

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra fyzioterapie

**Komparace změny penilního prokrvení u výkonnostních
silničních cyklistů získaných během jízdy na 3D tištěném
customizovaném a běžném sedle**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Autor:

Bc. Václav Šňupárek

Praha, 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Srovnání penilního prokrvení při jízdě na kole: srovnání běžného a 3D individualizovaného tištěného sedla“ zpracoval samostatně pod odborným vedením PhDr. Heleny Vomáčkové, Ph.D, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a dodržel zásady etické vědy. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Tato práce ani její podstatná část nebyla vytvořena pomocí AI.

V Praze dne

Bc. Václav Šňupárek

Poděkování

Chtěl bych poděkovat zejména PhDr. Heleně Vomáčkové, Ph.D. za odborné připomínky a vedení této práce a dále všem, bez jejichž vstřícnosti by tato práce nemohla vzniknout v takovém rozsahu:

RNDr. Veronice Kubaczkové a společnosti Radiometer, s.r.o. za zapůjčení přístroje TCM5 Flex

MUDr. Lence Thieme, Ph.D. a Institutu klinické a experimentální medicíny (IKEM) za zapůjčení biothesiometru.

Bc. Janu Šťastnému, DiS. a BikeNotoric za zapůjčení trenažeru Wahoo Kickr Bike

Firmě Ski a Bike Centru Radotín, s.r.o. za zapůjčení systému Retül Fit

Firmě Velometrik GmbH za zapůjčení přístroje SmartCover BT a konzultace.

Firmě Posedla, s.r.o. za pomoc při oslovování probandů

RNDr. Mgr. Janu Vávrovi, Ph.D. za vyhodnocení dat pomocí lineárního modelu s náhodným efektem

Ing. Vojtěchu Illnerovi za konzultace ohledně statistiky

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy a PhDr. Tereze Novákové, Ph.D. za zprostředkování laboratorních prostorů pro provedení výzkumu a probandům, kteří našli odvahu se takového experimentálního výzkumu zúčastnit.

Abstrakt

Komparace změny penilního prokrvení u výkonnostních silničních cyklistů získaných během jízdy na 3D tištěném customizovaném a běžném sedle

Autor: Bc. Václav Šňupárek

Vedoucí práce: PhDr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Cíl: Aktualizovat poznatky o penilním prokrvení pomocí používané metody transkutánního měření parciálního tlaku O_2 ($tcpO_2$) a CO_2 ($tcpCO_2$) u výkonnostních cyklistů na současném stylu cyklistických sedel

Subjekty a metody: $tcpO_2$ a $tcpCO_2$ byly měřeny neinvazivním způsobem na glans penis u skupiny zdravých vysoce trénovaných cyklistů mužského pohlaví ($n = 30$) s průměrným ročním nájezdem 14240 km na třech různých silničních cyklistických sedlech - Posedla Joyseat, Specialized Power a Fizik Tundra M5. Již dříve bylo prokázáno, že $tcpO_2$ vysoce koreluje s arteriálním pO_2 . Každému účastníkovi bylo při jízdě na trenažeru simulující jízdu na závodním silničním kole nepřetržitě po dobu deseti minut měřeno $tcpO_2$, $tcpCO_2$ na glans penis na každém sedle v náhodném pořadí. Současně byl měřen tlak na povrchu sedla pomocí přístroje Velometrik Smart Cover BT, byly zaznamenány údaje o pozici jezdce na kole pomocí přístroje Retül Fit, výkon, srdeční frekvence a kadence z přístroje Wahoo KICKR Bike a byly shromažďovány údaje z biothesiometru Bio Medical Instruments při vyšetření vibrotaktilní sensitivity glans penis. Analýza dat byla provedena na hladině statistické významnosti $p < 0,05$. Statistické metody, které byly použity pro ověření tří hypotéz, byly párový t-test, jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA a lineární model smíšených efektů.

Výsledky: Během jízdy na kole došlo k významnému poklesu $tcpO_2$ a zvýšení $tcpCO_2$, což potvrzuje penilní ischemii během jízdy na kole. Průměr (SD) pro počáteční $tcpO_2$ na všech sedlech byl 55,5 (15,7) *mmHg*, pro konečné byl $tcpO_2$ 10,5 (14,8) *mmHg*. Průměrná hodnota počátečního $tcpCO_2$ byla 56,2 (18,1) *mmHg*, pro konečné $tcpCO_2$ byla 91,6 (43,9) *mmHg*. Statisticky významný rozdíl byl mezi sedly Specialized (12,58; 15,64) a Fizik (7,39; 12,65) $t_{pO_2_{12s_konec}}(29) = 2,25; p < 0,05$ při analýze průměrů posledních 12 s měření v *mmHg*. Statisticky významný rozdíl v konečných hodnotách $tcpCO_2$ nebyl pozorován. Bylo odhaleno několik málo statisticky významných

rozdílů mezi rozložením tlaku na povrchu sedla skrze analýzu poměrných hodnot rozložení tlaku do přední a zadní části sedla a analýzou hodnot tlaku v oblasti perinea pomocí lineárního modelu s náhodným efektem. Při rovnoběžných přímkách závislosti $pO_2_change_point \sim PERI_1 * fsadlo$ byl nalezen statisticky významný rozdíl pouze mezi sedly Joyseat (256,17; 57,00) a Fizik (304,12; 18,53), $p = 0,01$. Analýza $pCO_2_usek2 \sim PERI_1 * fsadlo$ mezi sedly Joyseat ($502,32 \times 10^{-2}$; 0,33) a Specialized ($502,37 \times 10^{-2}$; 0,35) byla provedena se statisticky významným rozdílem $p < 0,01$. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl v rozložení tlaku na povrchu sedla, $p < 0,001$, rovněž statisticky významné rozdíly ve velikosti tlaku v oblasti perinea, $p < 0,001$. Přesto tyto rozdíly nevedly k významně rozdílné úrovni penilního prokrvení u výkonnostních cyklistů jedoucích na střední intenzitě zátěže v závodní pozici s malým úhlem (42°) flexe trupu na sedlech pro silniční cyklistiku.

Klíčová slova: bike fit, biothesiometrie, cyklistika, erektilní dysfunkce, hypestezie, tlak na povrch sedla, transkutánní tlak kyslíku, transkutánní tlak oxidu uhličitého

Abstract

Comparison of penile blood flow changes in performance road cyclists obtained during a ride on a customized 3D printed and conventional saddle

Author: Bc. Václav Šňupárek

Supervisor: PhDr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Aim: To update findings on penile blood flow in performance cyclists by measuring transcutaneous partial pressure of O₂ (tcpO₂) and CO₂ (tcpCO₂) on current style of racing bicycle saddles

Subjects and methods: tcpO₂ and tcpCO₂ were measured non-invasively on the glans penis in healthy highly trained male cyclists ($n = 30$) with an average annual mileage of 14240 km on three different road cycling saddles - Posedla Joyseat, Specialized Power and Fizik Tundra M5. It has previously been shown that tcpO₂ is highly correlated with arterial pO₂. TcpO₂ and tcpCO₂ were measured continuously in each participant for ten minutes on each saddle with a random order of saddles while riding stationary bike trainer in a race fit position. Simultaneously, various data like saddle surface pressure via Velometrik Smart Cover BT, rider position via Retül Fit, power output, heart rate and cadence via Wahoo KICKR Bike were recorded, and glans penis biothesiometry data were collected with Bio Medical Instruments. Data analysis was done on statistical level of significance $p < 0,05$. Statistical methods used to test three hypotheses were two sample paired t-test for means, single factor ANOVA analysis of variance and linear mixed effects model.

Results: There was a significant decrease in tcpO₂ and increase in tcpCO₂ confirming penile ischemia during cycling. The mean (SD) for initial tcpO₂ on all saddles was 55,5 (15,7) mmHg, and for final tcpO₂ 10,5 (14,8) mmHg. The mean for initial tcpCO₂ was 56,2 (18,1) mmHg, for final tcpCO₂ 91,6 (43,9) mmHg. Statistically significant difference between saddles Specialized (12,58; 15,64) and Fizik (7,39; 12,65) $t_{pO_2_{12s_end}}(29) = 2,25; p < 0,05$ when averages of the last 12 s were analyzed. No statistically significant difference in final tcpCO₂ values was observed. Few statistically significant differences between the pressure distribution on the saddle surface were revealed through analysis of the relative values of the pressure distribution

to the anterior and posterior part of the saddle and analysis of the pressure values in the perineal region using linear random effects model. With parallel lines of dependence $pO_2_change_point \sim PERI_1 * fsedlo$, we find a statistically significant difference only between saddles Joyseat (256,17; 57,00) and Fizik (304,12; 18,53), $p = 0,01$. Analysis of $pCO_2_usek2 \sim PERI_1 * fsedlo$ between Joyseat ($502,32 \times 10^{-2}$; 0,33) and Specialized ($502,37 \times 10^{-2}$; 0,35) resulting in $p < 0,01$. There was a statistically significant difference in anterior-posterior pressure distribution on the saddle surface between all three tested saddles, $p < 0,001$. Also statistically significant differences $p < 0,001$ in magnitude of pressure in the perineal area were identified. Nevertheless, these differences did not lead to significantly different levels of penile blood flow in performance cyclists riding at moderate load intensity in a position with a trunk flexion angle (42°) on different types of road cycling saddles.

Keywords: bike fit, biothesiometry, cycling, erectile dysfunction, hypesthesia, saddle pressure, transcutaneous carbon dioxide pressure, transcutaneous oxygen pressure

Úvod.....	10
1. Teoretická část.....	12
1.1. <i>Cyklistika a riziko urogenitálních komplikací.....</i>	12
1.2. <i>Symptomy.....</i>	14
1.3. <i>Etiologie</i>	15
1.4. <i>Krevní plyny a jejich měření</i>	17
1.5. <i>Tlak.....</i>	18
1.6. <i>Vyšetření ED a kvantitativní somatosenzorické testování (QST)</i>	19
1.7. <i>Aplikace poznatků o krevních plynech při arteriální okluzi.....</i>	23
1.8. <i>Výběr control sedel.....</i>	25
1.9. <i>One group pretest-posttest design.....</i>	26
1.10. <i>PAR-Q+ (modified)</i>	26
1.11. <i>Přístrojová diagnostika</i>	27
1.11.1. <i>Biothesiometr</i>	28
1.11.2. <i>Retül 3D Systém.....</i>	30
1.11.3. <i>Wahoo Kickr Bike.....</i>	31
1.11.4. <i>Zwift.....</i>	32
1.11.5. <i>Velometrik Smart BT Cover</i>	33
1.11.6. <i>Radiometer TCM5 Flex.....</i>	34
1.12. <i>Shrnutí poznatků.....</i>	35
2. Metodologie práce	36
2.1. <i>Cíle</i>	36
2.2. <i>Výzkumné otázky.....</i>	36
2.3. <i>Hypotézy.....</i>	36
2.4. <i>Úkoly práce</i>	37
3. Metodika práce	38
3.1. <i>Design práce.....</i>	38
3.2. <i>Praktické řešení hrozeb interní validity</i>	39
3.3. <i>Výběr a popis testovaného vzorku.....</i>	39
3.4. <i>Síla vzorku G*Power.....</i>	42
3.5. <i>Cyklistická sedla.....</i>	44
3.5.1. <i>Specialized Power</i>	44
3.5.2. <i>Fizik Tundra M5 Versus.....</i>	45

3.5.3. Posedla Joyseat.....	45
4. Metody výzkumu	47
4.1. Pilotní studie.....	47
4.2. Průběh testu.....	48
4.3. Sběr dat.....	52
4.4. Získaná data	53
4.5. Statistická analýza.....	55
4.5.1. Hodnoty tcpO ₂ , tcpCO ₂	57
4.5.2. Biothesiometrie	62
4.5.3. Pozice jezdců.....	62
4.5.4. Tlak na povrch sedla.....	62
4.5.5. Kardiovaskulární drift	64
5. Výsledky	65
5.1. Hodnoty tcpO ₂ , tcpCO ₂	65
5.2. Biothesiometrie.....	76
5.3. Pozice jezdců.....	76
5.4. Tlak na povrch sedla	77
5.5. Parametry výkonu.....	81
5.6. Kardiovaskulární drift.....	82
6. Diskuze	83
7. Závěr	92
8. Literatura.....	94
9. Přílohy	I

Úvod

V současnosti je popsán statisticky významný efekt času stráveného jízdou na kole a četností urogenitálních komplikací jako je erektilní dysfunkce u mužů v rámci mnoha publikovaných studií. Tato práce přináší nová poznání v oblasti penilní oxygenometrie při jízdě na kole na různých cyklistických sedlech a cílem bylo aktualizovat a navázat na poznatky studií z přelomu tisíciletí, které se věnovaly rozdílům v penilním prokrvení při jízdě na různých modelech cyklistických sedel. Výše zmíněné byla v malé míře i má vlastní zkušenost, kdy jsem jakožto profesionální cyklista v americkém UCI kontinentálním týmu pociťoval tyto negativní důsledky zejména na mezinárodních dráhových závodech.¹

Studie z přelomu tisíciletí byly dělané na tehdejších modelech sedel pomocí tehdejších přístrojů. V současnosti je od pohledu patrné, že dnešní cyklistická sedla se oproti těm starším liší nejen tvarově, ale nové materiály i technologie výroby, mezi než patří i 3D tisk, posunuly v dnešní době vývoj cyklistických sedel na novou úroveň. Tato studie volně navazuje na studie Nayala et al., 1999, a Schwarzera et al., 2002, a inspiruje se i u anekdotální evidence o vývoji sedel velkých cyklistických značek.

V dnešní době se ve výrobě cyklistický sedel objevují nové technologie, a samotné parametry, jimiž se výroba sedel řídila, se v posledních letech také změnily. Proto je možné ve specializovaných obchodech narazit na rozdělení sedel podle jejich šířky a v poslední době i na 3D tištěná sedla, zejména od největších výrobců, jako je Specialized (Specialized Bicycle Components, Inc.) nebo Fizik (Selle Royal Group S.p.A.) či Selle Italia (Selle Italia s.r.l.).

Informovaný nadšenec ví, že v dnešní době se výběr cyklistického sedla řídí jedním klíčovým parametrem – tím je šířka sedla, která byla v minulosti zcela přehlížena. Ti opravdu zasvěcení v oblasti bike fittingu (nastavování posedů na kolech) se možná doslechli o způsobech, jakým největší cyklistické značky na světě vyrábí a testují svá

¹ V dráhové cyklistice jsou vytrvalecké disciplíny relativně krátké, a vzhledem k velmi vysoké intenzitě závodění bez možnosti odpočinku, danou i použitím pevného převodu a tím nemožností přestat šlapat, je závodník donucen v závodní pozici strávit několik desítek minut. Kvůli pravidlům UCI však není možné kolo libovolně nastavit, proto často závodník sedí na úplně špičce sedla pro získání optimálního výkonu a aerodynamické pozice, kde nemá dostatečnou oporu a díky malé kontaktní ploše významně narůstá tlak do perineální oblasti, vedoucí potenciálně až k veliké bolesti při močení, v extrémních případech i hematurii.

sedla. Informace jsou zcela anekdotálního charakteru, ale různé způsoby měření penilního prokrvení při jízdě na kole zmiňuje i několik studií. U žen se jedná například o aplikování rtěnky v oblasti genitálu na labia majora a zkoumání otěru barvy na povrch sedla. Zcela nový přístup ve výrobě sedel razí česká značka Posedla. Ti vyvinuli unikátní výrobní technologii, a zároveň sedla vyrábí na míru každému zákazníkovi. Jejich na míru vyráběné, 3D tištěné sedlo (v textu dále jako „customizované“) je předmětem tohoto zkoumání. Jako kontrolní sedla („běžná“) byly zvoleny nejprodávanější modely dvou největších značek, tedy Specialized Power a Fizik Tundra M5.

Metodika práce stojí na měření penilní oxygenace na glans penis při jízdě na cyklistickém trenažeru. Doplnkové měřicí a diagnostické přístroje jako Retül Fit System, Velometrik Smart BT Cover, Wahoo Kickr Bike, Zwift a biothesiometr byly využity pro interindividuální homogenizaci testovaného souboru. K výsledkům práce se vyjadřuji v závěru.

