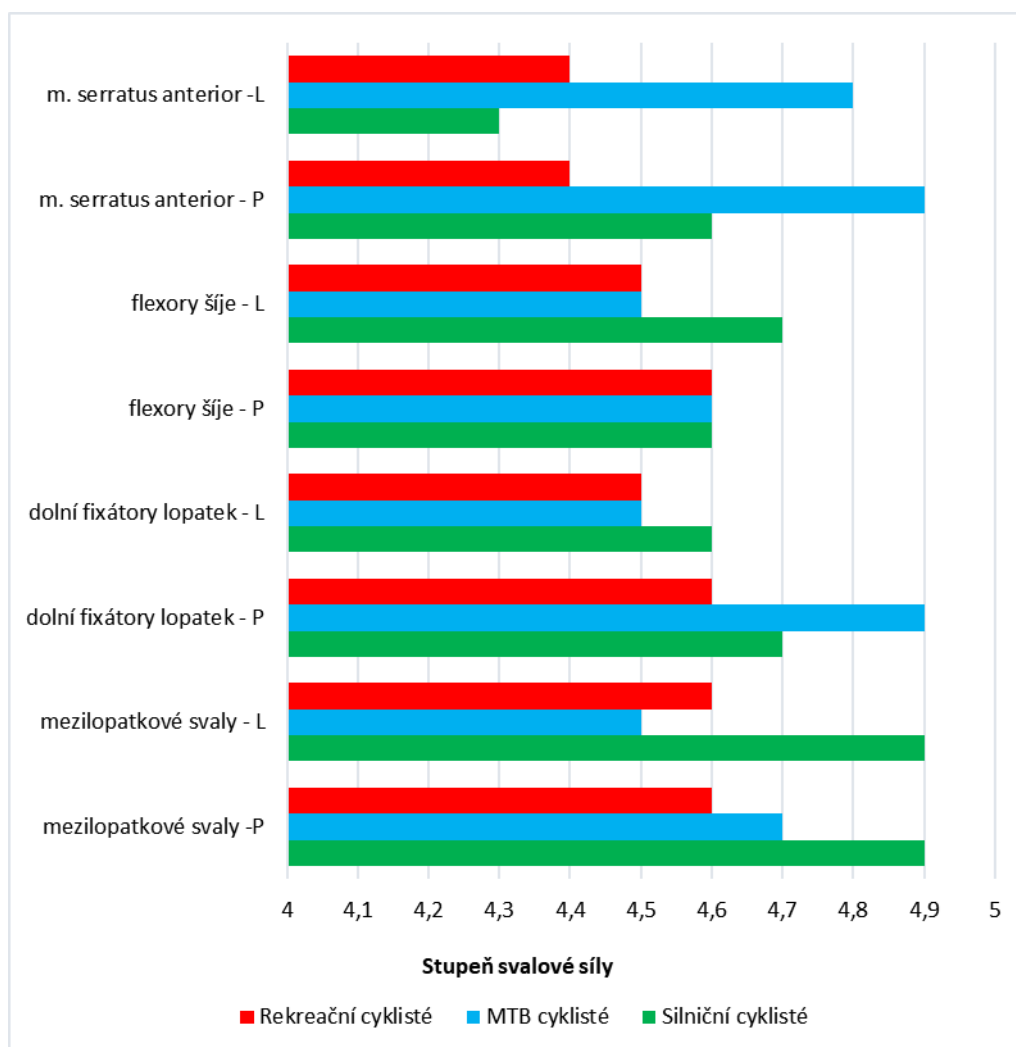
Nejvíce oslabeným svalem u rekreačních cyklistů byl *m. serratus anterior*, kdy na obou stranách byly zjištěny průměrně stejné hodnoty svalové síly. Celkem 5 probandů (č. 2, č. 4, č. 5, č. 6, č. 10) dosáhlo průměrné svalové síly hodnocených svalů stejné nebo menší hodnoty než 4,5. Tato hodnota byla stanovena jako kritérium pro zařazení do obrazu HZS v rámci hodnocení svalového oslabení.

Stejně jako u skupiny horských cyklistů byla nejvíce zkrácená dolní vlákna *m. pectoralis major* vpravo a následně vlevo. Nejmenší průměrné zkrácení bylo zjištěno u *m. levator scapulae* vlevo. Průměrné zkrácení stupně 1,5 a vyšší dosáhlo celkem 6 probandů (č. 3, č. 4, č. 5, č. 6, č. 7, č. 10).

Nejvíce omezeným pohybem ve skupině rekreačních cyklistů byla abdukce v ramenním kloubu, což koreluje také s průměrně nejvíce zkráceným *m. pectoralis major*.

Oběma stanoveným kritériím pro výskyt horního zkříženého syndromu ve skupině rekreačních cyklistů odpovídají výsledky celkem 4 probandů (č. 4, č. 5, č. 6, č. 10). Dva z těchto probandů, u kterých byla zjištěna přítomnost HZS, uvádí v anketě syndrom karpálního tunelu, který se objevoval i v ostatních skupinách výzkumného souboru. Jeden z probandů uváděl bolesti hrudní páteře a u posledního probanda s přítomností HZS nejsou přítomny žádné potíže.

## 5.4 Srovnání výsledků mezi jednotlivými skupinami



*Vysvětlivky:* P – pravá strana

L – levá strana

Obrázek 12. Srovnání průměrné svalové síly u rekreačních, MTB a silničních cyklistů.

Největší rozdíly u průměrného svalového oslabení mezi rekreačními a MTB cyklisty můžeme pozorovat u m. serratus anterior, a to jak na pravé, tak levé straně, kdy dochází k výraznějšímu oslabení tohoto svalu u rekreačních cyklistů. U rekreačních cyklistů můžeme vidět také výrazněji oslabené dolní fixátory lopatek na pravé straně. Mezi těmito skupinami nepozorujeme další výraznější rozdíly.