1. Teoretická část

1.1. Cyklistika a riziko urogenitálních komplikací

Cyklisté jsou vystaveni zvýšenému riziku erektilní dysfunkce (ED). Už v roce 2004 bylo popsáno přes šedesát studií věnující se tomuto tématu. (Andersen & Bovim, 1997; Burt, 2022; Carpes et al., 2009; Cohen & Gross, 2005; Goldstein et al., 2007; Holliday et al., 2019; Huang et al., 2004, 2005; Jeong et al., 2002; Leibovitch & Mor, 2005; Litwinowicz et al., 2021; Lowe et al., 2004; Marceau et al., 2001; Michiels & Van der Aa, 2015; Peacock et al., 2022; Piazza et al., 2020; Salai et al., 1999; Sauer et al., 2007; Schrader et al., 2002, 2008; Schwarzer et al., 2002, 2002; Sommer, Schwarzer, et al., 2001; Sommer, 2003; Sommer et al., 2010; Spears et al., 2003; Taylor et al., 2002; Wilson & Bush, 2007) Při kombinaci slov „cycling“, „bicycling“, „prostate-specific-antigen“, „haematuria“, „cyclist nodules“, „pudendal nerve entrapment“, „prostatitis“ a „urology“ vyhledaných v databázi National Library of Medicine (PubMed) nalezneme 277 studií. (Peacock et al., 2022) Tyto problémy byly popsány zejména u rekreačních a hobby cyklistů, u profesionálních cyklistů mužů nejvyšších dvou kategorií UCI ProTour a UCI WorldTour takovýto výzkum k 9/2023 nebyl nalezen. Toto téma je obzvláště zajímavé proto, protože cyklisté jsou typicky zdraví, nadprůměrně výkonní jedinci bez přidružených komorbidit a rizikových faktorů. (Marceau et al., 2001)

Tento experimentální výzkum byl zaměřen na cyklisty mužského pohlaví, ženy jsou celosvětově zastoupeny v aktivní cyklistice výrazně méně než muži, a to mezi 4-55 % jak uvádí mnoho autorů. Krajiní hodnoty 4 % najdeme u dospělých žen v Irsku (Garrard et al., 2012) a vysoký poměr 45-55 % pouze v zemích, kde je cyklistika běžnou součástí denního života a které jsou z hlediska využívání kola jakožto dopravního prostředku nejvyspělejší na světě, tedy v Dánsku, Německu a Nizozemí. Jedině v těchto několika málo vyspělých zemích je takto vysoký podíl zastoupení žen mezi cyklisty. (Pucher & Buehler, 2008)

Sommer, König et al., 2001, popisuje hypestezii genitálu u 61 % a ED u 24 % cyklistů, jejichž trénink přesahuje nájezd 400 km týdně. (Sommer, König, et al., 2001) Schwarzer et al., 1999, popisuje incidenci hypestezie na velkém vzorku 1786 amatérských cyklistů u 58,3-70,3 % a ED u 4 %. (Schwarzer et al., 1999) Schrader et al., 2002, popisuje stížnosti na hypestezii gluteí, scrota, varlat nebo penisu u 91 % ze 17 testovaných policistů. (Schrader et al., 2002) Andersen et Bovim, 1977, zaznamenali

genitální hypestezii u 21 % a impotenci u 13 % dotazovaného vzorku 160 cyklistů, kteří absolvovali v roce 1997 540 km dlouhý cyklistický závod v Norsku. (Andersen & Bovim, 1997)

Prevalence erektilní dysfunkce se zvyšuje s věkem, u kuřáků a při současně diagnostikované hypertenzi, diabetu, depresím, či vyšším BMI. U diabetiků byl popsán výskyt ED o 10-15 let dříve než u nediabetické mužské populace. Zajímavostí bylo, že symptomy ED obtěžují pouze zhruba dvě třetiny mužů (67,3 %). (Eardley, 2013)

	Medián	Rozpětí
40-49 let	6 %	1-29 %
50-59 let	16 %	3-50 %
60-69 let	32 %	7-74 %
70-79 let	44 %	26-76 %

Tab. č. 1. - S věkem rostoucí prevalence ED (Eardley, 2013)

Hypestezii po hodinové jízdě na kole na standartním a experimentálním sedle měřil Taylor et al., 2002. Z 15 testovaných jezdců byla zjištěna hypestezie u 80 % a závěrem ve studii říká: „*Naše studie potvrzuje, že tvar sedla ovlivňuje perineální hypestezii. Protože často nacházíme perineální hypestezii a erektilní dysfunkci zároveň, je důvodné předpokládat, že vylepšený tvar sedla může předcházet impotenci u cyklistů.*“ (Taylor et al., 2002)

Vztah erektilní dysfunkce a genitální hypestezie rozebírá Leibovitch et Mor, 2005. Necitlivost perinea, penisu, scrota nebo hýždí se obecně popisuje jako genitální hypestezie a je to nejčastějším a nejrozpoznávanějším projevem komprese pudendálního nervu. Tato genitální hypestezie se může vyskytovat i samostatně, ale erektilní dysfunkce na podkladě jízdy na kole je s genitální hypestezií nevyhnutelně spojená. (Leibovitch & Mor, 2005)

Jiné výsledky popisuje Awad et al., 2018. V jeho cross sectional studii na téměř 4000 sportovcích rozdělených na běžce, plavce, cyklisty rekreační a cyklisty sportovní

závěrem stojí, že neobjevili žádné zvýšené riziko jímacích a mikčních symptomů dolních cest močových (LUTS – lower urinary tract symptoms) a možná dokonce i protektivní efekt v oblasti erektilní dysfunkce. Skóre ve validizovaném dotazníku SHIM vycházelo 19,5 u necyklistů (referenční hodnota) vs 19,9 u rekreačních cyklistů vs 20,7 u sportovních cyklistů, $p = 0,02$. Je tedy patrné, že cyklisté měli hodnoty o málo vyšší než referenční, ale dle autorů tento rozdíl nenabývá klinického významu.

Z dat v supplementu jeho studie však zjistíme, že OR pro genitální hypestezii je 1.0 pro necyklisty (referenční hodnota), 6.2 (4.9 – 7.7), $p < 0,001$ pro rekreační cyklisty, 13.4 (10.5 – 17), $p < 0,001$ pro sportovní cyklisty (ve výpočtu zohledněn věk, rasa, diabetes, BMI). (Awad et al., 2018)

Je zřejmé, že cyklisté jsou vystaveni vyššímu riziku urogenitálních komplikací. Jaké je však srovnání s jinými sportovci či běžnou populací? Cyklistika jako způsob vytrvalostní pohybové aktivity má pochopitelně i pozitivní přínos a u cyklistů je popsán významný efekt redukce rizika předčasného úmrtí, infarktu myokardu, cévní mozkové příhody, diabetu II. typu, rakoviny tlustého střeva i prsu a zvýšení kardiovaskulární a respirační výkonnosti a svalové síly. (Peacock et al., 2022) Proto je potřeba uvést, že cyklisté mají prevalenci ED vyšší než běžci srovnatelné výkonnostní úrovně, ale naopak menší než běžná neaktivní populace. (Marceau et al., 2001; Sommer et al., 2010) Zároveň je popsáno, že ve srovnání s běžci mají cyklisté vyšší prahy senzitivní dráždivosti. (Prause et al., 2012)

Některé studie srovnávající riziko impotence cyklistů s běžnou populací nabízí opačný pohled. Sommer, König et al., 2001, popisuje impotenci u 13,1 % cyklistů, kdežto ve stejné věkové skupině necyklistů pouze 5,6 %. (Sommer, König, et al., 2001)

Vzhledem k tomu, že ED a urogenitální problémy obecně lze považovat za choulostivé téma, je důvodné předpokládat jistou míru podhodnocení. (Andersen & Bovim, 1997; Leibovitch & Mor, 2005; Noyal et al., 2001; Ricchiuti et al., 1999)

1.2. Symptomy

Mezi symptomy patří hypestezie genitálu, perinea, motorické deficity svalů perinea, erektilní dysfunkce, impotence (N48.4), jímací a mikční symptomy dolních cest

močových (LUTS – lower urinary tract symptoms), benigní hyperplazie prostaty (N40), sexuální dysfunkce, torze varlete (N44), priapismus (N48.3), hematurie (R31), neplodnost (N46), prostatitis (N41.0), perineální nodulární indurace (N49.9). (Leibovitch & Mor, 2005; World Health Organization, 2023)

1.3. Etiologie

Mezi příčiny těchto symptomů můžeme řadit několik zejména vaskulárních a neurologických příčin.

Vlákna sympatiku inervující penis začínají v segmentech T11-L2 a jsou zodpovědná za detumescenci. Parasympatická smíšená vlákna n. pudendus (S2-S4) probíhají po výstupu z plexu do foramen infrapiriforme a v nervově-cévním svazku s a. a v. pudenda interna opouští malou pánev. Po výstupu z foramen infrapiriforme nerv obtáčí spina ischiadica a lig. sacrospinale a vstupuje skrze foramen ischiadicum minus zpět do malé pánve, nyní však pod svaly dna pánevního. Ve fossa ischioanalis probíhá ventrálním směrem po boční stěně na m. obturatorius internus, který nerv společně s a. a v. pudenda interna kryje zdvojenou fascií – tím je tvořen canalis pudendalis neboli Alcockův kanál. Nerv je uložen nejmediálněji v nervově-cévním svazku. Další průběh je ventrálně k diaphragma urogenitale, nad kterou vstupuje a podél dolního raménka stydké kosti pod symfýzou a pokračuje na dorsum penis. N. pudendus motoricky inervuje m. levator ani, m. coccygeus, dále m. sphincter ani externus, m. transversus perinei superficialis et profundus, m. bulbospongiosus a m. ischiocavernosus. Senzitivní inervace je kolem crena ani, pro kůži šourku a pomocí n. dorsalis penis pro kůži penisu. Visceromotorické větve vystupující ze stejných segmentů obsahují parasympatická vlákna pro pánevní orgány a zejména pro kavernózní tělesa zevního genitálu. Poranění n. pudendus se obvykle prezentuje většími sensitivními než motorickými deficity. (Hudák & Kachlík, 2017; Kaur et al., 2023; Minhas & Mulhall, 2017; Naňka et al., 2007)

Úžinový syndrom n. pudendus je potenciální příčinou bolesti, změněné sensitivity nebo dysfunkce v oblasti genitálu, perinea, rekta a dolních močových cest.

Mechanismus útlaku n. pudendus se tak jednoduše nabízí. Při jízdě v sedě na úzkém a tvrdém cyklistickém sedle se extrémně zvyšuje tlak na perineum, střídavý

pohyb dolních končetin a nerovnosti na silnici tyto repetitivní nárazy ještě umocňují. Vysoký tlak na perineum zvyšuje tření nervového svazku v Alcockově kanálu, což vede ke ztrátě volného pohybu nervu v této struktuře. Patofyziologický význam napínání nervu na podkladě nedostatečně volného pohybu je dobře znám a je základním předpokladem napínavých manévřů (Neural Tension testů) Dr. Butlera, které slouží k diagnostice kompresivních neuropatií nejen u konkrétních periferních nervů. (Leibovitch & Mor, 2005; Lowe et al., 2004)

Ovšem největší stlačení kavernózních těles, kterými prochází nervově-cévní svazek (n. pudendus, a. pudenda interna - a. dorsalis penis, a. profunda penis) bylo na MRI identifikováno pod nejinferiornější částí pubické symfýzy. (Bressel et al., 2007) Ke stejnému závěru dochází i Gemery et al., 2007, ve své studii trojrozměrného modelování pánve a cyklistického sedla. (Gemery et al., 2007) Toto místo společně s Alcockovým kanálem popisuje jako pravděpodobnou lokalitu útlaku i Leibovitch a Mor, 2005. (Leibovitch & Mor, 2005) Nejstarší zmínku o útlaku pod symfýzou jako příčině urogenitálních komplikací u cyklistů najdeme v roce 1981. (Goodson, 1981)

Českou stopou jsou dvě publikace Šedého et al., 2006, a Naňky et al., 2007, kteří dokonce vyvracejí možnost útlaku v pudendálním (Alcockově) kanálu s tím, že komprese nervu v této lokalitě by vedla i k sensitivním a motorickým deficitům v oblasti rekta, klinicky např. na m. bulbocavernosus (n. rectalis inferior nejčastěji odstupuje z n. pudendus v canalis pudendalis), což v žádné studii publikováno nebylo. N. pudendus vede v Alcockově kanálu ve svazku s a. a v. pudenda interna, a v případě útlaku by bylo možné očekávat hematom či jiné symptomy poškození cév. (Naňka et al., 2007; Šedý et al., 2006)

V jiných studiích najdeme popsány i proximálnější místa útlaku n. pudendus, než zmíněno výše: (Kaur et al., 2023)

- Typ I – Útlak pod m. piriformis při výstupu z malé pánve
- Typ II – Útlak mezi lig. sacrospinale a lig. sacrotuberale patří mezi nejčastější
- Typ III – Útlak v Alcockově kanálu (Leibovitch & Mor, 2005)
- Typ IV – Útlak terminálních větví pod symfýzou

Erektivní dysfunkce je způsobena histologickou přestavbou trabekulární hladké svaloviny kavernózních těles pojivovou tkání. Tkáňový faktor TGF- β_1 a prostaglandin E

(PGE) mají vliv na syntézu a inhibici syntézy pojivové tkáně v kavernósních tělesech. TGF- β_1 indukuje syntézu kolagenu, fibronectinu a proteoglykanů a inhibuje kolagenázu a ostatní proteázy, a to zejména ve stavech nízké penilní oxygenace pO₂ 25-40 mmHg. PGE za stavu vysokého pO₂ (90-100 mmHg, při erekci) potlačuje syntézu kolagenu indukovanou TGF- β_1 a přispívá tím k vyváženému poměru mezi hladkou svalovinou a pojivovou tkání kavernósních těles potřebnou pro správnou erektilní funkci. Zároveň je syntéza PGE inhibována při pO₂ 30 mmHg. (Moreland, 1998; Sommer, König, et al., 2001)

Ve vztahu s hraniční hodnotou tcpO₂ 18 mmHg, která byla ukázána jako potřebná k zachování mitochondriální funkce a syntéze ATP a hodnotou tcpO₂ <10 mmHg, která je inkompatibilní se spontánním procesem regenerace tkání, a vede k přestavbě trabekulární hladké svaloviny korpuskulárních těles pojivovou tkání může být penilní ischemie příčinou popisovaných urogenitálních komplikací u cyklistů. (Moreland, 1998; Pierson, 2000; Restrepo et al., 2012; Sommer, König, et al., 2001)

1.4. Krevní plyny a jejich měření

Příznaky hypoxie a hypoxemie jsou známé, ovšem nejsou ani specifické, ani sensitivní. Mezi lokální, ale zejména celkové příznaky řadíme například cyanózu, neklid, dezorientaci, letargii, koma, tachypneu, dyspneu, hyperpneu a tachykardii i bradykardii, hypo i hypertenzi a arytmie. Cyanóza je však patrná až při saturaci O₂ <85 % a nebude patrná i při závažné hypoxemii v případě anémie, naopak se může objevovat při normálních hodnotách PaO₂ v případě sulf- nebo methemoglobinémie. I z těchto důvodů má zejména v intenzivní péči měření arteriální oxygenace nezastupitelnou roli. (Hess, 2000)

Arteriální plyny můžeme měřit několika způsoby, které mají svá různá specifika i limitace a pro měření fyziologických parametrů a monitoring patofyziologických stavů je potřeba volit adekvátní způsob měření. Měření krevní oxygenace tak můžeme dělit na několik způsobů – invazivní, neinvazivní, kontinuální a intermitentní. Měřit můžeme arteriální oxygenaci, venózní oxygenaci, přísun kyslíku, příjem kyslíku nebo jejich různé kombinace. Zlatým standardem je měření arteriálních plynů ze vzorku arteriální krve. (Hess, 2000; Rabi et al., 2017)

Kyslík je krví transportován ve vazbě na hemoglobin a jako volná frakce rozpuštěná v kapalině. Celkový podíl kyslíku v krvi je tak vyjádřen jako $C_a O_2 = (HbO_2) + (\text{rozpuštěný } O_2)$. Objem kyslíku transportovaného hemoglobinem závisí na koncentraci hemoglobinu, jeho nasycení a jeho schopnosti transportovat kyslík.

Při PaO_2 v rozmezí $80 - 100 \text{ mmHg}$ je hemoglobin téměř 100 % saturován, což znamená transportní kapacitu $1,34 \text{ ml } O_2/g$ 100 % saturovaného hemoglobinu, vše v závislosti na disociační křivce oxyhemoglobinu. Vzhledem k tomu, že součinná rozpustnost O_2 pro plasmu je 3×10^{-3} , dá se výše uvedený vztah zjednodušit, a obsah kyslíku v krvi považovat za $C_a O_2 = (HbO_2)$, neboť rozpuštěná frakce O_2 (PaO_2) je zanedbatelná. (Hafen & Sharma, 2023; Rabi et al., 2017)

PaO_2 přispívá k celkovému obsahu kyslíku v krvi velmi málo, ale jeho význam spočívá v tom, že právě kyslík rozpuštěný v plasmě je volně dostupný k transportu do buněk.

1.5. Tlak

MacKinnon, 2002, popisuje ve své studii zaměřené na syndrom karpálního tunelu demyelinizaci nervu při tlaku 30 mmHg , ztrátu nervové funkce při tlaku 50 mmHg a strukturální poškození axonů při tlaku 80 mmHg . (Mackinnon, 2002)

Velikost tlaku na sedlo byla popsána v několika studiích, a dosahuje několiknásobku hodnot nutných ke kompletní AOP (arterial occlusion pressure, minimální tlak pro arteriální okluzi) končetin, (Tuncali et al., 2006) vzniku dekubitů, (Lowe et al., 2004) blokáde nervového vzruchu i strukturálního axonálního poškození nervu. (Mackinnon, 2002)

Tlak na perineum cyklisty je vypočítán při matematickém modelování metodou konečných prvků u jednoho reprezentativního modelu na 113 mmHg . (Spears et al., 2003) U měření tlaku na povrchu klasicky vypadajícího cyklistického sedla, které je v kontaktu s perineem, popsal Lowe et al., 2004, průměrný tlak 279 mmHg a maximální dokonce 528 mmHg , což bylo výrazně více než u alternativních tvarů sedel bez vyčnívajícího nosu. (Lowe et al., 2004)

Bressel et Cronin, 2005, ve své sérii studií popisují maximální tlak v anteriorní části sedla až 600 *mmHg* a průměrný 122 *mmHg*. Zajímavé je, že v této první studii popisuje pokles průměrného tlaku na sedle ve všech jeho částech při zvýšení výkonu cyklisty ze 118 W na 300 W. (Bressel & Cronin, 2005)

Podobné výsledky popisuje i Potter et al., 2008. V této studii popisuje statisticky významné snížení vertikálních a mediolaterálních sil na povrch sedla při zvýšení výkonu ze 100 W na 200 W a to jak u mužů, tak u žen. Při výkonu 100 W popisuje tlak na povrch sedla o velikosti 496 *mmHg*, zároveň stejně jako Bressel et Cronin, 2005, popisuje minimální rozdíly u mužů v tlaku na povrch v anteriorní části sedla při změně úchopu na řídítkách, než je tomu u žen. (Potter et al., 2008)

Holliday et al., 2019, kromě snížení průměrného tlaku na povrch sedla při zvýšení intenzity jízdy popisuje i zvýšení celkové kontaktní plochy jezdce a sedla, a zároveň i zvýšení exkurze pohybu CoP při vyšší intenzitě jízdy. (Holliday et al., 2019)

Naopak Carpes et al., 2009, popisuje u 22 rekreačních cyklistů zvýšení tlaku při zvýšení zátěže ze 150 W na 300 W. (Carpes et al., 2009)

Bressel et al., 2007, používá tyto výsledky ve své další studii pro analýzu komprese tkání perinea pomocí MRI. Probandy měřil v klidové pozici a poté se sedlem přitlačeným pomocí speciální konstrukce tak, aby byla zachována velikost tlaku, směr i lokalita jeho působení. Vše probíhalo v tunelu MRI snímače tak, aby bylo možné změřit rozdíl ve velikosti kavernósních těles. Průměr pravého kavernósního tělesa se zmenšil na 30 % původní velikosti, průměr levého na 28 % ($p = 0,02 - 0,03$). Průměr spongiósního tělesa se tlakem zmenšil na 40 % původní velikosti. Největší komprese byla identifikována pod nejinferiornější částí pubické symfýzy. (Bressel et al., 2007)

1.6. Vyšetření ED a kvantitativní somatosenzorické testování (QST)

V rámci vyšetřování erektilní dysfunkce je možné vyšetřovat mnoho parametrů spadajících do kategorie neurologických, vaskulárních a psychologických. Mezi klasicky vyšetřované metody patří penilní pletysmografie, kaverosometrie a kaverosografie, intrakavernósní penilní injekce, duplexní ultrazvukové vyšetření nebo penilní arteriografie. Neurologické vyšetření zahrnuje senzorní vyšetření aferentních nervů

zejména kůže penisu a motorických eferentních nervů perinea. Vyšetřuje se bulbokavernózní reflex, elektromyogram (EMG) kavernózních těles, EMG svalů perinea a somatosenzorické evokované potenciály (SSEP).

Senzorickou lézi je možné objektivizovat opět pomocí několika způsobů. QST je jednou z mála neinvazivních, jednoduchých a rychlých metod. Toto vyšetření však nepřináší žádné informace o lokalitě léze. (Bleustein et al., 2003; Siao & Cros, 2003)

Typ vláken			
C	nemyelinizované	tenké	teplo, chlad, bolest
A δ	nemyelinizované	tenké	teplo, chlad, bolest
A β	myelinizované	silné	dotyk, vibrace

Tab. č. 2. - A δ A β a nemyelinizované C vlákna (Bleustein et al., 2003)

V anatomických studiích penisu byla prokázána vysoká přítomnost volných nervových zakončení vláken A δ a C. V glans penis jsou korpuskulární receptory, které rovněž patří mezi volná nervová zakončení tenkých myelinizovaných i nemyelinizovaných C vláken, zastoupeny z 80-90 %. Příležitostně byly identifikovány Ruffiniho a Pacciniho tělíska, ovšem mechanoreceptory nalezeny nebyly. (Bemelmans et al., 1995; Bleustein et al., 2003)

Přesnější metodou než biothesiometrie je SSEP, díky které je možné lézi lokalizovat do periferní/míšní/centrální kategorie. (Mulhall & Jenkins, 2017; Padmanathan & Levine, 1987) Už v roce 1999 byly popsány patologické nálezy na SSEP u jednoho cyklisty, zejména prodloužení latence n.pudendus a nevýbavný bulbokavernózní reflex na jedné ze dvou testovaných lokalit. (Ricchiuti et al., 1999)

Literatura se ve vhodnosti použití biothesiometrie pro hodnocení penilního senzorického deficitu rozchází. Bemelmans et al. ve studii z roku 1995 popsal statisticky významnou korelaci výsledků biothesiometrie mediálního malleolu a n. tibialis, ovšem u biothesiometrie glans penis a latence evokovaného potenciálu u n.pudendus nebo latence bulbokavernózního reflexu korelaci nepopisuje a výsledky odůvodňuje

velmi malým počtem receptorů pro vibrační čítí na glans penis, proto ho k vyšetření penilní senzitivity nedoporučuje. Zároveň se s vysvětlením odkazuje i na práci Halaty a Mungera, 1986, kteří ve své studii inervace glans penis popisují, že ze všech terminálních axonů v glans penis připadá 80-90 % na volná nervová zakončení, která jsou převážně tenká, nemyelinizovaná. Dle jejich názoru je specifická sensitivita glans penis předurčena touto anatomickou konstitucí, protože volná nervová zakončení budou citlivá zejména na algické stimuly: „*glans penis člověka je relativně insensitivní na taktilní stimuly, a překročení hranice sensitivní dráždivosti znamená bolest*“ (Halata & Munger, 1986)

Bemelmans et al., 1995, toto podkládá výsledky, kde nepopisuje ani předpokládanou korelaci hranice vibračního čítí glans penis s věkem, což u měření na prstu a kotníku vyšlo dle předpokladů pozitivně. (Bemelmans et al., 1995) Protože se díky těmto závěrům rozchází s Kandeel, 2007, který na základě již starších studií Padma-Nathan et Levine, 1987 popisuje závislost výsledků biothesiometrie na věku a doporučuje biothesiometrii jako odůvodněným nástrojem k vyšetření penilní senzitivity, je možné vznést jisté pochybnosti nad výsledky studie Bemelmans et al., 1995. (Kandeel, 2007; Padma-Nathan & Levine, 1987) Biothesiometrii uvádí jako vhodný diagnostický test i Kaur et al., 2023, a Breda et al., 1991. (Breda et al., 1991; Kaur et al., 2023)

Rozporuplnost využití biothesiometrie přiznává i Mulhall et Jenkins v roce 2017, přesto toto vyšetření akceptuje jako užitečný screeningový test. (Mulhall & Jenkins, 2017) Bleustein et al., 2003, porovnával v rámci kvantitativního somatosenzorického testování penisu sensitivitu na vibrace, na termické i diskriminační čítí. Z jeho výsledků je jasné, že termická sensitivita pro teplotní rozdíly byla nejlepší metodou pro predikci skóre v testu IIEF – International Index of Erectile Function. U teploty 37 °C a vyšší je sensitivita testu 88,5 %, specificita 0 % a pozitivní prediktivní hodnota 85,5 %. Celkově modalita somatosenzorického testování predikují výsledky IIEF, $p < 0,001$, testovací lokalita (kořen, frenulum, glans) nikoliv. (Bleustein et al., 2003)

Mulhall et al., 2014, dále popisuje indikaci k vyšetření SSEP při hodnotách biothesiometrie odpovídajících více než dvojnásobku hodnot uvedených v normogramu. (Mulhall et al., 2014)

Zároveň se můžeme dozvědět, že senzoričné vibrační a tlakové čítí je při postupně progredující chronické lézi nervu ovlivněno jako první. (Mackinnon, 2002) Existuje celá řada studií věnující se problematice biothesiometrie penisu. (Bemelmans et al., 1995; Bleustein et al., 2003; Breda et al., 1991; Mulhall et al., 2014; Mulhall & Jenkins, 2017; Padma-Nathan & Levine, 1987; Wiggins et al., 2019)

Nejnovější histologické analýzy glans penis však identifikují mnohem více typů receptorů než jen Meissnerových, genitálních, Krause, Paciniho a Ruffini-like tělísek. Mezi těmito více či méně definovanými korpuskulárními tělísky a volnými nervovými zakončeními existuje nespočet lépe či hůře strukturálně definovaných tělísek, které nespádají do standardní klasifikace mechanoreceptorů. Nabízí se tak prostor pro novou terminologii. Zajímavé je, že Merkelova tělíska, pomalu se adaptující mechanoreceptory s nízkým prahem dráždivosti, nebyla v tkáni genitálu nalezena. (Cepeda-Emiliani et al., 2023; Halata & Munger, 1986; Qi et al., 2023) Procento myelinizovaných axonů v nervových svazcích n. pudendus se velmi liší, v průměru je jejich zastoupení v proximální části penisu 45 %. Tato různorodost společně se strukturální variabilitou receptorů dává anatomické předpoklady k tomu, že nervové svazky n. pudendus přenáší významově heterogenní informace. (Tunçkol et al., 2023)

Na studii malých hlodavců bylo ukázáno, že Krauseho tělíska jsou rychle se adaptující, vysoce senzitivní na mechanické vibrace o frekvenci 40-80 Hz a jsou tak optimálně nastavena na přenos vibrotaktilních stimulů až do nejvyšší testované frekvence 120 Hz. Jejich práh dráždivosti je nízký s vysokou rychlostí přenosu charakteru A vláken a projekcí do dorsomediální oblasti míchy. Hustota těchto mechanoreceptorů byla dříve hodnocena na malých řezech či počítáním nervových vláken vstupujících do genitálu, Qi et al., 2023, však nabízí komplexní a kvantitativní přehled spočítáním celkového počtu těchto tělísek napříč celou tkáni genitálu. V porovnání s dalším vysoce citlivým regionem konečků prstů a jejich Meissnerovými tělísky je zastoupení Krauseho tělísek v tkáni genitálu mužů 5x menší. (Qi et al., 2023)

Senzitivitu na vibrotaktilní stimuly jednoduše dokazuje i existence vibrátorů, které mají frekvenci vibrací nejčastěji v rozmezí 43 Hz až 148 Hz. (Prause et al., 2012)

Díky novým studiím dokazující přítomnost rychle se adaptujících mechanoreceptorů sensitivních na vibrotaktilní stimuly i jen prosté existenci vibrátorů není možné tvrdit, že by práh dráždivosti glans penis pro dotek byl identický s algickým

prahem. Celou situaci dále komplikuje fakt, že různé úrovně nastavení vegetativního systému, psychické rozpoložení a míra rozrušení/vzrušení může tyto sensitivní prahy výrazně měnit. (Prause et al., 2012) Není proto možné přijmout ani jeden z vyhraněných názorů a je nutno zvážit problematiku vibrotaktilní sensitivity glans penis v celé šíři.

1.7. Aplikace poznatků o krevních plynech při arteriální okluzi

Snížení penilního prokrvení při jízdě na kole již také bylo popsáno, zejména v několika studiích z přelomu tisíciletí. Schwarzer et al. 2002, popisuje rozdílnou míru poklesu pO_2 v závislosti na použitém sedle. Výsledky se pohybují v rozmezí 82-63 % poklesu u třech typů standartních sedel, a pouze 20% pokles u čtvrtého experimentálního sedla. Po deseti minutách ve stoji po ukončení testu se hodnoty pO_2 vrátily na původní úroveň. (Schwarzer et al., 2002)

Nayal et al., 2001, dokumentuje pokles pO_2 při transkutánním měření $TcpO_2$ z 61,4 (7,2) *mmHg* na 19,4 (4,7) *mmHg* již po třech minutách jízdy na trenažeru. V rámci jeho testovacího protokolu se jezdci po patnácti minutách jízdy v sedle zvedli a šlapali 5 min ve stoje. Během jízdy ve stoje došlo už po jedné minutě k nárůstu $tcpO_2$ na 68 (7,6) *mmHg*. Rovněž uvádí návrat k normálním hodnotám do deseti minut od ukončení jízdy. (Nayal et al., 2001)

V o pár let mladší studii publikuje Breda et al., 2005, velmi rozdílné výsledky $tcpO_2$ při pouhém posazení se na sedlo i při patnáctiminutové jízdě na sedle SMP a v té době standartním závodním sedle na vzorku 29 cyklistů. Na sedle SMP přetrvávala i po patnácti minutách jízdy průměrná hodnota $tcpO_2$ 52,17 *mmHg* a na kontrolním sedle 28,5 *mmHg*. (Breda et al., 2005)

Cohen & Gross, 2005, rovněž zkoumali transkutánní penilní prokrvení při jízdě na třech různých sedlech, a zároveň popsali reliabilitu tohoto měření. Ve výsledcích popisují $ICC(3,1)$ 0,76 s průměrným absolutním rozdílem 5,1 (1,8) *mmHg* pro měření cyklistů jedoucích vsedě a pro jízdu ve stoje $ICC(3,1)$ 0,88 průměrnou absolutní odchylkou 7,23 (0,94) *mmHg*. V diskuzi popisují důvody nižší $ICC(3,1)$ pro jízdu vsedě na základě extrémně rozdílných měření u jednoho probanda a shrnují, že měření $tcpO_2$ ve studiích s cyklisty má akceptovatelnou reliabilitu. (Cohen & Gross, 2005)

Reliabilita měření transkutánního $tcpO_2$ a $tcpCO_2$ byla dobře popsána ve studii McDowella et Thiede, 1980, i Králové, 2019, a invazivní měření dle Astrupa z arteriální krve koreluje s výsledky transkutánního měření na hrudi novorozenců více než 0,9. (Králová, 2019; McDowell & Thiede, 1980)

Schwarzer et al., 2002, zároveň v presettingu svého experimentu vyhodnocoval korelaci měření $tcpO_2$ na glans penis a PO_2 z invazivně odebraného vzorku z corpora cavernosa před a po aplikaci prostaglandinu E_1 u 15 mužů. Během šestnácti minut měření erekce koralovaly výsledky těchto dvou metod z 97 %. (Schwarzer et al., 2002)

$TcpCO_2$ naopak během ischemie tkáně roste. Andreozzi et al., 1995, během tříminutových epizod ischemie navozených nafouknutím manžety na kotníku nad systolický tlak zkoumal nárůst pCO_2 u pacientů v různých stádiích onemocnění periferních tepen (PAD – peripheral arterial disease), jak je definuje Fontaine. (Andreozzi et al., 1995)

Závěry jeho studie jsou jednoznačné, čím závažnější stupeň PAD, tím vyšší jsou hodnoty pCO_2 v klidu a zároveň je i větší nárůst během ischemické epizody. „ pCO_2 může být obrazem metabolické výkonnosti tkáně a její resistance k ischemii, kdežto pO_2 značí tkáňovou perfuzi.“ Na základě provedené studie doporučuje Andreozzi et al., 1995, měření pCO_2 u pacientů při obstrukci periferních arterií a doporučuje zařadit toto měření pro běžné použití. (Andreozzi et al., 1995)