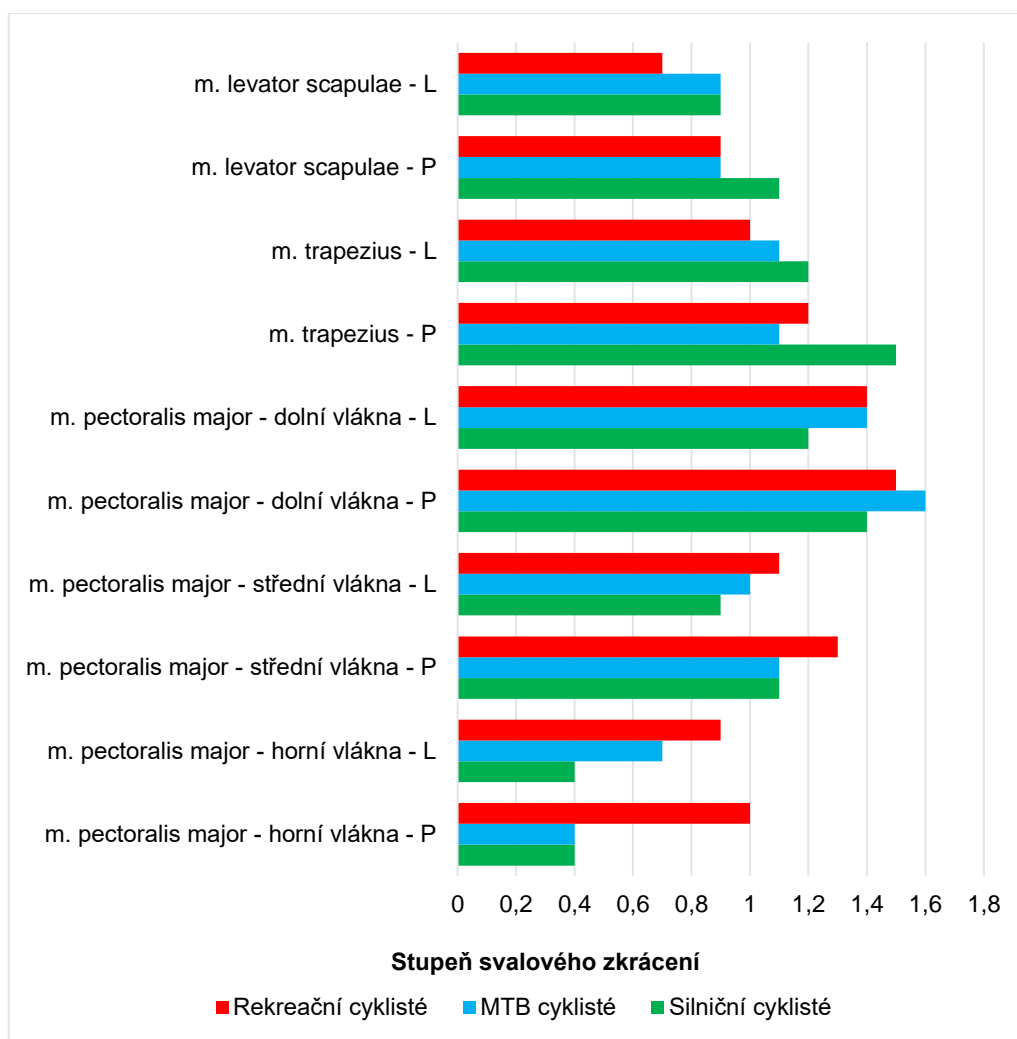
Při srovnání rekreačních a silničních cyklistů jsou největší rozdíly svalového oslabení u mezilopatkových svalů, a to jak na pravé, tak na levé straně. Vyššího stupně svalové síly dosahují silniční cyklisté. Pokud srovnáme poslední skupiny mezi sebou, tedy silniční a MTB cyklisty nejzřetelnějším rozdílem je stejně jako při porovnávání

horských a rekreačních cyklistů oslabení m. serratus anterior oboustranně a také mezilopatkové svaly na levé straně.

Mezi nejvíce oslabené svaly napříč skupinami patří m. serratus anterior, a to oboustranně. Tento sval slouží především jako stabilizátor lopatky a ramene při cyklistické poloze. Je zapojován zejména při jízdě ze sedla a pomáhá udržet stabilizaci trupu při pohybech ze strany na stranu. Pokud je tento sval oslabený, může při jízdě na kole v aerodynamické poloze docházet k napětí m. trapezius (Sovndal, 2009). Toto částečně potvrzují i výsledky této práce, kdy MTB cyklisté dosáhli průměrně největší svalové síly m. serratus anterior (Obrázek 12) a nejnižšího stupně zkrácení m. trapezius vpravo (Obrázek 13).

Vyšší aktivitu zapojení m. serratus anterior při jízdě ze sedla uvádí také Cannon a kol. (2007), který zjistil, že svalová aktivita m. serratus anterior je při jízdě na kole v sedě nízká a narůstá při jízdě ze sedla a kýváním kola ze strany na stranu, což je typické především u cílových sprintů. Tento sval má také pomocnou ventilační funkci a jeho oslabení může mít negativní vliv na ventilační kapacitu. Dostálová a Aláčová (2006) uvádí, že insuficience toho svalu způsobuje odstávání dolního úhlu lopatky a tzv. knoflíková ramena.

Nejlepších výsledků svalové síly u m. serratus anterior dosáhli MTB cyklisté. Můžeme předpokládat, že je to způsobeno častou změnou polohy jezdce a manipulací s říditky na náročných XCO tratích, jak uvádí Turpin, Costes, Moretto, a Watier, (2016), a tím také četnější zapojení m. serratus anterior. Celkově horších výsledků svalové síly dosáhli rekreační cyklisté, což můžeme přisuzovat absenci posilovacích kompenzačních cvičení.



*Vysvětlivky:* P – pravá strana  
L – levá strana

Obrázek 13. Srovnání průměrného svalového zkrácení u rekreačních, MTB a silničních cyklistů