Andreozzi et al., 1995, však ve své studii pouze uvádí, že použil tlak pro AOP (arterial occlusion pressure) vyšší než SBP (systolic blood pressure) na kotníku. O kolik vyšší můžeme jen diskutovat. Tuncali et al., 2006, přichází s novou metodou výpočtu, jak dosáhnout nejnižšího AOP pro zamezení toku krve do místa chirurgického výkonu a zároveň snížení rizika iatrogenního poškození pacienta příliš vysokým tlakem. I v jeho studii jsou zmíněny případy parestezií až kompletních periferních paréz, kterým by bylo možné předejít nafouknutím tumiketu na nižší tlak. Jeho nová metoda stanovení odpovídajícího tlaku bere v potaz SBP i obvod končetiny v místě aplikace tumiketu.

$$AOP = (SBP + 10)/K_{TP}$$

Různá tloušťka tkání totiž znamená, že čím větší obvod končetiny, tím menší je tlak pod turniketem. Tuncali et al., 2006, toto měřil invazivně u živých pacientů v celkové anestezii a na základě naměřených hodnot stanovil koeficienty K_{TP} pro končetiny o obvodu 20-75 cm. Pro příklad uvedeme, že u pacienta s obvodem paže pod turniketem $o = 37\text{cm}$, tedy $K_{TP} = 0,78$, vychází výsledný AOP na 141mmHg . (Tuncali et al., 2006)

1.8. Výběr control sedel

Kromě standartně vypadajícího sedla použili v předchozích studiích Schwarzer et al., 2002, a Lowe et al., 2004, kontrolní sedla zcela nestandardních tvarů, díky kterým bylo možné sledovat velké rozdíly v naměřených hodnotách. (Lowe et al., 2004; Schwarzer et al., 2002)

Vývoj sedel se od přelomu tisíciletí posunul a v dnešní době se při výběru cyklistického sedla dává důraz na odpovídající šířku sedla ke vzdálenosti mezi tubera ischiadica. V poslední dekádě se začala objevovat „zkrácená“ sedla, která mají vyčnívající nos o několik centimetrů zkrácený. K těmto novým tvarům se přidávají i nové technologie výroby, kde se nejnověji využívá i 3D tisku. Ten umožňuje velkou diferenciaci v tvrdosti povrchu sedla a tím lze docílit různých vlastností v různých částech sedla. V zadní části sedla jde zejména o oporu sedacích kostí a sedla jsou v tomto místě tvrdší, naopak zcela na špičce nosu sedla bývají naprosto měkká pro snížení tlaku do perinea.

V rámci snahy o maximální objektivitu výzkumu nebyla kontrolní sedla vybrána expertním názorem, který by vždy zahrnoval velkou míru subjektivity, ale byla vybrány nejprodávanější modely největších cyklistických značek na světě – Specialized a Fizik.

Ředitel projektu Body Geometry ve Specialized Garrett Getter podal informaci, že nejprodávanějším sedlem je Specialized Power, šířka 143 mm.

Dovozce Progresscycle s.r.o. podal informaci o nejprodávanějším sedle Fizik na českém a slovenském trhu za rok 2022, kterým je Fizik Tundra M5 Versus, šířka 126 mm.

1.9. One group pretest-posttest design

U studií tohoto typu je nemožné popsat statistický efekt X na Y, protože neexistuje control group, a výběr testovaných jedinců je opravdu náhodný pouze v ojedinělých případech. Zároveň existuje několik faktorů ohrožujících interní validitu testu, tedy kauzální interpretabilitu, jak ji popisuje Campbell a Stanley, 1963. (Campbell & Stanley, 1963; Knapp, 2016)

Ohrožení interní validity na základě:

Historie: Efekt X působí na skupinu testovaných a má vliv na měřené Y. Současně však může působit jiný efekt Z, jehož působení na Y není zkoumáno nebo známo.

Maturace: Pokud je velký časový rozdíl mezi prvním a druhým měřením, může testovaný vzorek dospět, zestárnout. Může být více či méně zdravý, což může způsobit změnu na Y.

Testování/Tréninku: Pokud je výstupní test kognitivním testem s podobným zněním otázek, může být tento druhý test pro testovaného snazší kvůli familiaritě otázek. Pokud je výsledek testu lepší, může se jednat o efekt tréninku, nikoliv experimentálního zásahu.

Instrumentace: Pokud je skóre vyhodnocováno jiným testujícím, nebo pokud měřicí přístroj ztrácí v čase přesnost měření, může to mít efekt na Y.

Statistické regrese: Pokud je testovaný soubor vysoce nadprůměrný než průměrný testovaný z cílové populace, a pokud byl testovaný soubor s tímto záměrem vybrán, musí se v nadprůměrném počtu situací v testu zlepšit. Jedná se o artefakt eliptického tvaru korelačního diagramu při pozitivním vztahu pretest-posttest výsledků. Jednoduše řečeno, už nemají kam klesnout. V opačném případě vysoce nadprůměrných výsledků dojde v nadprůměrném počtu situací ke zhoršení výsledku. (Campbell & Stanley, 1963)

1.10. PAR-Q+ (modified)

The Performance Assessment Readiness Questionnaire + (PAR-Q+) je dotazník využívaný v situacích, kdy má dotazovaný zájem „výrazně zvýšit svoji fyzickou aktivitu.“ Dotazník pomůže určit, zdali je v této situaci potřeba provést doplňující vyšetření lékařem za účelem povolení zvýšení fyzické aktivity.

Odhaduje se, že tento dotazník využije ročně až 50 miliónů osob po celém světě. Konstrukce dotazníku však nebyla podložena vědeckým výzkumem, nýbrž pouze expertním názorem. Na základě zpětné vazby od uživatelů, lékařů a zdravotnických pracovníků, kdy dotazník vycházel v určitých situacích falešně pozitivně, a tím komplikoval zařazení pohybové aktivity u cílových skupin, kde by pohybová aktivita měla velký pozitivní význam, došlo v roce 2011 k jeho aktualizaci. Nová verze se od staré odlišuje znaménkem „+“ v názvu, a formulace otázek je přesnější, zároveň byl dotazník doplněn i o rozšiřující otázky v případě pozitivní odpovědi a byla zrušena věková hranice pro použití dotazníku, která předtím byla 15-69 let. (Warburton, Jamnik, et al., 2011) Dotazník tak v současnosti u osob s vysokým krevním tlakem indikuje vyšetření lékařem v 0,8 % ve srovnání s předchozími 15,1 % v původní formě dotazníku. V oblasti hypertenze má tento dotazník vysokou specifitu, více než 95 %. V testovaném vzorku ($n = 489$) nebyl jediný falešně pozitivní výsledek. Sensitivita = 0,90 a reliabilita = 0,99. (Warburton, Bredin, et al., 2011)

Studie zabývající se konzistencí a reliabilitou překladů tohoto originálního anglického dotazníku ve Španělsku a Brazílii poukázaly na vysokou korelaci v porovnání s originálním textem. (Schwartz et al., 2019, 2021)

Dotazník PAR-Q+ představuje kvalitní nástroj pro hodnocení rizika pohybové aktivity u osob s vysokým krevním tlakem a srdečními obtížemi, proto bylo rozhodnuto ho v rámci vstupního vyšetření využít. Ve své studii měření tlaků na povrch sedla ho využil také Holliday et al., 2019. (Holliday et al., 2019) Pro potřeby tohoto výzkumu byla základní forma dotazníku rozšířena o více dotazů, specificky na urogenitální komplikace, bolest zad, erekci a ejakulaci v posledních 14 dnech a antropometrické údaje jako výška a váha.

1.11. Přístrojová diagnostika

Na základě výše uvedených teoretických předpokladů bylo rozhodnuto, že pro kvalitní provedení experimentu je zapotřebí kontrola parametrů, které mohou mít vliv na potenciální změny prokrvení penisu při jízdě na kole. Prvním použitým přístrojem v rámci výzkumu byl biothesiometr, který se používá pro vyšetření senzitivity například u syndromu diabetické nohy, ale také při diagnostice erektilních dysfunkcí. Jedná

se o vibrační sondu, u které dochází postupně ke zvyšování amplitudy s navyšováním napětí až do bodu, kdy pacient vibrace ucítí – hraničně senzitivní hladina.

Druhým přístrojem je Retül 3D Fit Systém, technologie používaná pro nastavení posedů a jejich objektivizaci u profesionálních i výkonnostních cyklistů. Tato technologie byla využita pro eliminaci rozdílů v posedu probandů, které by mohly ovlivňovat krevní zásobení do glans penis. Míra antevertze pánve totiž inverzně koreluje s mírou prokrvení glans penis při jízdě v sedě na kole. (Sommer, 2003)

Třetím přístrojem je Wahoo Kickr Bike. Toto stacionární kolo umožňuje jednoduše nastavit libovolnou geometrii kola pro každého individuálního jezdce, zároveň umožňuje nastavit i zaznamenat výkonové parametry, kadenci a tepovou frekvenci.

Čtvrtým přístrojem je Velometrik, tlaková podložka, která snímá tlak na sedlo i jeho rozložení po ploše sedla.

Pátým a posledním měřícím přístrojem je Radiometer TCM5 Flex slouží k měření tcpO_2 a tcpCO_2 modifikovanou Clarkovou elektrodou. Tento transkutánní způsob měření koreluje z 97 % s intrakavernosálním měřením pO_2 (Schwarzer et al., 2002)

1.11.1. Biothesiometr

Biothesiometrie/Neurothesiometrie je metodou běžně využívanou v urologii s cílem objektivního kvantitativního testování vibračního čítí senzorické části vláken n. pudendus a jeho terminální větve n. dorsalis penis. Biothesiometr je elektronická ladička s nastavitelnou amplitudou vibrací, frekvence vibrací je nastavena na 120 Hz. Při měření je dle návodu doporučeno nechat testovací hlavici volně položenou na testované lokalitě a více ji nepřítlačovat. (Bemelmans et al., 1995; Bleustein et al., 2003; Kandeel, 2007; Kaur et al., 2023; Mulhall et al., 2014; Mulhall & Jenkins, 2017; O'Neill et al., 2005; Padma-Nathan & Levine, 1987; Siao & Cros, 2003; Wiggins et al., 2019; Young et al., 1993) Použitým biothesiometrem je Bio-Thesiometer, SN: 3320LP (Bio Medical Instruments Co. Newbury, Ohio, USA)

V devadesátých letech minulého století vzniklo mnoho studií zabývajících se touto diagnostickou technologií, ovšem vzhledem k nízké korelaci výsledků na základě rozdílných metodik nebyly stanoveny obecně uznávané referenční hodnoty výsledků

tohoto vyšetření, jediným užitečným dokumentem je nomogram Bredy et al., 1991. (Breda et al., 1991) Mnoho studií nedokonale definuje testované místo, sílu přítlaku či samotný přístroj, který k testování používali. Některé přístroje udávají stupnici v Hz, některé měří reálnou amplitudu vibračního prvku a některé mají hodnoty bezrozměrné. (Siao & Cros, 2003)

Studie porovávající výsledky vibrační sensitivity evokované akustickou ladičkou a biothesiometrem vyjadřuje obavu nad spolehlivostí výsledků vibrační sensitivity při použití akustické ladičky. (O'Neill et al., 2005) Další studie přináší vhled do validity použití této metody srovnáním s jinými metodami nebo srovnáním výsledků vyšetření z různých částí těla. (Bleustein et al., 2003; O'Neill et al., 2005; Padma-Nathan & Levine, 1987; Wiggins et al., 2019; Young et al., 1993)

Vyšetření biothesiometrem neodhalí místo ani závažnost léze, pro tyto účely se používají SSEP. (Mulhall & Jenkins, 2017)

Pro tento výzkum byl použit modifikovaný Penile Sensitivity Ratio Glans/Finger, kde jsou výsledky z biothesiometrie glans penis vztaženy k výsledkům biothesiometrie posledního článku II. prstu nedominantní horní končetiny. Tím, že se jedná o bezrozměrný poměr dvou výsledků měření, je tak možné srovnávat výsledky z různých biothesiometrů měřících v různých jednotkách mezi sebou. Způsob měření $PSR_{G/F}$ zároveň zvyšuje interní validitu testu. (Wiggins et al., 2019)



Obr. č. 1. - Biothesiometr

1.11.2. Retül 3D Systém

Retül 3D Systém SN: VN0699 (Retül, Louisville, Colorado, USA) je odnoží patřící do koncernu Specialized Bicycle Components (Specialized Bicycle Components, Inc., Morgan Hill, California, USA). Je to jeden ze dvou systémů považovaných za validní i pro vědecké účely na základě testování a srovnání parametrů Retül 3D systému s kamerou Vicon Motion Systems Ltd (Oxford, UK), která je považována za zlatý standard v oblasti analýzy pohybu a oboru kinantropologie. (Fonda et al., 2014; Scoz et al., 2021)

Antropometrické vyšetření, mobilita páteře a Schoberova distance na páteři neměla signifikantní vliv na pohyb pánve při jízdě na trenažeru, pokud není výška sedla výrazně vyšší než optimální. (Sauer et al., 2007)



Obr. č. 2 - Retül 3D Systém – kamera a senzory (Specialized Bicycle Components, Inc., n.d.b)

1.11.3. Wahoo Kickr Bike

Wahoo Kickr Bike (Wahoo Fitness, LLC., Atlanta, Georgia, USA) je nejmodernějším cyklistickým trenažerem na trhu. Do experimentálního výzkumu byl vybrán proto, protože se jedná o zařízení simulující celé kolo, nejedná se o přídavný odpor zadnímu kolu silničního kola, jako je tomu u starších či jiných konstrukčních typů trenažerů běžné. Je na něm možné nastavit výšku i předozadní pozici sedla, výšku i předozadní pozici řídítek a délku klik do téměř libovolné pozice. Tato jednoduchost umožňuje rychle nastavit pozici odpovídající stejným cílovým parametrům i u zcela odlišně vysokých jezdců. Zároveň jeho wattmetr má přesnost měření výkonu do 1 % (interní sdělení z Wahoo Fitness, LLC) a je možné celé zařízení spárovat s počítačem i senzorem tepové frekvence. Tento trenažer se běžně používá pro trénink na virtuálních platformách jako například Zwift nebo Rouvy.



Obr. č. 3. - Wahoo KICKR Bike (Wahoo Fitness, LLC., n.d.)

Wahoo KICKR Bike umožňuje měřit výkon a kadenci i zpracovávat tepovou frekvenci po spárování s hrudním pásem.

1.11.4. Zwift

Platforma Zwift (Zwift, Inc., Long Beach, California, USA) v posledních letech změnila cyklistický indoor trénink a udělala z něj samostatný sport – virtuální cyklistiku. Nové cyklistické trenažery umožňují kontinuální změnu zatížení, kterou si může řídit cyklista sám, nebo může být řízeno aplikací, která tak například simuluje jízdu do kopce nebo z kopce na zvolené trati. S herní grafikou a vizuálem patří tato platforma mezi nejpoužívanější na světě, nabízí k tréninku několik virtuálních světů a má více než 2 miliony uživatelů. Na platformě trénují jak běžní sportovci, tak i profesionálové, a i v tomto odvětví cyklistiky došlo k profesionalizaci a na platformě Zwift se pořádá Mistrovství světa ve virtuální cyklistice, zaštitěné UCI. Kromě cyklistiky nabízí i běžeckou variantu.

Pro výzkum byl Zwift využit pro realistickou simulaci tréninkového nasazení a kvůli familiaritě testovaných cyklistů s touto platformou. Byla zvolena rovinatá trasa Tick Tock o parametrech 19,3 km a 59 m převýšení.



Obr. č. 4. - Trénink na platformě Zwift (Zwift Inc., n.d.a)



Obr. č. 5. - Zwift - grafika (Zwift Inc., n.d.b)

1.11.5. Velometrik Smart BT Cover

Velometrik SmartCover BT (Velometrik GmbH, Neukieritzsch, Germany) je potah na sedlo, který snímá tlakové hodnoty na povrch sedla. Následné vyhodnocení probíhá v komplementárním software VeloBox. Tlaková podložka obsahuje 448 senzorů o rozměru 10x10 mm rozmístěných v síti o 16 sloupcích a 28 řadách. Frekvence snímání dat je 12 Hz, snímací perioda trvá 5 s. V rámci metodiky analýzy snímaných dat je však 100 senzorů po okrajích tlakové mapy považováno za nepoužitelné a pro analýzu tlaku na sedlo se používá 348 senzorů, rozmístěných dle předpokládaného tvaru sedla.