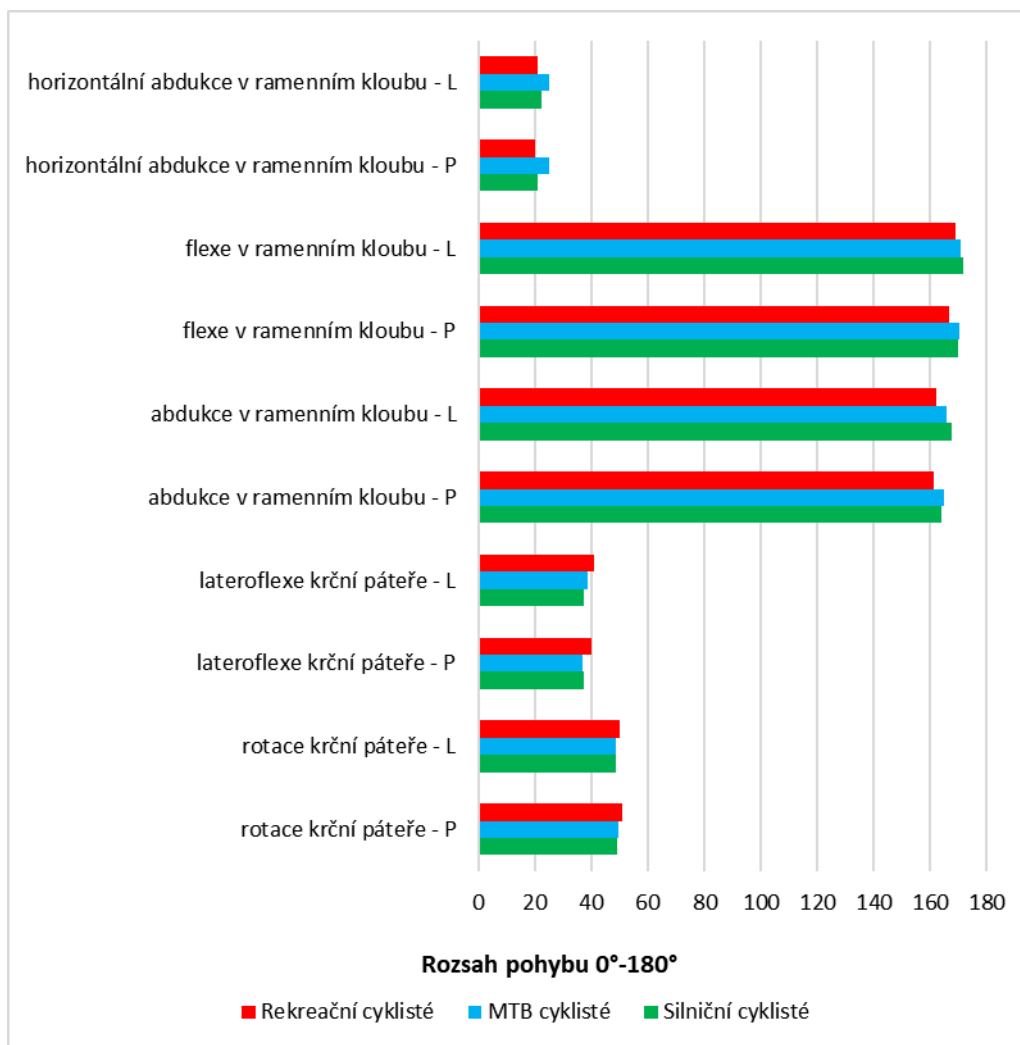
Při srovnání zkrácených svalů mezi jednotlivými skupinami nepozorujeme výraznější odchylky jako je tomu u svalového oslabení. Nejvýraznější rozdíl nalézáme u horních vláken m. pectoralis major, kde výraznějšího zkrácení dosáhli rekreační cyklisté, kteří mají celkově horší výsledky zkrácených svalů patřících do obrazu HZS. Nejvíce zkráceným svalem napříč skupinami byl m. pectoralis major, především jeho dolní vlákna, a to oboustranně. Výrazné zkrácení tohoto svalu u MTB cyklistů uvádí ve své práci Klváčová (2010), která však nediferencovala jednotlivá vlákna m. pectoralis major. Podobné výsledky uvádí i Mizerová (2008), která ve své práci nerozlišovala mezi skupinou MTB a silničních cyklistů. Nejvýraznější zkrácení m. pectoralis major zjistila ve své práci také Horálková (2009), ta uvádí výrazné zkrácení tohoto svalu u 90 %

probandů z řad horských cyklistů. V rozporu s těmito výsledky je práce Hoffmanové (2016), v níž neuvádí výskyt svalového zkrácení m. pectoralis major u silničních cyklistů. Zde je však nutné poznamenat, že ve své práci zjišťovala tyto hodnoty pouze u jednoho probanda.

Příčina zkrácení m. pectoralis major může být způsobena špatným nastavením optimální polohy jezdce. Poloha jezdce na silničním kole nastavuje páteř do flexe ve všech pohybových segmentech kromě krčně-hrudního přechodu. To způsobuje tzv. kulatá záda což předurčuje dolní část m. pectoralis major ke zkrácení (Tlapák, 2010). M. pectoralis major, zejména jeho dolní vlákna, hraje při jízdě na kole významnou roli. Významně se zapojuje při jízdě ze sedla nebo krátkých sprintech, při kterých stabilizuje kolo a zabraňuje zbytečným ztrátám energie udržováním přímé jízdy (Sovndal, 2013).

Dalším výrazněji zkráceným svalem bez rozdílu zaměření probandů byl m. trapezius. Vyšší stupeň zkrácení můžeme pozorovat u silničních cyklistů. Zkrácení tohoto svalu může způsobovat prodloužená poloha hlavy a krku cyklistů, při které často dochází i k patologické elevaci ramen (Cheung & Zabala, 2017). Pokud přihlédneme k délce závodů a počtu ujetých kilometrů, je tato poloha u silničních cyklistů udržována delší dobu, než je tomu u MTB cyklistů. Trapézové svaly také poskytují podporu krční páteři, když dochází k výrazné flexi trupu ve snaze maximalizovat aerodynamickou polohu (Sovndal, 2013). Sekera a Vojtěchovský (2009) uvádí, že u horských cyklistů dochází k zatěžování m. trapezius při pevném držení řídítek u nutných reakcí na změnu terénu. Zde je však nutné podotknout, že i MTB cyklisté využívají k tréninku silniční kola, a to hlavně v objemové fázi přípravy.

Zkrácení m. trapezius u cyklistů uvádí také Klváčová (2010). V její práci se jednalo o nejvíce zkrácenou svalovou skupinu mezi cyklisty. Hypertonus při palpaci horní části trapézového svalu u všech vyšetřovaných probandů věnujících se horské cyklistice na profesionální úrovni uvádí také Stošek (2019). U těchto probandů se kromě hypertonu vyskytovala také palpační bolestivost. Hypertonus horní části m. trapezius, může způsobovat konvexní postavení ramenního pletence, kdy ramena tvoří oblouk nahoru. Tento obraz se vyskytuje i u běžné populace, protože příčinou hypertonu nebo zkrácení může být také stres, kvůli kterému dochází k protrakci ramen (Lewit, 2013).



*Vysvětlivky:* P – pravá strana

L – levá strana

Obrázek 14. Srovnání průměrného kloubního rozsahu u rekreačních, MTB a silničních cyklistů

Výsledky goniometrického měření (Obrázek 14) ukazují rozsahy pohybů v kloubních segmentech, které překlenují svaly patřící do obrazu HZS. Při srovnání průměrných výsledků mezi jednotlivými skupinami nepozorujeme výraznější odchylky. Nejvíce omezeným pohybem u všech skupin byla abdukce v ramenním kloubu. Z fyziologického rozsahu pohybu 180° bylo zjištěno omezení o 12, 5° u silničních až 18,5° u rekreačních cyklistů. Vyšetření ostatních rozsahů pohybu prokázalo pouze zanedbatelné odchylky od normy, které se pohybují do 10° od normy, což může být zapříčiněno i neovlivnitelnými anatomickými predispozicemi.

Omezení rozsahu pohybu do abdukce může být do velké míry způsobeno zkrácením dolních vláken m. pectoralis major. To potvrzují i výsledky této práce, kdy u silničních cyklistů bylo u sledovaných svalových skupin zjištěno nejmenší zkrácení a zároveň nejmenší omezení tohoto pohybu. Proti tomu u rekreačních cyklistů bylo toto zkrácení nejvýraznější, čemuž odpovídají také výsledky goniometrického měření. Také Janda (2004) uvádí, že pokud vyloučíme statické stabilizátory, může být omezení rozsahu při abdukci ramenního kloubu způsobeno zkrácením m. pectoralis major. V práci Romové (2020), která taktéž prováděla měření zkrácených svalů dle Jandy a měření rozsahů pohybů SFTR goniometrem, nalezneme v kineziologickém rozboru zkrácený m. pectoralis major a omezenou abdukci ramenního kloubu. V této práci však nebyla rozlišována jednotlivá vlákna m. pectoralis major.

Větší svalové zkrácení a zároveň nižší svalová síla vyšetřovaných svalů se projevila u rekreačních cyklistů. U této skupiny nalezneme také nejvíce probandů s přítomností horního zkříženého syndromu. Z 10 probandů odpovídají kritériím, která byla určena, 4 probandi. Horší výsledky svalového zkrácení a oslabení můžeme přisuzovat především nízkému počtu probandů provádějících kompenzační cvičení ve srovnání s ostatními skupinami cyklistů. Také Otruba (2015) uvádí, že pokud se cyklisté nevěnují kompenzačním cvičením horní poloviny těla, může docházet ke vzniku horního zkříženého syndromu, bolestivosti zad a jiným pohybovým dysfunkcím. Větší výskyt této svalové dysbalance může být také způsoben špatným nastavením optimální polohy jezdce na kole, jak uvádí Freitag (2013). Začínající a rekreační cyklisté nastavení optimální polohy nevěnují dostatek pozornosti (Burt, 2014).

Celkově lepších výsledků v porovnání s rekreačními dosáhli silniční cyklisté. U této skupiny byl zjištěn výskyt horního zkříženého syndromu u 3 probandů. Všichni probandi z této skupiny vykonávají kompenzační cvičení, avšak důvodem svalového zkrácení a oslabení by mohlo být velké množství kilometrů, které silniční cyklisté ujedou. Negativní vliv mnoha hodin strávených v sedle silničního kola na pohybový aparát uvádí také Sovndal (2009). Nejnižší počet probandů s horním zkříženým syndromem byl zjištěn u horských cyklistů. Kritériím pro zařazení do klinického obrazu této svalové dysbalance odpovídali 3 cyklisté ze skupiny MTB cyklistů. U této skupiny byly zároveň nejlepší výsledky svalového zkrácení a svalové síly. Výsledky můžeme přisoudit většímu počtu probandů, kteří vykonávají kompenzační cvičení, než je tomu u rekreačních cyklistů. Horší cyklisté zároveň mají menší objem kilometrů než silniční cyklisté. Dalším



faktorem, který může přispívat k lepším výsledkům výskytu svalové nerovnováhy je menší flexe trupu způsobená odlišnou geometrií horských kol. Nezávisle na jednotlivých skupinách byl zjištěn horní zkřížený syndrom u 9 cyklistů z celkového počtu 30 probandů. Díky těmto výsledkům můžeme odpovědět na výzkumné otázky, jelikož se v každé skupině cyklistů vyskytl alespoň jeden proband s výskytem horního zkříženého syndromu.

Limity této práce jsou především v relativně malém počtu probandů v jednotlivých skupinách. Dále to může být nepřesnost, při používání vyšetřovacích metod dle Jandy. Tyto metody jsou založeny na subjektivním posouzení a také na zkušenostech vyšetřujícího. Bylo by vhodné pokračovat ve výzkumu použitím více metod pro zjištění horního zkříženého syndromu například aspekčním hodnocením držení těla dle Jaroše a Lomíčka. Také by bylo vhodné použít metodu goniometrie při měření úhlu posedu cyklisty na kole, pro zjištění optimálního nastavení, které je uvedeno v teoretické části.

## 6 ZÁVĚRY

U sledovaného souboru, který obsahoval 10 rekreačních cyklistů, 10 silničních a 10 horských cyklistů, byly zjišťovány a porovnávány výsledky přítomnosti svalové dysbalance v oblasti krční páteře a hrudníku, kterou označujeme jako horní zkřížený syndrom. Výskyt svalové dysbalance, byl zjišťován vyšetřením oslabených a zkrácených svalů, které výskyt horního zkříženého syndromu způsobují.

V klinickém obraze horního zkříženého syndromu se nacházejí skupiny oslabených a zkrácených svalů, které jsou navzájem antagonisty. Pro vyšetření těchto oslabených a zkrácených svalů byl použit svalový test dle Jandy. Tyto svalové testy jsou přesnější než testy aspekční. Vyšetření svalového zkrácení bylo doplněno o metodu goniometrie, kterou byl zjišťován rozsah pohybu kloubních segmentů.

V této práci bylo zjištěno, že nejvíce oslabenou svalovou skupinou, která se vyskytuje v obraze horního zkříženého syndromu, napříč skupinami je m. serratus anterior. Lepších výsledků však dosáhli MTB cyklisté, což může být důsledkem častějšího zapojování tohoto svalu při manipulaci s řídítky. Nejvíce zkráceným svalem vyskytujícím se v obraze HZS je m. pectoralis major zejména jeho dolní vlákna, a to nezávisle na jeho lateralitě. Výraznější zkrácení vykazoval také m. trapezius. Při vyšetření svalového zkrácení nebyly pozorovány výraznější rozdíly mezi jednotlivými skupinami cyklistů. Výsledky vyšetření svalového zkrácení korespondují s rozsahy pohybu, které byly zjišťovány goniometrií. Největší odchylka od normy byla naměřena při abdukci ramenního kloubu, což může souviset se zkrácením m. pectoralis major. U goniometrického měření stejně jako u svalového zkrácení nebyly zaznamenány výraznější rozdíly mezi jednotlivými skupinami cyklistů. Celkově nejlepších výsledků svalového zkrácení a svalové síly dosáhli horští cyklisté, naopak nejhorších výsledků dosáhli rekreační cyklisté.