Při měření tlaku na sedlo doporučuje Holliday et al., 2019, nechat jezdce zaujmout jeho přirozenou polohu, a to zejména při změně nastavení posedu nebo výměně sedla za jiné. (Holliday et al., 2019)



Obr. č. 6. - Velometrik Smart BT Cover (Velometrik GmbH, n.d.)

1.11.6. Radiometer TCM5 Flex

Transkutánní měření parciálního tlaku kyslíku pomocí infračerveného světla o vlnové délce 700-900 nm dokáže pronikat biologickou tkání až několik centimetrů do hloubky, a zároveň je primárně pohlcováno oxygenovaným i deoxygenovaným hemoglobinem. Díky měření probíhajícím v reálném čase a jeho neinvazivnosti se tento způsob měření využívá napříč medicínskými obory, při stanovování onkologických diagnóz i při monitoringu v neonatologii či diabetologii. (Xu et al., 2003)

Moderní přístroj Radiometer TCM5 Flex (Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Denmark) umožňuje při použití sensoru 84 měření tcpO₂ a tcpCO₂ zároveň. Předchozí studie zabývající se penilní oxygenací při jízdě na kole popisovaly pouze změny pO₂, a pozorování pCO₂ tak je zcela novou metrikou v této oblasti.

Korelace naměřených výsledků tcpCO₂ přístrojem Radiometer TCM5 Flex a pCO₂ získaného invazivním měřením dle Astrupa z umbilikálního arteriálního katetru nebo z kapilární krve byla vypočtena korelačním koeficientem na 0,924-0,989. (Králová, 2019)

Podobné výsledky popisuje i McDowell et Thiede, tehdy v roce 1980 ještě na původním přístroji Radiometer TCM1. Korelace 75 výsledků invazivního měření PaO₂ z brachiální arterie a neinvazivního měření tcpO₂ transkutánní elektrodou umístěnou na pravé části hrudníku pod claviculou stanovuje korelační koeficient na 0,962. (McDowell & Thiede, 1980)

1.12. Shrnutí poznatků

Cyklistka je populárním sportem napříč kontinenty, věkovými i výkonnostními kategoriemi a má mnoho podob a disciplín. Dle starších studií jsou urogenitální komplikace cyklistů relativně běžnou záležitostí, což dokazuje počet publikovaných studií i způsobů, kterým se autoři snažili vztah mezi cyklistou a sedlem popsat.

Urogenitální obtíže u cyklistů mají nejčastěji charakter genitální hypestezie, což popisují v zásadě všichni autoři. Většina z nich se shoduje i na větším riziku erektilní dysfunkce i impotence u cyklistů. Tyto problémy mohou být způsobeny jak útlakem nervových, tak cévních struktur, a to zejména přímo pod symfýzou. Často uváděná lokalita útlaku v Alcockově kanálu ve většině případů neodpovídá klinickému nález, a pouze v případě současné genitální a perineální hypestezie či hypestezie scrota můžeme mluvit o proximálnější lézi než přímo pod symfýzou.

Nejčastěji popisovaná je léze n. pudendus, případně jeho terminální větve n. dorsalis penis. V Alcockově kanálu probíhá n. pudendus společně s a. a v. pudenda, která se poté dělí na a. dorsalis penis a a. profunda penis.

Jak bylo popsáno v kapitolách výše, publikované hodnoty tlaku na povrchu sedla vysoce převyšují hranice, při kterých dochází k arteriální okluzi, axonálnímu poškození nervu i strukturálnímu poškození kůže. Zároveň je kromě parametrů samotného tlaku potřeba zohlednit i čas, po který tlak na perineum působí, protože dle některých autorů má zcela zásadní vliv na reverzibilitu poškození nervu.

Měření penilního prokrvení transkutánním způsobem vysoce koreluje s hodnotami arteriálního pO₂ a využívá se nejčastěji při monitoringu novorozenců a u akutních stavů v medicíně. Zároveň byly dříve publikovány studie, ve kterých bylo tímto způsobem měřeno penilní prokrvení u cyklistů.

2. Metodologie práce

2.1. Cíle

Cílem této diplomové práce bylo provést experimentální výzkum, který se zabýval rozdíly v penilním prokrvení při jízdě na kole s použitím běžně dostupných cyklistických sedel ve srovnání s na míru vyrobeným, customizovaným sedlem.

Tento experimentální výzkum navazuje na předchozí studie, které jsou v současnosti i více než 20 let staré, aktualizovat je pro současnou podobu cyklistických sedel, zpřesnit metodiku výzkumu a přinést nové poznatky v této oblasti.

2.2. Výzkumné otázky

1. Lze vysledovat závislost míry penilního prokrvení u dospělých výkonnostních cyklistů na typu použitého sedla?
2. Lze vysledovat rozdílné hodnoty penilního prokrvení v závislosti na rozdílném tlaku na povrchu jednotlivých sedel?
3. Lze vysledovat vliv centrálního otvoru v sedle na míře penilního prokrvení?

2.3. Hypotézy

Hypotézy byly stanoveny na základě důkladného studia literatury a osobních expertních zkušeností autora.

H1: V hodnotách transkutánně měřeného penilního prokrvení $tcpO_2$, $tcpCO_2$ u dospělých výkonnostních cyklistů bude statisticky významný rozdíl v měřených hodnotách mmHg v závislosti na použitém typu sedla na hladině významnosti $p=0,05$.

H2: U dospělých výkonnostních cyklistů lze vysledovat vztah mezi tlakem v anteriorní části sedla měřeným tlakovým snímačem umístěným na povrchu sedla a v hodnotách

transkutánně měřeného penilního prokrvení tcpO₂, tcpCO₂ v mmHg na hladině významnosti p=0,05.

H3: Průměrné hodnoty transkutánně měřeného penilního prokrvení tcpO₂, tcpCO₂ v mmHg jsou v intervalu 200-600s statisticky nižší na sedle bez centrálního otvoru na hladině významnosti p=0,05.

2.4. Úkoly práce

1. Rešeršní hledání, studium, analýza a zpracování odborné literatury a příspěvků v kontextu s tématem penilní oxygance, anatomie, andrologických a urologických komplikací, biothesiometrie, PAR-Q+, NIRS, bike fittingu a snímání tlaku.
2. Zajištění materiálního a technického vybavení a zázemí pro experiment.
3. Zajištění patřičné testovací skupiny probandů pro experiment.
4. Definování rizik a obeznámení probandů s průběhem měření a s jeho případnými riziky.
5. Odběr anamnestických údajů probandů a dalších potřebných informací.
6. Provedení vyšetření skupiny cyklistů/cyklistek a kontrolní skupiny s využitím přístroje Biothesiometer, Retül 3D systém, Radiometer TCM5 Flex, Velometrik.
7. Analýza dosažených výsledků.
8. Shnutí získaných výsledků pro vytvoření závěru.
9. Srovnání výsledků s již předem stanovenými vědeckými otázkami a hypotézami, diskuze.

3. Metodika práce

3.1. Design práce

Výzkum byl schválen Etickou komisí FTVS UK dne 4. 4. 2023 pod jednacím číslem 002/2023. Práce je navržena jako experimentální výzkum na skupině záměrně vybraných probandů metodou one group pretest-posttest s cross over designem mezi jednotlivými sedly. Na základě analýzy power experimentálního výzkumu bylo potřeba vyhodnotit 37 probandů na třech různých sedlech. Prvním, záměrně vybraným sedlem, bylo na míru vytvořené, customizované Posedla Joyseat (J = Joyseat) a kontrolní sedla Specialized Power (S = Specialized) a Fizik Tundra M5 (F = Fizik) byla vybrána na základě jejich prodávanosti v roce 2022.

Při zahájení experimentálního výzkumu byli všichni účastníci seznámeni s průběhem a riziky měření a souhlas s účastí ve studii potvrdil v Informovaném souhlasu svým podpisem každý proband. Před zahájením laboratorního měření vyplnil každý proband také modifikovaný PAR-Q+ dotazník (Příloha č. 6). Následoval samotný proces měření probandů sestávající se z metodik měření pomocí pěti přístrojů.

Pomocí biothesiometru byla vyšetřena vibrotaktilní senzitivita n. pudendus. V rámci nastavení posedu na cyklistickém trenažeru proběhlo nastavení zářáček cyklistických treter do stanoveného rozmezí, stejně jako proběhlo nastavení a kontrola celého posedu na cyklistickém trenažeru dle předem určených parametrů systémem Retül Fit. Samotný cyklistický trenažer umožňoval libovolné nastavení geometrie a zároveň ukládal data o podaném výkonu, kadenci a srdeční frekvenci. Pomocí Velometrik Smart Cover BT byl měřen tlak na povrchu sedla. Přístroj TCM5 Flex měřil transkutánně tcpO₂ a tcpCO₂ na glans penis během deseti minut jízdy na sedle. Design byl doplněn o náhodný cross-over mezi jednotlivými sedly. Detailní popis měřicího protokolu je v kapitole 4.2. Průběh testu. Design experimentálního výzkumu je ve formě grafického abstraktu v příloze č. 14.

Každý proband absolvoval desetiminutový interval jízdy na prvním sedle dle příslušnosti do náhodně vybrané skupiny, následovala pětiminutová pauza, během které stál proband vedle kola. Tento proces byl zopakován pro druhé i třetí sedlo. Celkový čas samotného měření byl čtyřicet pět minut (3x10min interval + 3x5min pauza).

3.2. Praktické řešení hrozeb interní validity

V tomto experimentálním výzkumu byla vynaložena veškerá snaha o eliminaci proměnných dle Campbella a Stanley, 1963, s potenciálem ovlivňovat výsledky měření. Problém „Historie“ byl řešen pomocí standardizování pozice jezdce na kole, nastavení zárážek cyklistických treter, měření tlaku na povrchu sedla, měření senzitivity n. pudendus a pomocí vstupních dotazníků pro popis všech variabilit s možným efektem na výsledek měření. „Maturace“ ve smyslu zestárnutí testovaného souboru u dospělých jedinců během dvouhodinového měření v laboratoři nepředstavuje problém. Z hlediska adaptace měkkých tkání v průběhu tří desetiminutových úseků byli probandi rozděleni do šesti skupin, které testovaly sedla v jiném pořadí pro eliminaci efektu adaptace. Problém „Tréninku“ rovněž nepředpokládám jako zásadní, nastavená intenzita jízdy během intervalu byla pro všechny testované poměrově stejná a zcela ve fyzických schopnostech daného jedince. Velkou únavu do posledního intervalu u testovaných nepředpokládám. V rámci „Instrumentace“ byly všechny úkony prováděny jedním examinatorem dle jeho nejlepšího vědomí a svědomí a bohatých zkušeností v oblasti nastavování posedů na kolech. U problému „Statistická regrese“ by se komplikace vyskytovat mohla, byli vybíráni zdraví jedinci bez diagnostikovaných urogenitálních komplikací. (Campbell & Stanley, 1963)

Zároveň byl design experimentálního výzkumu one group pretest-posttest s cross-over mezi jednotlivými sedly v náhodném pořadí sedel v rámci řešení hrozeb interní validity.

3.3. Výběr a popis testovaného vzorku

Záměrný výběr vzorku proběhl s cílem maximálně homogenizovat testovanou skupinu, i samotný proces testování. Očekávaná velikost rozdílu mezi jednotlivými sedly byla malá, proto byla zvolena varianta vysoké standardizace záměrně vybraného vzorku i testovacího procesu za cenu limitace v možnosti generalizace výsledků. Výsledky studie Schwarzera et al., 2002, byly použity pro vypočítání effect size (*Cohen's d* = 0,48). Viz příloha č. 7.

Klíčovými vylučovacími kritérii při výběru testovaných subjektů bylo pohlaví, věk a velká aktivní zkušenost v silniční cyklistice. Parametry, které bylo v rámci testované skupiny potřeba vyloučit, byly hlavně akutní či chronická bolest zad ohodnocena >3 na 11-BS a urogenitální diagnózy. Graficky znázorněno na obrázku č. 7.

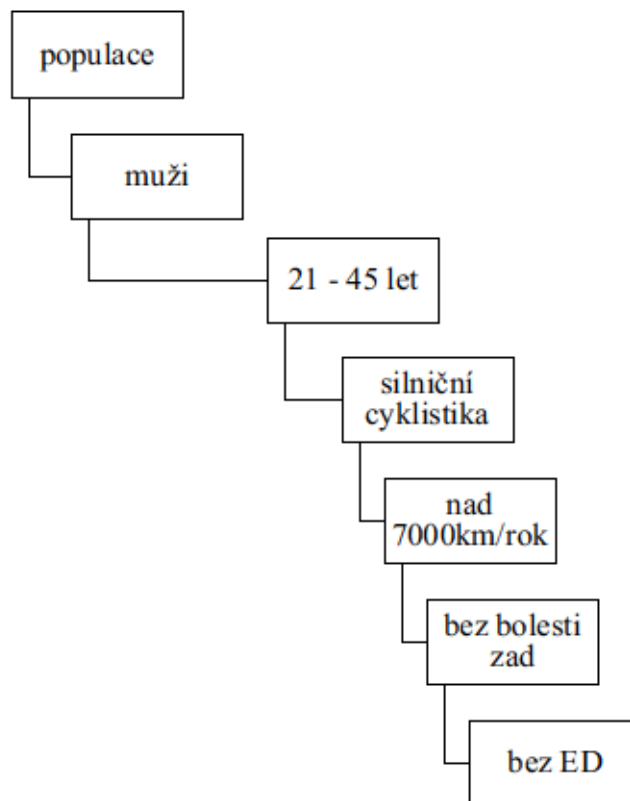
Do studie byly vybráni muži, protože autorovi nebyla známa jediná publikovaná studie, která by tuto problematikou u žen řešila transkutánním měřením krevních plynů. Příčinu můžeme hledat v anatomických a morfologických odlišnostech mužského a ženského genitálu, kde dosud nikdo nepřišel s metodou, jaké parametry a jakým způsobem je u žen spolehlivě měřit.

Omezení věku probandů bylo nastaveno kvůli riziku ED, které s věkem roste. První kategorie mužů 40-49 let má prevalenci ED 6 %, o deset let později to je již o 10 % více. (Eardley, 2013) Kvůli snížení rizika zahnutí cyklistů s ED do studie bylo rozhodnuto stanovit horní hranici věku na 45 let. Viz Tab. č. 1.

Silniční cyklisté byli vybráni z důvodu rozdílného způsobu jízdy na silničním a horském kole. Na horském kole se při jízdě v terénu jezdec na kole pohybuje více, využívá změny polohy těla a těžiště pro rychlý a bezpečný průjezd terénem. To vede k neustálé změně jízdní pozice i časté jízdě ve stoje, byť jen na několik šlápnutí. Kontakt jezdce se sedlem je tak při jízdě na horském kole v terénu často přerušován. Disciplín je v horské cyklistice mnoho, od gravelu, cross country, down country, enduro až po sjezd. V rámci těchto vyjmenovaných kategorií se snižuje čas strávený v kuse v sedle a celkově se zvedá čas strávený jízdou mimo sedlo. Kvůli této vysoké variabilitě byli do studie zařazeni pouze silniční cyklisté.

Nájezd 7000 km ročně se rovná zhruba 260 h jízdy na kole. Tento čas autor považuje za dostatečně významný pro zažití cyklického pohybu a s tím spojený efektivní a plynulý pohyb těla a zejména dolních končetin v cyklistickém krokovém cyklu. Alternativním faktorem byl nájezd alespoň 4000 km v posledním roce, pokud v předešlých 3 letech celkový nájezd přesáhl 20 000 km.