Výskyt horního zkříženého syndromu byl určován z měření oslabených a zkrácených svalů. Kritéria pro zařazení probandů do obrazu horního zkříženého syndromu byla zvolena následovně. Cyklisté museli dosáhnout průměrného stupně svalového zkrácení více než 1 a zároveň průměrné svalové síly nižší než 4,5. Horní zkřížený syndrom byl zjištěn u 9 probandů z celkového počtu 30 vyšetřovaných cyklistů. Ve skupině rekreačních cyklistů byla tato svalová dysbalance přítomna u 4 probandů, ve skupině silničních u 3 probandů a nejnižší počet probandů s HZS byl zjištěn

u horských cyklistů, a to pouze u 2 probandů. Z těchto výsledků můžeme usuzovat, že cyklistická disciplína nemá na výskyt HZS vliv. Mezi faktory, které však mohou přispívat k výskytu HZS patří nedostatečná kompenzace a špatně nastavená optimální poloha jezdce na kole. Pro zvýšení svalové síly a snížení svalového zkrácení je tedy nutné zařadit do tréninkového plánu kompenzační cvičení, zaměřená na oblast trupu a krční páteře. Pro zlepšení výkonu, ale také snížení rizika výskytu problémů pohybového aparátu je vhodné využít profesionální nastavení polohy pro jízdu na kole.

## 7 SOUHRN

Hlavním cílem této diplomové práce byla komparace výskytu svalové dysbalance horního zkříženého syndromu mezi silničními, horskými a rekreačními cyklisty. Toto porovnání bylo provedeno vyšetřením zkrácených a oslabených svalů, které patří do obrazu horního zkříženého syndromu. Výhodiskem pro tuto práci byla odlišná poloha při jízdě na kole u jednotlivých disciplín, rozdílný počet ujetých kilometrů a vykonávání kompenzačních cvičení.

Teoretická část práce se zabývá stručnou historií, a to jak silniční, tak horské cyklistiky, jednotlivými typy závodů uvedených cyklistických disciplín a jejich charakteristikou. Významnou kapitolou pro téma této práce je kineziologie jízdy na kole, kde je zpracováno optimální nastavení polohy jezdce jak na silničním, tak na horském kole a odlišnosti mezi jednotlivými polohami. V práci jsou také uvedeny rozdílné fyziologické charakteristiky horských a silničních cyklistů. Dále jsou zmíněny nejzatěžovanější svaly v cyklistice a odlišnosti mezi jednotlivými disciplínami, které by mohly souviset s výskytem horního zkříženého syndromu. Popsány jsou také svalové dysbalance, do kterých můžeme zařadit horní zkřížený syndrom. Hlavní část této práce je věnována výsledkům vyšetření oslabených a zkrácených svalových skupin a s tím spojenému výskytu horního zkříženého syndromu. Pro měření byla vybrána skupina 10 silničních cyklistů, 10 horských cyklistů a 10 rekreačních cyklistů. Pro vyšetření svalového oslabení a zkrácení byly použity metody dle Jandy. Vyšetření bylo doplněno o měření rozsahu pohybů metodou goniometrie.

V této práci bylo zjištěno, že nejvíce oslabeným svalem u cyklistů nezávisle na disciplíně je m. serratus anterior. Nejvíce zkráceným svalem u vyšetřovaných svalů byl m. pectoralis major, především jeho dolní vlákna a m. trapezius. Výsledky svalového zkrácení odpovídají goniometrickému měření, kdy nejvíce omezeným pohybem byla abdukce ramenního kloubu. Výskyt horního zkříženého syndromu byl prokázán u 9 probandů z toho u 4 probandů patřících do skupiny rekreačních cyklistů, u 3 silničních cyklistů a 2 MTB cyklistů. Jednotliví probandi byli s výsledky měření seznámeni a byly jim doporučeny metody, jak zlepšit svalové oslabení a svalové zkrácení u konkrétních svalových skupin.

## **8 SUMMARY**

The main aim of this diploma thesis is the comparison of incidence of the upper cross syndrome muscle imbalance among road, mountain, and free-time cyclists. This comparison was carried out by screening the muscle contraction in weakened muscles that belong to the upper cross syndrome example.

The theoretical part describes a brief history of both road and mountain cycling, individual race types and their characteristics. The main part of this chapter is the kinesiology of riding a bike. There is described the ideal rider's position on both road and mountain bike and the differences between them. There are also mentioned different characteristics in physiology of both road and mountain riders. The most used muscles in cycling are also mentioned in this part of the thesis with the emphasis on differences between the two disciplines that could lead to the upper cross syndrome. There are also described all the muscle imbalances where the upper cross syndrome belongs. The main part of this thesis is devoted to the screening results of weakened and shortened muscle groups that are linked to the occurrence of the upper cross syndrome. A group of 10 road, 10 mountain and 10 free-time cyclists was chosen for this research. Mr. Janda methods were used to examine muscle weakening and shortening. The screening was complemented by the goniometric measurement of the range of motion.

It was found out that the most weakened muscle of the cyclists independently on the discipline was *m. serratus anterior*. The most shortened muscle was *m. pectorialis major* especially its lower fibres and *m. trapezius*. The results of muscle shortening are equal to the goniometric measurement where the shoulder joint abduction was the most limited movement. The upper cross syndrome was proved by 9 tested cyclists where 4 belong to the free-time cycling group, 3 to the road and 2 to the MTB cycling groups. All the cyclists were informed about the results, and they were recommended various methods how to improve their muscle imbalance.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Ansari, M., Nourian, R., & Khodaei, M. (2017). *Mountain Biking Injuries*. *Current Sports Medicine Reports*, 16(6), 404–412. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1249/jsr.00000000000000429>
- Arshadi, R., Ghasemi, G., & Samadi, H. (2019). Effects of an 8-Week Selective Corrective Exercises Program on Electromyography Activity of Scapular and Neck Muscles in Persons with Upper Crossed Syndrome: Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy in Sport*, 37, 113–119. Retrieved from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.03.008>
- Bakalář, R., Cihlár, J., & Černý, J. (1984). *Zlatá kniha cyklistiky*. Praha: Olympia.
- Ballantine, R., Grant, R. (1998). *Ultimate bicycle book*. London: Dorling Kindersley.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2011). *Dráhová cyklistika*. Retrieved from the World Wide Web: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/cyklistikadrahova.html>
- Bertucci, W. M., Rogier, S., & Reiser, R. F. (2013). Evaluation of Aerodynamic and Rolling Resistances in Mountain-Bike Field Conditions. *Journal of Sports Sciences*, 31(14), 1606–1613. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2013.792945>
- Bini, R. R., & Diefenthaler, F. (2009). Mechanical Work and Coordinative Pattern of Cycling: a Literature Review. *Kinesiology*, 41(1), 25–39. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/27221493\\_Mechanical\\_work\\_and\\_coordinative\\_pattern\\_of\\_cycling\\_a\\_literature\\_review](https://www.researchgate.net/publication/27221493_Mechanical_work_and_coordinative_pattern_of_cycling_a_literature_review).
- Bini, R., Hume, P. A., & Croft, J. L. (2011). Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance. *Sports Medicine*, 41(6), 463–476. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/51167758\\_Effects\\_of\\_Bicycle\\_Saddle\\_Height\\_on\\_Knee\\_Injury\\_Risk\\_and\\_Cycling\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/51167758_Effects_of_Bicycle_Saddle_Height_on_Knee_Injury_Risk_and_Cycling_Performance)
- Blocken, B., Toparlar, Y., van Druenen, T., & Andrianne, T. (2018). Aerodynamic Drag in Cycling Team Time Trials. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 182, 128–145. Retrieved from the World Wide Web: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/reader/pii/S0167610518306755/pdf>

- Brand, A., Sepp, T., Klöpfer-Krämer, I., Müßig, J. A., Kröger, I., Wackerle, H., & Augat, P. (2019). Upper Body Posture and Muscle Activation in Recreational Cyclists: Immediate Effects of Variable Cycling Setups. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(2), 1–11. Retrieved from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1080/02701367.2019.1665620>
- Bursová, M. (2005). *Kompenzační cvičení*. Praha: Grada Publishing.
- Burt, P., & Evans, M. (2018). *Strength and Conditioning for Cyclists*. London: Bloomsbury Publishing.
- Caddy, O., Timmis, M. A., & Gordon, D. (2016). Effects of Saddle Angle on Heavy Intensity Time Trial Cycling: Implications of the UCI Rule 1.3. 014. *Journal of Science and Cycling*, 5(1), 18–25. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/295905219\\_Effects\\_of\\_saddle\\_angle\\_on\\_heavy\\_intensity\\_time\\_trial\\_cycling\\_Implications\\_of\\_the\\_UCI\\_rule\\_13014\\_in\\_review](https://www.researchgate.net/publication/295905219_Effects_of_saddle_angle_on_heavy_intensity_time_trial_cycling_Implications_of_the_UCI_rule_13014_in_review)
- Cannon, D. T., Grout, S. L., May, C. A., Strom, S. D., Wyckoff, K. G., Cipriani, D. J., & Buono, M. J. (2007). Recruitment of the Serratus Anterior as an Accessory Muscle of Ventilation during Graded Exercise. *The Journal of Physiological Sciences*, 57(2), 127–131. Retrieved from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.2170/physiolsci.rp001807>
- Clarsen, B., Krosshaug, T., & Bahr, R. (2010). Overuse Injuries in Professional Road Cyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(12), 2494–2501. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/46288399\\_Overuse\\_Injuries\\_in\\_Professional\\_Road\\_Cyclists](https://www.researchgate.net/publication/46288399_Overuse_Injuries_in_Professional_Road_Cyclists)
- Clayton, N. (2016). *A short history of the Bicycle*. Stroud: Amberley.
- Český svaz cyklistiky (2020). MTB o disciplíně. Retrieved 3. 1. 2022 from the World Wide Web: <https://www.czechcyclingfederation.com/mtb-o-discipline/>
- Český svaz cyklistiky (2020). Silniční cyklistika. Retrieved 6. 1. 2022 from the World Wide Web: <https://www.czechcyclingfederation.com/silnicni-cyklistika/>
- Číhák, R. (2011). *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing.
- Chapman, A. R., Vicenzino, B., Blanch, P., & Hodges, P. W. (2008). Patterns of Leg Muscle Recruitment Vary Between Novice and Highly Trained Cyclists. *Journal of*

- Electromyography and Kinesiology*, 18(3), 359–371. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jelekin.2005.12.007>
- Chauney, D. (2016). *The Bicycle Book: The Definitive Visual History*. London: Dorling Kindersley.
- Cheung, S., & Zabala, M. (2017). *Cycling Science*. Champaign: Human Kinetics.
- Chowdhury, H., & Alam, F. (2014). An Experimental Study on Aerodynamic Performance of Time Trial Bicycle Helmets. *Sports Engineering*, 17(3), 165–170. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1007/s12283-014-0151-5>
- Dauncey, H., & Hare G. (2003). *The Tour de France, 1903-2003*. Oxfordshire: Routledge.
- Disley, B. X., & Li, F.-X. (2014). Metabolic and Kinematic Effects of Self-Selected Q Factor During Bike Fit. *Research in Sports Medicine*, 22(1), 12–22. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/15438627.2013.852093>
- Dostálová, I. & Aláčová, P., G. (2006). *Vyšetřování svalového aparátu*. Olomouc: Hanex.
- Dostálová, I., & Sigmund, M. (2017). *Pohybový systém*. Olomouc: Poznání.
- Dvořák, R. (2003). *Základy kinezioterapie* (2nd ed.). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Ferrer-Roca, V., Rivero-Palomo, V., Ogueta-Alday, A., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2016). Acute Effects of Small Changes in Crank Length on Gross Efficiency and Pedalling Technique During Submaximal Cycling. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1328–1335. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/353734176\\_The\\_Effect\\_of\\_Crank\\_Arm\\_Length\\_on\\_Cycling\\_Economy\\_and\\_Performance\\_in\\_Triathlon](https://www.researchgate.net/publication/353734176_The_Effect_of_Crank_Arm_Length_on_Cycling_Economy_and_Performance_in_Triathlon)
- Fintelman, D. M., Sterling, M., Hemida, H., & Li, F.-X. (2015). The Effect of Time Trial Cycling Position on Physiological and Aerodynamic Variables. *Journal of Sports Sciences*, 33(16), 1730–1737. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2015.1009936>
- Freitag, J. (2013). Gentle Hands. *Bicycling Australia*, 180, 82–83. Retrieved from the World Wide Web: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=>



ip,shib&db=s3h&AN=88854738&lang=cs&site=eds-  
live&authtype=shib&custid=s7108593