Případná bolest zad byla zjišťována v rámci PAR-Q+ modifikovaného dotazníku. Bolest zad ovlivňuje pozici jezdce na kole. (Marineau Belanger et al., 2022; Röhrl et al., 2023) Proto bylo potřeba v testovaném souboru vyloučit tuto příčinu vedoucí ke změně pohybového stereotypu a kontaktu s cyklistickým sedlem. V případě pozitivní odpovědi na otázku bolesti zad při jízdě na kole odpovídali testování označením čísla reprezentující



Obr. č. 7. - Kritéria výběru testovaného vzorku

jejich subjektivní pocit bolesti na škále 11-Box Scale. 11-BS patří mezi vizuální analogové škály (VAS) využívané pro hodnocení bolesti pacienty. Výhodou této škály byl výběr konkrétního čísla reprezentující subjektivní bolestivost, vyšetřující tak nemusí měřit vzdálenost jako na The 101 – point Numerical Rating Scale (NRS – 101), čímž byla eliminována chybovost měření a zároveň nevzniká problém změny délky škály při tisku nebo skenování dokumentu. (Chapman et al., 1985; Jensen et al., 1986)

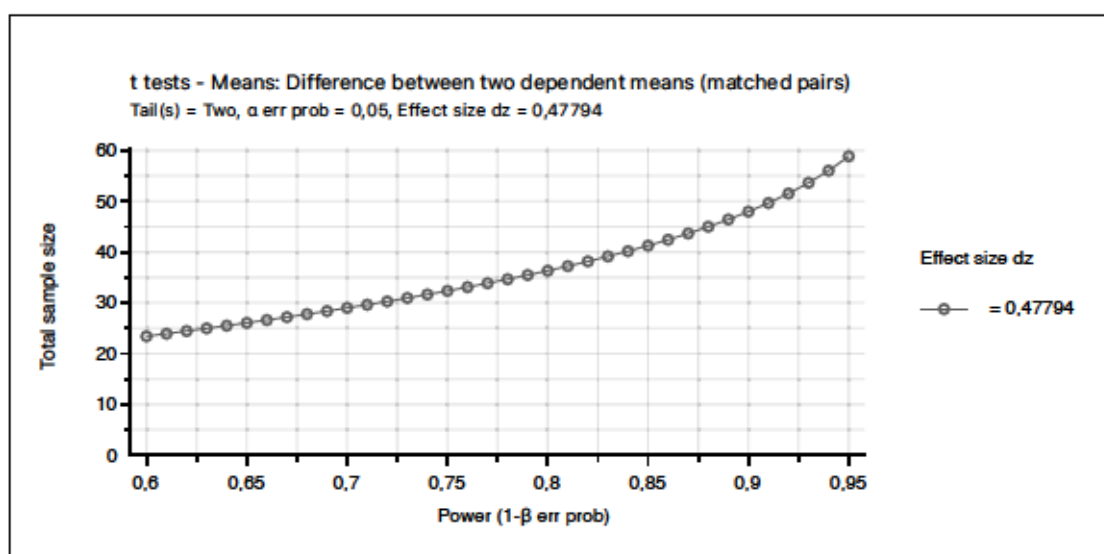
Do výzkumu bylo zařazeno třicet osm zdravých cyklistů dobrovolníků z celkového počtu 72 oslovených. Průměrný věk byl 31,2 (7,2) let, výška 182 (6,00) cm, váha 73,8 (6,4) kg, BMI 22,2 (1,8), bez jednotky. Probandi v průměru najeli 14 240 (8 376) km, a jejich průměrná hraniční výkonnost byla 291 (59) W s průměrnou maximální tepovou frekvencí 191,50 (9,00) bpm, viz tabulka č. 3. Probandi byli seznámeni s průběhem výzkumu a svůj souhlas s účastí stvrdili podpisem Informovaného souhlasu, viz Příloha č.2.

n=30	Průměr	SD
Věk [roky]	31,17	7,24
Výška [cm]	182,00	6,00
Váha [kg]	73,82	6,38
BMI [BJ]	22,21	1,82
Nájezd [km]	14240,00	8375,85
FTP [W]	290,63	59,00
HRmax [bpm]	191,47	8,82

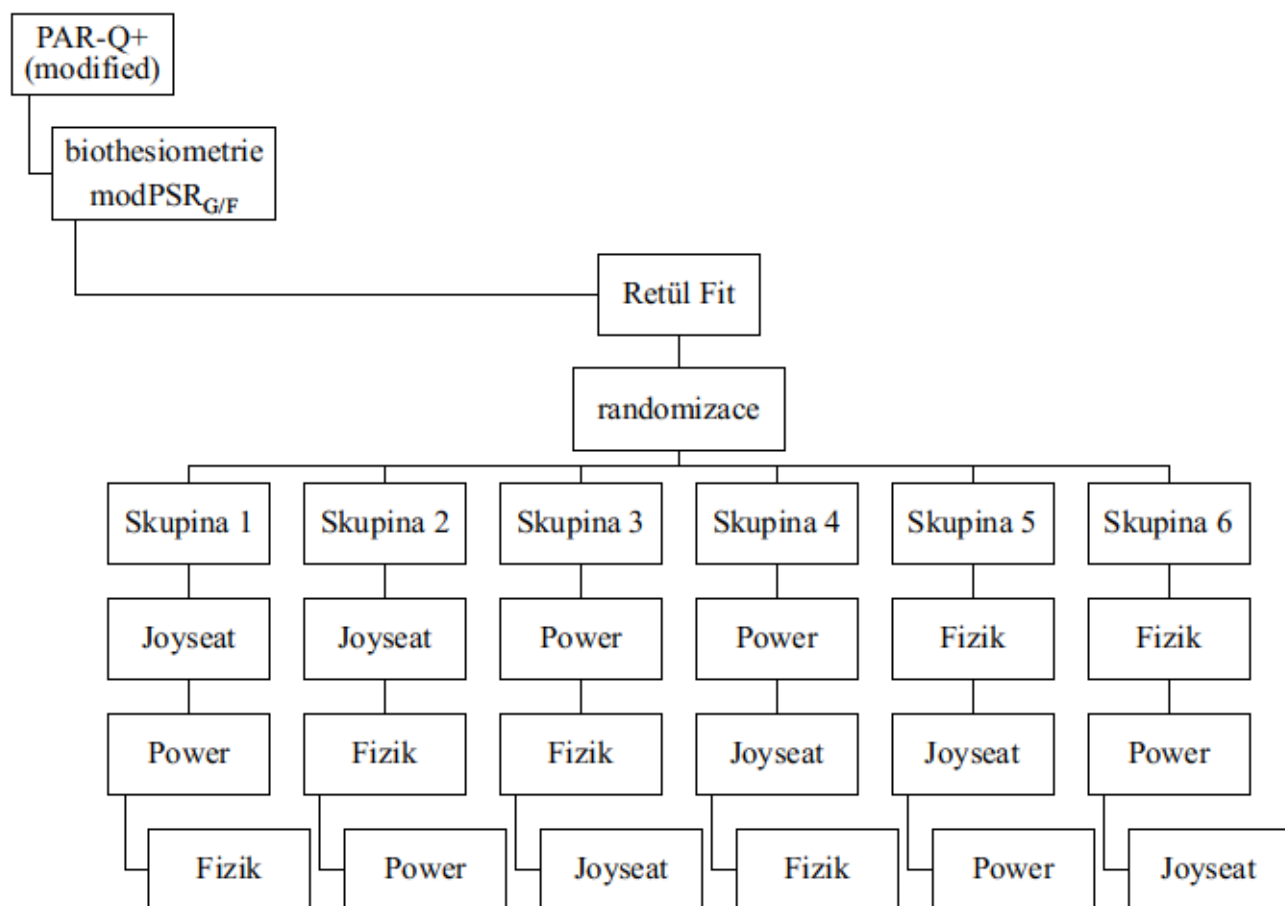
Tab. č. 3. - Deskriptivní statistika testovaného vzorku, (n = 30)

3.4. Síla vzorku G*Power

Velikost testovaného vzorku byla spočítána na 37 probandů při síle nastavené na >0,80 pomocí výpočtu v programu G*Power v. 3.1.9.6 na základě dat ze studie Schwarzera et al., 2002. Vztah mezi power studie a počtem probandů detailněji v tabulce č. 4. a v příloze č. 7. (Faul et al., 2009; Schwarzer et al., 2002)



Tab. č. 4. - Power studie v závislosti na počtu subjektů



Tab. č. 5. - Randomizace procesu testování skupin 1-6

3.5. Cyklistická sedla

3.5.1. Specialized Power

Toto sedlo bylo nejprodávanějším sedlem na světě v roce 2022 u značky Specialized (Specialized Bicycle Components, Inc., Morgan Hill, California, USA). Sedlo Specialized Power se nabízí v několika šířkách – 130 mm, 143 mm, 155 mm a 168 mm. Jako standardní šířka sedla se považuje 143 mm a právě sedlo v této bylo použito v rámci výzkumu jako první control sedlo. Specialized je známý svým programem Body Geometry, ve kterém spolupracují s vědeckými týmy na výzkumu a vývoji produktů, které umožní cyklistům zdravější a komfortnější jízdu. (Holliday et al., 2019) Do této oblasti spadají zejména sedla, ale novinky přinášejí i v oblasti treter, gripů nebo cyklistických rukavic.



Obr. č. 8. - Sedlo Specialized (Specialized Bicycle Components, Inc., n.d.a)

3.5.2. Fizik Tundra M5 Versus

Toto sedlo bylo nejprodávanějším na českém a slovenském trhu v roce 2022 u značky Fizik (Selle Royal Group S.p.A.) Toto sedlo bylo použito v rámci výzkumu jako druhé control sedlo. Šířka 126mm.



Obr. č. 9. - Sedlo Fizik (Selle Royal Group S.p.A., n.d.)

3.5.3. Posedla Joyseat

Výkonnostně orientované cyklistické sedlo vyráběné na míru každému jezdcí. Skládá se z karbonové spodní části (ližiny a skelet) a 3D tištěného polstrování, které nahrazuje tradiční pěnu. 3D díl je uzpůsobený každému jezdcí na základě jeho parametrů (především jeho hmotnost, roční nájezd, věk, typ kola, flexibilita trupu v předklonu a styl jízdy/posedu). Proměnlivý je tvar sedla (příčné a podélné zvlnění), tuhost sedla v jednotlivých zónách a tloušťka polstrování.

Po objednání sedla obdrží zákazník otiskovou sadu, která slouží pro určení rozteče sedacích kostí. Po vytvoření otisku jej zákazník vyfotí a nahraje do konfiguratoru společně s odpověďmi na 9 otázek/parametrů z konfiguratoru. Následně je pomocí fotogrammetrie analyzována sada fotografií otisku, určena rozteč sedacích kostí a společně s parametry jezdce (typ kola, elektrokolo ano/ne, jízdní styl, flexibilita, roční nájezd, typická délka vyjížděky, pohlaví, věk, hmotnost) jsou tyto informace poskytnuty jako vstupy algoritmu (Grasshopper skript), který na jejich základě vygeneruje 3D model sedla a především uzpůsobenou vnitřní strukturu buněk a prutů (lattice/voštinová struktura), která nahrazuje tradiční pěnu. Získaný soubor STL se poté tiskne

na průmyslové 3D tiskárně HP (technologie Multijet Fusion) z práškového termoplastického polyuretanu (TPU). Po vytištění dochází k dalším výrobním krokům (chlazení, čištění, vyhlazování chemickou vaporizací) a poté ke kompletaci tištěného dílu s karbonovými komponenty. Následně je sedlo dodáno zákazníkovi.



Obr. č. 10. - Sedlo Joyseat (Posedla, n.d.)

4. Metody výzkumu

Tento experimentální výzkum navazuje na studie Nayal et al., 2001, Schwarzer et al., 2002, Cohen et Gross, 2005 a Bredy et al., 2005, z přelomu a začátku tisíciletí, kteří měřili penilní transkutánní $tcpO_2$. Cílem bylo provést experimentální výzkum penilního prokrvení u cyklistů na různých typech cyklistických sedel, a porovnat úroveň prokrvení na customizovaném sedle vyráběném na zakázku pro konkrétního jezdce se sedly běžně dostupnými. (Breda et al., 2005; Cohen & Gross, 2005; Nayal et al., 2001; Schwarzer et al., 2002)

V rámci experimentu bylo záměrně vybráno 38 jezdců pro účast ve výzkumu, kteří byli seznámeni s průběhem výzkumu a jeho výstupy a podepsali informovaný souhlas. Design práce byl experimentální výzkum na skupině záměrně vybraných probandů metodou one group pretest-posttest s cross over mezi jednotlivými sedly. Pozice na kole byla nastavena všem jezdcům do podobných hodnot, stejně jako zarážky na jejich tretrách byly umístěny na stejné relativní místo. Testováním byla na začátku testování měřena sensitivita glans penis biothesiometrem, a následně absolvovali tři desetiminutové úseky jízdy na cyklistickém trenažeru dle předem stanovených parametrů zátěže, během kterých byla snímána jejich pozice na kole, měřen transkutánně parciální tlak O_2 a CO_2 na glans penis a zároveň byl snímán tlak na povrch sedla.

V těchto kapitolách jsou popsány jednotlivé prostředky tak, jak byly během testování použity.

4.1. Pilotní studie

V rámci výzkumu bylo provedeno pilotní měření na vzorku tří cyklistů splňujícím vylučovací kritéria s cílem ověřit vliv pozice trupu na penilní oxygenaci při jízdě na kole a velikost efektu při změnách na pozici trupu o 5° . Předchozí studie uvádí zlepšení hodnot transkutánního PO_2 až o 40 % při změně úhlu trupu ze 60° na 90° . (Sommer, 2003) Pilotní studie nepřinesla žádné výsledky kvůli komplikacím se sběrem dat. Na použitém přístroji nebylo možné zajistit vyhovující kontakt senzoru s kůží glans penis. Díky pilotní studii bylo rozhodnuto zajistit kvalitnější a modernější přístroje lépe umožňující sběr dat.

4.2. Průběh testu

Záměrně vybraní cyklisté (n=32) splňující vylučovací kritéria pro zařazení do výzkumu podstoupili následující testovací proces. Veškeré měření každého cyklisty se odehrávalo během jedné návštěvy laboratoře Aplikované kineziologie na FTVS UK v několika krocích. Obrazová dokumentace instalace přístrojů v Příloze č. 8 a probíhajícího měření probanda v Příloze č. 9.

Informovaný souhlas a modifikovaný PAR-Q+ dotazník

Po individuálním příchodu se jezdci převlékli do vlastních cyklistických kraťasů a vyplnili PAR-Q+ modified dotazník a Informovaný souhlas a následně byli losem přiřazeni do jedné ze šesti skupin, viz tabulka č. 5. Na základě odpovědí a jejich vyhodnocení v dotazníku bylo rozhodnuto o pokračování testovaného v procesu měření. Demografické veličiny z dotazníku byly použity pro statistickou analýzu a popis testovaného souboru a individuální nastavení zátěžových parametrů.

Vyšetření sensitivity glans penis – Biothesiometr

Po seznámení se s průběhem vlastního měření a instruktáži následovalo vyšetření modifikovaného PSR_{G/F}. Testovaný ležel na zádech na lehátku, sonda biothesiometru byla přiložena kolmo nejprve na konec třetího falangu druhého prstu nedominantní horní končetiny ventrálně a byla zvyšována intenzita vibrací, dokud první zaznamenaný senzorický vjem vibrace testovaný ohlásil hlasitým „Teď“. Absolutní hodnota na stupnici biothesiometru byla zaznamenána do testovacího protokolu, intenzita vibrací dále zvýšena a v dalším kroku byla intenzita snižována, dokud testovaný ohlásil ztrátu senzorického vjemu hlasitým „Teď“. Tento postup byl zopakován třikrát pro poslední článek druhého prstu nedominantní horní končetiny a následně třikrát pro glans penis dorsálně mediálně. (Mulhall & Jenkins, 2017; O'Neill et al., 2005; Sommer et al., 2010; Wiggins et al., 2019; Young et al., 1993).

Nastavení zarážek cyklistických treter a posedu na cyklistickém trenažeru – Retül Fit

Nastavení kufrů cyklistických treter bylo provedeno dle metody používané při nastavování posedu (osobní zkušenost autora), také popsané v literatuře (Burt, 2022; Cyr & Ascher, 2023) následovně: Na botě bylo označeno místo reprezentující I. MTP kloub na mediální straně boty a V. MTP kloub na laterální straně boty. Dvě paralelní linie vedené v transverzální rovině z těchto bodů, kolmé na osu nohy, vytyčují předozadní oblast nastavení zámku cyklistické tretry. Střed zámku byl umístěn na mediolaterální střed tretry a 1-1,5 cm za linií vedoucí z I. MTP kloubu popsanou výše. (Burt, 2022; Cyr & Ascher, 2023)

Bylo provedeno nastavení posedu do následovně nastavených hodnot systému Retül Fit. Nastavení proběhlo před začátkem prvního desetiminutového testovacího intervalu. Popis geometrie rámu a popis geometrie kontaktních bodů kolo-jezdec bylo zbytné, neboť toto nastavení se promítá do pozice cyklisty při jízdě na kole. Vzhledem k interindividuálním antropometrickým rozdílům jednotlivých jezdců nemá smysl snažit se najít jedno univerzální kolo pro všechny typy a velikosti jezdců, nýbrž naopak uzpůsobit pozici na kole tak, aby tato optimální pozice byla interindividuálně standartizovaná a srovnatelná. Vzhledem k prostorovým dispozicím v laboratoři bylo zvoleno měření systémem Retül Fit provádět z pravé strany, viz Příloha č. 9.