- García-López, J., Díez-Leal, S., Ogueta-Alday, A., Larrazabal, J., & Rodríguez-Marroyo, J. A. (2015). Differences in Pedalling Technique Between Road Cyclists of Different Competitive Levels. *Journal of Sports Sciences*, *34*(17), 1619–1626. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2015.1127987>
- Granier, C., Abbiss, C. R., Aubry, A., Vauchez, Y., Dorel, S., Hauswirth, C., & Le Meur, Y. (2018). Power Output and Pacing During International Cross-Country Mountain Bike Cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(9) 1–22. Retrieved from the World Wide Web: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/13/9/article-p1243.xml>
- Hadland, T., & Lessing, H. E. (2014). *Bicycle Design: An Illustrated History*. Cambridge: The MIT Press.
- Hays, A., Devys, S., Bertin, D., Marquet, L., & Brisswalter, J. (2018). Understanding the Physiological Requirements of the Mountain Bike Cross-Country Olympic Race Format. *Frontiers in Physiology*, *9*. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/326925676\\_Understanding\\_the\\_Physiological\\_Requirements\\_of\\_the\\_Mountain\\_Bike\\_Cross-Country\\_Olympic\\_Race\\_Format](https://www.researchgate.net/publication/326925676_Understanding_the_Physiological_Requirements_of_the_Mountain_Bike_Cross-Country_Olympic_Race_Format)
- Herlihy, D. V. (2004). *Bicycle The History*. London: Yale University Press.
- Hills, L. (2004). *The Bicycle*. Minnesota: Capstone press.
- Hoffmanová, D. (2016). *Diagnostika a korekce svalových dysbalancí u silničního cyklisty*. Diplomová práce (bakalářská), České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Praha.
- Horálková, H. (2009). *Stav svalového aparátu při dlouhodobém jednostranném zatížení u MTB závodníků*. Diplomová práce (bakalářská), Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Hug, F., & Dorel, S. (2009). Electromyographic analysis of pedaling: A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(2), 182–198. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jelekin.2007.10.010>

- Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2007). The Physiology of Mountain Biking. *Sports Medicine*, 37(1), 59–71. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/6609138\\_The\\_Physiology\\_of\\_Mountain\\_Biking](https://www.researchgate.net/publication/6609138_The_Physiology_of_Mountain_Biking)
- Janda, V. (2004). *Svalové funkční testy*. Praha: Grada Publishing.
- Janda, V., & Pavlů, D. (1994). *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických škol.
- Kirthika, S. V., Sudhakar, S., Padmanabhan, K., & Ramanathan, K. (2018). Impact of Upper Crossed Syndrome on Pulmonary Function Among the Recreational Male Players: A Preliminary Report. *Saudi J Sports Med*, 18(2), 71–4. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/323417405\\_Impact\\_of\\_upper\\_crossed\\_syndrome\\_on\\_pulmonary\\_function\\_among\\_the\\_recreational\\_male\\_players\\_A\\_preliminary\\_report](https://www.researchgate.net/publication/323417405_Impact_of_upper_crossed_syndrome_on_pulmonary_function_among_the_recreational_male_players_A_preliminary_report)
- Klíváčová, K. (2010). *Diagnostika svalových dysbalancí u vrcholových a výkonnostních MTB cyklistů*. Diplomová práce (bakalářská), Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Kolář, P. (2012). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Kračmar, B., Bačáková, R., & Hojka, V. (2010). Vliv cyklistického kroku na pohybovou soustavu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 17(3), 107-112.
- Kračmar, B., Chrástkova M., & Bačáková R. (2016) *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Karolinum.
- Landa, P. (2005). *Cyklistika*. Praha: Grada Publishing.
- Lewit, K. (2003). *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně* (5th ed.). Praha: Sdělovací technika.
- Lopes, B. (2017). *Mastering Mountain Bike Skills*. Champaign: Human Kinetics.
- Lúcia, A., Hoyos J., & Chicharro, L. J. (2001). Physiology of Professional Road Cycling. *Sports Medicine*, 30(5), 325–337. Retrieved from the World Wide Web: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>
- Makeš, P., & Král, L. (2002). *Velká kniha cyklistiky*. Praha: Computer Press.

- Megen, R. V., Vroemen, G., & van Dijk, H. (2017). *The Secret of Cycling: Maximum Performance Gains Through Effective Power Metering and Training Analysis*. Maidenhead: Meyer & Meyer Sport.
- Menaspà, P., Quod, M., Martin, D., Peiffer, J., & Abbiss, C. (2015). Physical Demands of Sprinting in Professional Road Cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 36(13), 1058–1062. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1055/s-0035-1554697>
- Minetti, A. E. (2011). Bioenergetics and Biomechanics of Cycling: The Role of Internal Work. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 323–329. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/42768898\\_Bioenergetics\\_and\\_biomechanics\\_of\\_cycling\\_The\\_role\\_of\\_'internal\\_work'](https://www.researchgate.net/publication/42768898_Bioenergetics_and_biomechanics_of_cycling_The_role_of_'internal_work')
- Mizerová, O. (2008). *Hodnocení a korekce svalové dysbalance u cyklistů*. Diplomová práce (bakalářská), Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Moore, M. K. (2004). Upper Crossed Syndrome and Its Relationship to Cervicogenic Headache. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 27(6), 414–420. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jmpt.2004.05.007>
- Moss, S. L., Francis, B., Calogiuri, G., & Highton, J. (2018). Pacing During a Cross-Country Mountain Bike Mass-Participation Event According to Race Performance, Experience, Age and Sex. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 1–9. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/17461391.2018.1552722>
- Muscolino, J. (2015). Upper Crossed Syndrome. *Journal of Australian Traditional-Medicine Society*, 21(2), 80–85. Retrieved from the World Wide Web: [http://www.atms.com.au/wpcontent/uploads/2015/06/jatms\\_winter2015\\_final.pdf?fbclid=IwAR0hjpfKxEnlzzCgpodfCHBS6MU6AJSboYxpGPY6BMRaD9TGEeDzsgCLGwU](http://www.atms.com.au/wpcontent/uploads/2015/06/jatms_winter2015_final.pdf?fbclid=IwAR0hjpfKxEnlzzCgpodfCHBS6MU6AJSboYxpGPY6BMRaD9TGEeDzsgCLGwU)
- Muyor, J. M. (2015). The Influence of Handlebar-Hands Position on Spinal Posture in Professional Cyclists. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(1), 167–172. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.3233/bmr-140506>
- Naňka, O., & Elišková, M. (2015). *Přehled anatomie*. Praha: Galén.