Měřený úhel v kolenní kloubu byl v systému Retül Fit definován mezi osou tibie reprezentovanou senzory na laterálním malleolu a laterálním kondyly femuru jedné dolní končetiny a mezi osou femuru reprezentovanou senzory na laterálním kondyly femuru a trochanterem stejné dolní končetiny. Jedná se o úhel mezi osou tibie a prodloužením osy femuru, jinak nazývaný popliteální úhel, jak ho definuje např. Katz et al., 1992. (Katz et al., 1992)

Popliteální úhel byl měřen v rámci šlapacího cyklu dvakrát, a to při pozici nohy v horní úvratí (TDC - Top Dead Center) a dolní úvratí (BDC - Bottom Dead Center).

Anteroposteriorní poloha těla a nohy vůči Bottom Bracket (BB) byla popsána hodnotou Knee Over Pedal Spindle (KOPS), měřeného jako nejkratší vzdálenost mezi svislou linií spuštěnou z laterálního kondyly femuru a osou pedálu při horizontální pozici klik na noze, která byla anteriorně před BB.

Úhel trupu byl měřen mezi přímkou stanovenou senzorem na trochanteru a na acromionu stejné strany a horizontálně vedenou přímkou s průsečíkem v oblasti trochanteru.

Úhel v rameni byl měřen mezi přímkou stanovenou senzorem na trochanteru a na acromionu a přímkou stanovenou acromionem a senzorem v oblasti processus styloideus ulnae stejné strany s průsečíkem v oblasti acromionu.

Sledované a nastavované parametry jezdce byly tyto:

KOPS [mm]	5 mm - -18 mm
Popliteální úhel při TDC [°]	107° - 113°
Popliteální úhel při BDC [°]	38° - 42°
Úhel v rameni [°]	80°- 85°
Úhel trupu [°]	39° - 42°
Pozice kufrů [mm]	10-15 mm za I. MTP

Tab. č. 6. - Nastavované parametry pozice jezdce

Nastavené cílové parametry byly vždy s instalací nového sedla zkontrolovány a případně upraveny, aby byla zachována stejná pozice jezdce.

Umístění měřící elektrody na glans penis a její kalibrace – TCM 5 Flex

Před umístěním měřící elektrody si proband očistil místo aplikace alkoholovým desinfekčním čtverečkem a následně byla umístěna měřící elektroda na glans penis dorsálně a probíhala kalibrační fáze přístroje, trvající sedm až deset minut, během které proband stál vedle kola. Senzor č. 84 byl před měřením každého probanda kalibrován kalibračním plynem. Teplota senzoru byla nastavena na 44 °C.

Výpočet zátěžových parametrů – Zwift

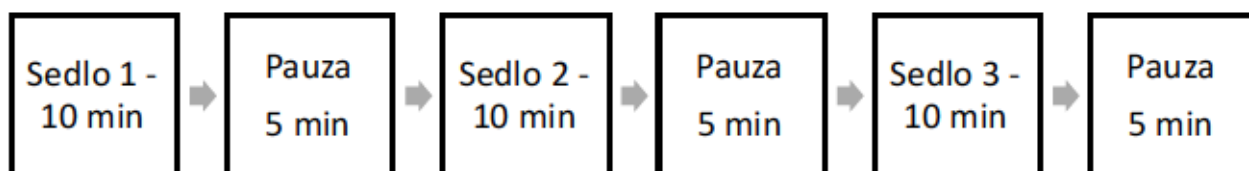
Proběhlo stanovení zón zátěže pro každého cyklistu individuálně. Pro výkon [W] byla stanovena zóna 3 dle Andy Coggana vypočítaná z uvedeného FTP, které cyklista vyplnil v rámci PAR-Q+ dotazníku. Pro srdeční frekvenci byla stanovena zóna 3 dle Timex z uvedené maximální tepové frekvence, opět v PAR-Q+ dotazníku. Výpočty zátěžových zón proběhly automatickým výpočtem v kalkulačce dostupné na trainingpeaks.com. (Friel et al., 2024)

Příprava měření tlaku na povrchu sedla – Velometrik

Instalace sedla pro daného probanda a jeho příslušnosti do testovací skupiny. Párování a aktivace zařízení měřící tlak na povrchu sedla v počítači v komplementárním programu Velobox systému Velometrik. Instalace tlakové dečky na povrch sedla proběhla dle instrukcí výrobce. Tlak byl snímán 15 s během páté minuty měřeného intervalu na každém testovaném sedle.

Simultánní měření penilního prokrvení, parametrů posedu a tlaku na povrchu sedla – TCM5 Flex, Retül Fit, Velometrik

Posledním krokem bylo zahájení prvního desetiminutového intervalu jízdou na sedle zvoleném dle příslušnosti probanda do testovací skupiny a na individuálně stanovené zátěži. Po deseti minutách jízdy na stanovené zátěži následovala pětiminutová pauza a výměna sedla za odpovídající v rámci testovacího protokolu. Tento postup byl zopakován ještě jednou pro třetí sedlo. Graficky znázorněno v obrázku č. 11.



Obr. č. 11. - Vizualizace testovacího procesu

Po uplynutí pěti minut od posledního intervalu byla měřící elektroda sejmuta a testovací proces ukončen.

4.3. Sběr dat

Laboratorní měření a dotazníkové šetření všech jedinců výzkumného souboru probíhalo v období 4/2023-5/2023 v laboratoři Aplikované kineziologie katedry fyzioterapie FTVS UK za dodržení standartních podmínek měření.

Všichni účastníci výzkumu byli zletilí a každý vyplnil dotazník PAR-Q+ modified. Každý z účastníků byl poučen o průběhu a obsahu testování a neinvazivnosti celého procesu a účastníkům bylo sděleno, že rizika spojená s tímto výzkumem nejsou větší než rizika běžně očekávaná rizika v rámci podobného typu výzkumu. Všichni účastníci stvrdili seznámení se s průběhem testování podepsáním informovaného souhlasu, kde uvedli, že souhlasí se zpracováním anonymizovaných osobních dat a jejich využití v rámci výzkumu na FTVS UK.

Dotazníková data byla zaznamenána v papírové podobě. Data z měření biothesiometrie glans penis byla zaznamenána v papírové podobě. Data z nastavení posedu byla zaznamenána v elektronické podobě v komplementárním programu systému Retül 3D System jménem V7 (v. 7.1.73) ve formátu *.pdf*. Data ohledně fyzické aktivity, zejména výkon, kadence a tepová frekvence byly v elektronické podobě automaticky uloženy programem Zwift (launcher v. 1.1.10, game v. 1.52.0) pod příslušným Zwift profilem jako jednotlivé aktivity dle probanda do cloudu ve formátu *.fit*. Data pO₂ a pCO₂ byla uložena v elektronické podobě lokálně v přístroji TCM5 Flex ve formátu *.xl/sx*. Data z tlakové podložky byla zaznamenána v elektronické podobě v komplementárním programu Velobox (v. 2.1.1) do formátu *.dbld*.

Veškerá data jednoho probanda včetně papírových záznamů byla zkonvertována a importována do jednoho Excel souboru pro daného probanda programem Microsoft Excel for Mac (v. 16.54). Tyto soubory sloužily jako výchozí zdroje dat pro další úpravu, jako označení jednotlivých měřených úseků, synchronizace jednotlivých úseků měření v čase, čištění od nepotřebných dat a vytváření komplexních zdrojových souborů všech probandů pro následné statistické zpracování.

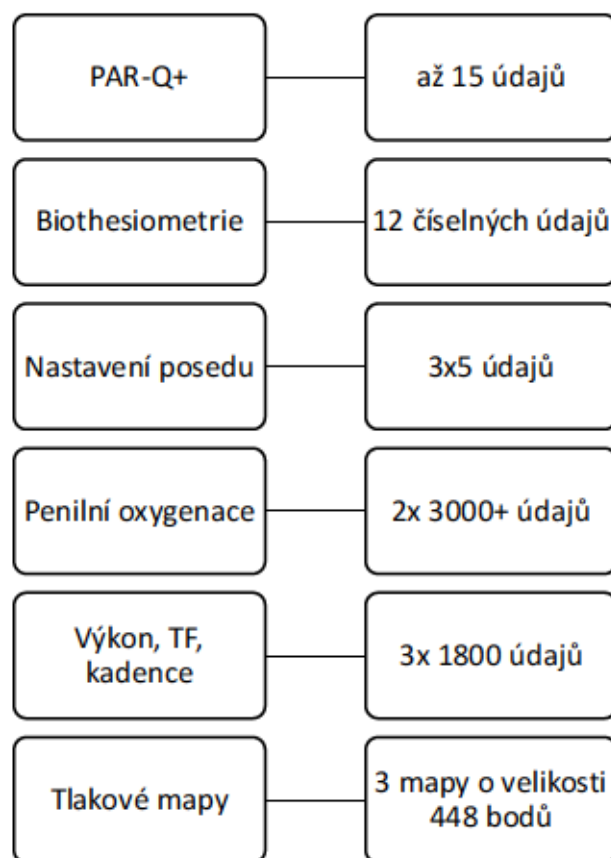
Na základě analýzy chybovosti citačních manažerů bylo rozhodnuto v této práci použít citační manažer Zotero (v. 6.0.37). (Kratochvíl, 2016)

4.4. Získaná data

Během experimentálního výzkumu bylo analyzováno 32 probandů. Jeden proband byl z testování vyloučen na základě tvarové anomálie praepudia znemožňující umístění měřicího senzoru. Další byl diagnostikován s diabetem mellitem I. typu. Celkový počet naměřených probandů byl 30.

Získaná data byla ihned anonymizována, v anonymizované podobě zálohována a podstoupena dalším úpravám. V první fázi byla získaná zdrojová data konvertována do MS Excel (v. 16.54), kde probíhala jejich následná úprava. Prvním krokem byla synchronizace záznamu tcpO₂, tcpCO₂ v čase se záznamem výkonových parametrů (výkon, tepová frekvence, kadence). Následovalo označení jednotlivých desetiminutových intervalů pro jejich další analýzu. Následovala syntéza všech 90 naměřených desetiminutových intervalů do tabulky na jeden list rozřazené dle čísla probanda a sedla. Tlakové mapy byly seřazeny na další samostatný list stejným způsobem. Hodnoty biothesiometrie stejně jako ostatní demografické údaje byly seřazeny do tabulky na jeden list dle čísla probanda.

V rámci zpracování výsledků bylo potřeba vyhodnotit více než 13 000 údajů ke každému probandovi, podrobněji v obrázku č. 12.



Obr. č. 12. - Hodnocená data jednoho probanda

4.5. Statistická analýza

Data byla v první fázi zpracování podrobena nalezení odpovídajících měřených úseků v rámci kontinuálních záznamů a jejich synchronizace v čase s ostatními přístroji.

Pro analýzu dat byl použit statistický program R v. 4.3.2 Eye Holes a statistický balíček pro Microsoft Excel for Mac (v. 16.54) použitý pro deskriptivní statistiku a parametrické t-testy. Pro vyhodnocení vztahů mezi získanými daty penilního prokrvení a tlaku na povrch sedla byl použit lineární smíšený model s náhodným efektem, který kombinuje fixní efekty reprezentující vztahy na úrovni populace s náhodnými efekty, které zachycují variabilitu individua. (Laird & Ware, 1982) Tento sofistikovaný statistický model se používá zejména pro analýzu dat s hierarchickou nebo clustrovou strukturou. Model bere v potaz jak intraskupinové tak interskupinové variability, čímž umožňuje popis vztahů na úrovni populace a jejich vztah k individuálním nebo skupinovým variabilitám, a nabízí tak detailní pochopení komplexních dat získaných v této studii.

Vztah mezi naměřenými hodnotami penilního prokrvení a dalšími parametry, jako rozložení tlaku na povrchu sedla, biothesiometrie, parametry charakterizující testovaný vzorek (BMI, nájed km, věk) či pozice jezdců na kole byl vyhodnocen pomocí lineárního smíšeného modelu (LME) s náhodným absolutním členem specifickým každému jedinci. Při opakovaném pozorování stejného cyklisty na různých sedlech totiž zanášíme do dat souvislosti jako je tomu například v párových problémech. Začleněním náhodného efektu jedince, interpretovatelného jako jeho přirozené vlohy dosahovat lepších či horších výsledků v měřené veličině, odfiltrováváme tyto závislosti, což zabraňuje zkreslení následné statistické analýzy závislosti.

Označme $Y_{s,i}$ napozorovanou hodnotu veličiny charakterizující penilní prokrvení (pO2_change_point, pCO2_change_point, ...) cyklisty i při jízdě na sedle typu s , kde zkráceně značíme (J=Joyseat, F=Fizik, S=Specialized). Potom základní LME model pro odhalení lineárního vztahu mezi veličinou $X_{s,i}$ charakterizující tlakové rozložení na sedle a $Y_{s,i}$ zohledňující i různý typ sedla je dán následujícím vztahem:

$$Y_{s,i} = b_i + \beta_s + \beta_1 X_{s,i} + \varepsilon_{s,i}$$

kde b_i jsou centrované náhodné efekty cyklisty s variabilitou σ_b^2 , β_s jsou efekty typu sedla, β_1 je lineární efekt veličiny X a $\varepsilon_{s,i}$ je chybová složka modelu o variabilitě σ_ε^2 .

Závislost Y na X je zde parametrizována čistě skrz parametr β_1 , a tudíž test hypotézy $\beta_1 = 0$ je ekvivalentní testování nezávislosti těchto dvou veličin. Takto formulovaný model předpokládá stejnou lineární závislost (stejnou velikost směrnice přímky) pro všechna sedla. Lze jej rozšířit následovně:

$$Y_{s,i} = b_i + \beta_s + \beta_{s,1}X_{s,i} + \varepsilon_{s,i}$$

kde má každý typ sedla i svou vlastní směnici. Formuli lze rozšířit o libovolné další lineární efekty doprovodných proměnných (BMI, biothesiometrie, PERI_1 ...) a odfiltrovat tak jejich potenciální efekt. Model byl odhadnut pomocí metody maximální věrohodnosti implementované ve statistickém programu R v balíčku *nlme*. Srovnáním správně zvolené dvojice modelů lze otestovat nejen závislost X a Y (při zohlednění dalších proměnných), ale i různost efektu sedel, nutnost různých přímek pro různá sedla či efekty dalších doprovodných proměnných.

Veškeré testy byly prováděny na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

Přehled a definice analyzovaných parametrů:²

- **pO2_change_point** – bod změny lineárního trendu v intervalu 50-400 s na jiný lineární trend tcpO₂ dle pravidel z kapitoly 4.5.1 - |C|
- **pO2_start** – hodnota prokládané křivky v čase 0
- **pO2_pokles** – směrnice poklesu v druhém úseku - a
- **pO2_zaver** – směrnice přímky v posledním úseku - b
- **pO2_usek1** – průměrná hodnota prvního 20 s úseku - |AB|
- **pO2_usek2** – průměrná hodnota druhého úseku 21-[50, 400] s - |BC|
- **pO2_usek3** – průměrná hodnota třetího úseku [50, 400]-600 s - |CD|
- **pO2_mean** – průměr všech měření tcpO₂
- **pO2_median** – medián všech měření tcpO₂
- **pO2_12s_konec** – průměr posledních 12s měření

² U některých parametrů na konci odkazují písmena na Obrázek č. 13 a 14 s grafickou reprezentací dělení křivky

- **pCO₂_change_point** – bod změny lineárního trendu v intervalu 200-550 s na jiný lineární trend tcpCO₂ dle pravidel z kapitoly 4.5.1 - |F|
- **pCO₂_start** – hodnota prokládané křivky v čase 0
- **pCO₂_narust** – směrnice nárůstu v prvním úseku - *c*
- **pCO₂_zaver** – směrnice přímky ve druhém úseku - *d*
- **pCO₂_usek1** – průměrná hodnota prvního úseku 0-[200-550]s - |EF|
- **pCO₂_usek2** – průměrná hodnota druhého úseku [200-550]-600s - |FG|
- **pCO₂_mean** – průměr všech měření tcpCO₂
- **pCO₂_median** – medián všech měření tcpCO₂
- **pCO₂_12s_konec** – průměr posledních 12s měření
- **pomer_11_8** – poměr zatížení přední a zadní části sedla rozděleného v poměru 11:8
- **logpomer_11_8** – poměr zatížení přední a zadní části sedla rozděleného v poměru 11:8, logaritmické hodnoty
- **pomer_indiv** – poměr zatížení přední a zadní části sedla rozděleného dle identifikace lokálních tlakových maxim ischiálních tuberosit
- **logpomer_indiv** – poměr zatížení přední a zadní části sedla rozděleného dle identifikace lokálních tlakových maxim ischiálních tuberosit, logaritmické hodnoty
- **CVdrift** – procento kardiovaskulárního driftu
- **biothesiometrie** – modPSR_{G/F}
- **PERI_1** – tlak v oblasti perinea o rozloze 36 cm²
- **PERI_2** – tlak v oblasti perinea o rozloze 16 cm²
- **fsedlo** – kategoriální proměnná udávající typ sedla

4.5.1. Hodnoty tcpO₂, tcpCO₂

Byly analyzovány průměry počátečních 12s a konečných 12s měření tcpO₂ a tcpCO₂ pomocí párového Studentova t-testu středních hodnot, byly spočteny jejich standartní odchylky a byl spočítán procentuální pokles tcpO₂ či nárůst tcpCO₂ pro možnost srovnání s výsledky publikovanými ve studii Schwarzer et al. (Schwarzer et al., 2002).