- Novak, A. R., Bennett, K. J. M., Fransen, J., & Dascombe, B. J. (2017). Predictors of Performance in a 4-h Mountain-Bike Race. *Journal of Sports Sciences*, 36(4), 1–7. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2017.1313999>
- Oggiano, L., Spurkland, L., Sætran, L., & Bardal, L. M. (2015). Aerodynamical Resistance in Cycling. *International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*. Retrieved from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/301453008\\_Aerodynamical\\_Resistance\\_in\\_Cycling\\_-\\_CFD\\_Simulations\\_and\\_Comparison\\_with\\_Experiments](https://www.researchgate.net/publication/301453008_Aerodynamical_Resistance_in_Cycling_-_CFD_Simulations_and_Comparison_with_Experiments)
- Ondráček, J., & Hřebíčková, S. (2007). *Cykloturistika*. Blansko: Masarykova univerzita.
- Otruba, P. (2015). Problematika bolesti zad u cyklistů. *Neurologie pro praxi*, 16(4), 185–187. Retrieved from the World Wide Web: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/04/03.pdf>
- Page, P., Frank, C. & Lardner, R. (2010). *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*. Human Kinetics, Champaign.
- Peinado, A. B., Benito, P. J., Díaz, V., González, C., Zapico, A. G., Álvarez, M., Maffulli, N., & Calderón, F. J. (2011). Discriminant Analysis of the Speciality of Elite Cyclists. *Journal Of Human Sport And Exercise*, 6(3), 480–489. Retrieved from the World Wide Web: <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.63.01>
- Peveler, W. (2008). *Complete Book of Road Cycling & Racing*. New York: McGraw-Hill.
- Peveler, W., Pounders, J. D., & Bishop, P. A. (2007). Effects of Saddle Height on Anaerobic Power Production in Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1023–1027. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1519/00124278-200711000-00007>
- Quesada, J. I., Kerr, Z. Y., Bertucci, W. M., & Carpes, F. P. (2018). The Categorization of Amateur Cyclists as Research Participants: Findings from an Observational Study. *Journal of Sports Sciences*, 36(17), 2018–2024. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2018.1432239>

- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc, Česká republika: HANEX.
- Romová, K. (2020). *Vliv omezené rotace ramenního kloubu na pohybový aparát u overhead sportů*. Diplomová práce (bakalářská), České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Praha.
- Sanders, D., & Heijboer, M. (2018). Physical Demands and Power Profile of Different Stage Types Within a Cycling Grand Tour. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 1–9. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/17461391.2018.1554706>
- Savre, F., Saint-Martin, J., & Terret, T. (2010). From Marin County's Seventies Clunker to the Durango World Championship 1990: A History of Mountain Biking in the USA. *The International Journal of the History of Sport*, 27(11), 1942–1967. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/09523367.2010.491624>
- Sekera, J., & Vojtěchovský, O. (2009). *Cyklistika, průvodce tréninkem*. Praha: Grada Publishing.
- Schmidt, A. (2014). *Mountain Bike Training For All Levels of Performance*. Maidenhead: Meyer & Meyer Sport.
- Sidwells, Ch. (2004). *Velká kniha o cyklistice*. Bratislava: Slovart.
- Soulek, I., & Martinek, K. (2000). *Cyklistika*. Praha: Grada Publishing.
- Sovndal, S. (2009). *Cyklistika anatomie*. Brno: CPress.
- Steiner, T., Müller, B., Maier, T., & Wehrin, J. P. (2015). Performance Differences When Using 26- and 29-inch-wheel Bikes in Swiss National Team Cross-Country Mountain Bikers. *Journal of Sports Sciences*, 34(15), 1438–1444. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2015.1119294>
- Stošek, M. (2019). *Možnosti fyzioterapie u profesionálních závodníků na horských kolech*. Diplomová práce (bakalářská), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, České Budějovice.

- Streisfeld, G. M., Bartoszek, C., Creran, E., Inge, B., McShane, M. D., & Johnston, T. (2016). Relationship Between Body Positioning, Muscle Activity, and Spinal Kinematics in Cyclists With and Without Low Back Pain. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 9(1), 75–79. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1177/1941738116676260>
- Tlapák, P. (2010). *Tvarování těla pro muže a ženy* (8th ed.). Praha: ARSCI.
- Turpin, N. A., Costes, A., Moretto, P., & Watier, B. (2016). Upper Limb and Trunk Muscle Activity Patterns During Seated and Standing Cycling. *Journal of Sports Sciences*, 35(6), 1–8. Retrieved from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1080/02640414.2016.1179777>
- Union Cycliste Internationale (2021). *About Road cycling*. Retrieved 3. 3. 2022 from the World Wide Web: <https://www.uci.org/discipline/road/6TBjsDD8902tud440iv1Cu?tab=discover>
- Union Cycliste Internationale (2021). *About Mountain bike*. Retrieved 3. 3. 2022 from the World Wide Web: <https://www.uci.org/discipline/mountain-bike/4LArSj7CKcytMrGEDtKwkb>
- Union Cycliste Internationale (2021). *Regulations*. Retrieved 3. 3. 2022 from the World Wide Web: <https://www.uci.org/regulations/3MyLDDrwJCJJ0BGGOFzOat>
- Van Erp, T., Hoozemans, M., Foster, C., & De Koning, J. J. (2020). Case Report: Load, Intensity, and Performance Characteristics in Multiple Grand Tours. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(4), 868–875. Retrieved from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002210>
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing.

## 10 PŘÍLOHY

### Příloha 1. Anketa pro vyšetření horního zkříženého syndromu

Věk: ..... Výška: ..... Silniční / MTB / Rekreační cyklista  
Roční objem kilometrů .....  
Protažení před tréninkovou jednotkou, závodem ANO / NE  
Protažení po tréninkové jednotce, závodem ANO / NE  
Kompenzační cvičení ANO / NE  
Úraz: .....  
Bolestivost pohybové aparátu: .....

---

#### Měření svalového oslabení

	Pravá strana	Levá strana
mezilopatkové svaly	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
dolní fixátory lopatek	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
flexory šije	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
m. serratus anterior	0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5

#### Měření svalového zkrácení

	Pravá strana	Levá strana
m. pectoralis major – horní část	0 1 2	0 1 2
m. pectoralis major – střední část	0 1 2	0 1 2
m. pectoralis major – dolní část	0 1 2	0 1 2
m. trapezius	0 1 2	0 1 2
m. levator scapulae	0 1 2	0 1 2

#### Goniometrické měření

	Pravá strana	Levá strana
rotace krční páteře	°	°
lateroflexe krční páteře	°	°
abdukce v ramenním kloubu	°	°
flexe v ramenním kloubu	°	°
horizontální abdukce v ramenním kloubu	°	°