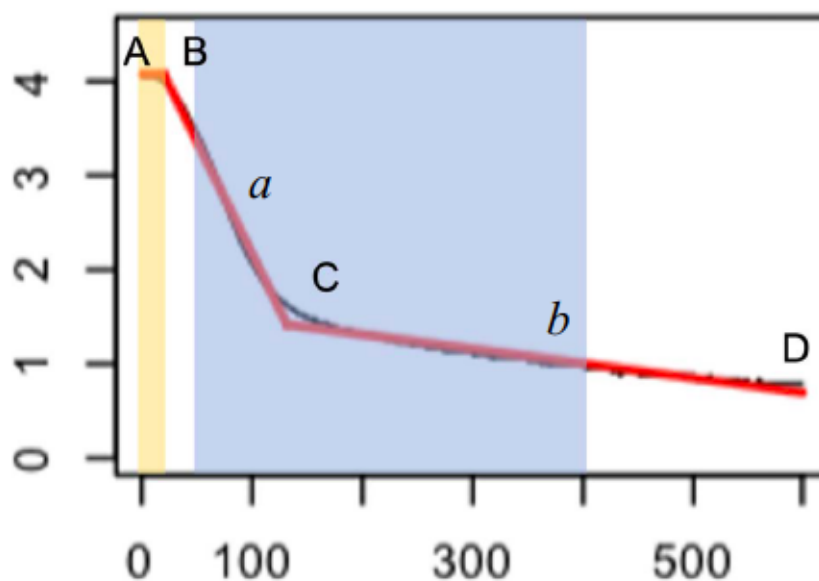
Pro analýzu tvaru křivek a průběhu měřených hodnot byla naměřená křivka tcpO_2 v jednotlivém desetiminutovém intervalu proložena lineárním trendem, který se v určitém bodě mohl změnit na jiný lineární trend, podle následujících pravidel: prvních 20 s konstantních - $|AB|$ poté lineární trend (a) do bodu změny $|C|$ na jiný lineární trend (b), který se nachází kdekoli v intervalu 50-400 s. Viz obrázek č. 13.

Naměřená křivka tcpCO_2 v jednotlivém desetiminutovém intervalu byla proložena lineárním trendem, který se v určitém bodě mohl změnit na jiný lineární trend, podle následujících pravidel: lineární trend (c), který se v bodě $|F|$ v intervalu 200-550 s může změnit na jiný lineární trend (d). Viz obrázek č. 14.

Tento způsob dělí křivku na několik úseků a bodů, jejichž hodnoty byly použity pro statistickou analýzu pomocí lineárního smíšeného modelu s náhodným efektem. Zejména byl použit bod zalomení, respektive jeho vzdálenost od času 0, a směrnice křivek poklesu či nárůstu.

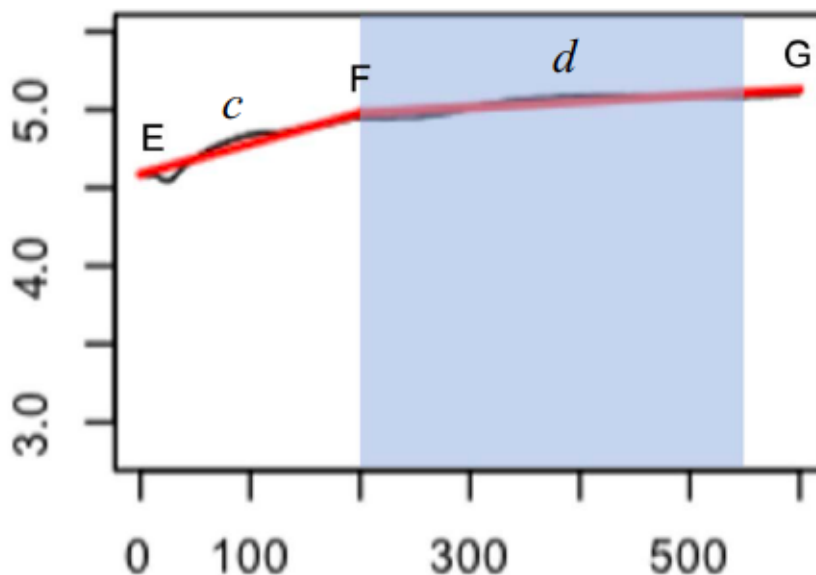
Ukázka všech křivek proložených směrnicemi jednoho testovaného sedla na obrázku č. 15 a č. 16.

Proband 13

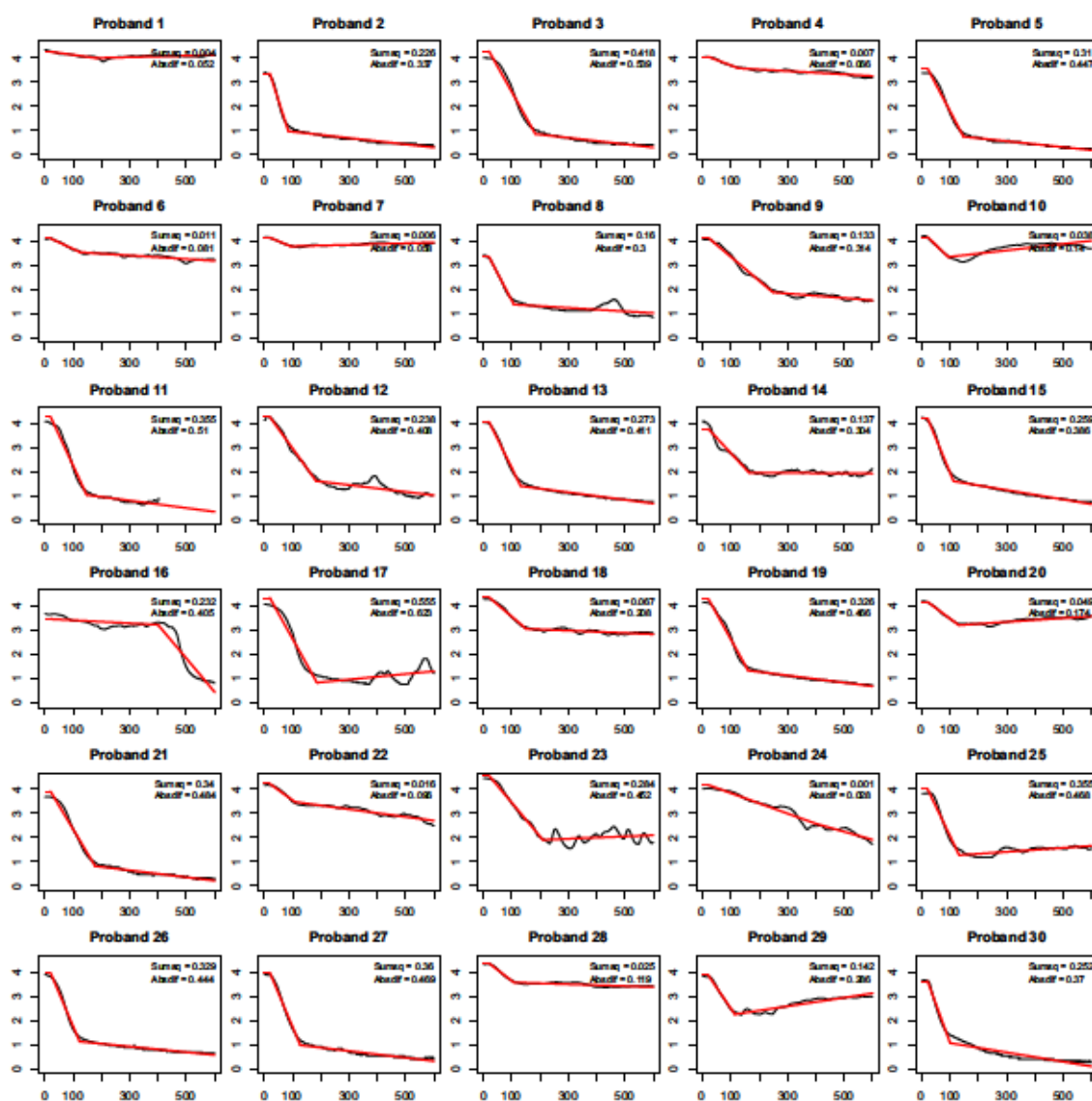


Obr. č. 13. - Rozdělení jednotlivých úseků křivky tcpO_2 na základě proložení křivky směmicemi. $|AB|$ – pO_2 _usek1, $|BC|$ – pO_2 _usek2, $|CD|$ – pO_2 _usek3, a – pO_2 _pokles, b – pO_2 _zaver, $|C|$ – pO_2 _change_point, b – pO_2 _zaver. Žluté pole znázorňuje konstantních úvodních 20s. Modré pole znázorňuje úsek, ve kterém mohlo dojít k bodu zalomení.

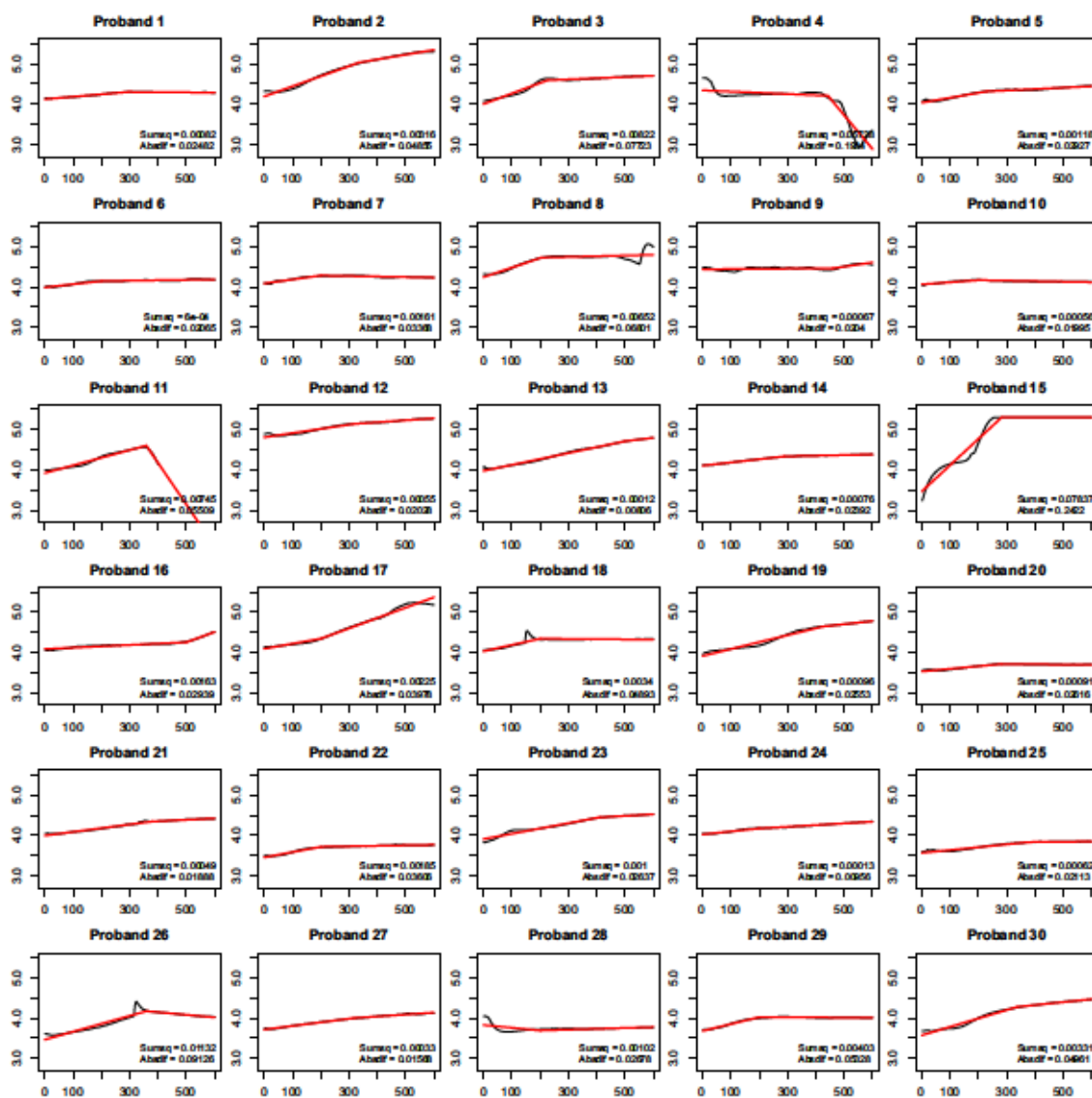
Proband 13



Obr. č. 14. - Rozdělení jednotlivých úseků křivky tcpCO_2 na základě proložení křivky směmicemi. $|EF|$ – pCO_2 _usek1, $|FG|$ – pCO_2 _usek2, c – pCO_2 _narust, d – pCO_2 _zaver, $|F|$ – pCO_2 _change_point. Modré pole znázorňuje úsek, ve kterém mohlo dojít k bodu zalomení.



Obr. č. 15. - Naměřené hodnoty $tcpO_2$ všech probandů na sedle Joyseat a jejich proložení křivkami, ($n = 30$)



Obr. č. 16. - Naměřené hodnoty tepCO_2 všech probandů na sedle Joyseat a jejich proložení křivkami, ($n = 30$)

Ve snaze odfiltrovat situace, kdy docházelo k velkým odchylkám od očekávaného průběhu prokládané křivky byly stanoveny dva parametry Absdif a Sumsq. Absdif označuje zprůměrovaný součet absolutních odchylek od prokládané křivky. Sumsq označuje zprůměrovaný součet kvadratických odchylek od prokládané křivky a tento parametr je velmi citlivý na velká odchýlení od křivky. Čím nižší hodnota, tím lépe daná křivka prokládá napozorovaná data.

4.5.2. Biothesiometrie

Modifikovaný $PSR_{G/F}$ byl spočítán pomocí následujícího vztahu, kde se jedná o průměry tří měření hranice cití glans penis dorsálně a tří měření břicha druhého prstu nedominantní horní končetiny.

$$\frac{\frac{G_{on1} + G_{off1}}{2} + \frac{G_{on2} + G_{off2}}{2} + \frac{G_{on3} + G_{off3}}{2}}{3} \\ \frac{\frac{F_{on1} + F_{off1}}{2} + \frac{F_{on2} + F_{off2}}{2} + \frac{F_{on3} + F_{off3}}{2}}{3}$$

Zjednodušeně

$$\frac{\frac{Průměr_1 (Glans_{on+off}) + Průměr_2 (Glans_{on+off}) + Průměr_3 (Glans_{on+off})}{3}}{\frac{Průměr_1 (Finger_{on+off}) + Průměr_2 (Finger_{on+off}) + Průměr_3 (Finger_{on+off})}{3}}$$

4.5.3. Pozice jezdců

Data pro sledované parametry KOPS, popliteální úhel při TDC, popliteální úhel při BDC, úhel v rameni, úhel trupu byla porovnána mezi třemi skupinami Joyseat, Specialized, Fizik pomocí ANOVA single factor testu na hladině významnosti $p < 0,05$. Normalita rozložení dat pro jednotlivé skupiny byla vyhodnocena Shapiro-Wilk testem i graficky v histogramech.

4.5.4. Tlak na povrch sedla

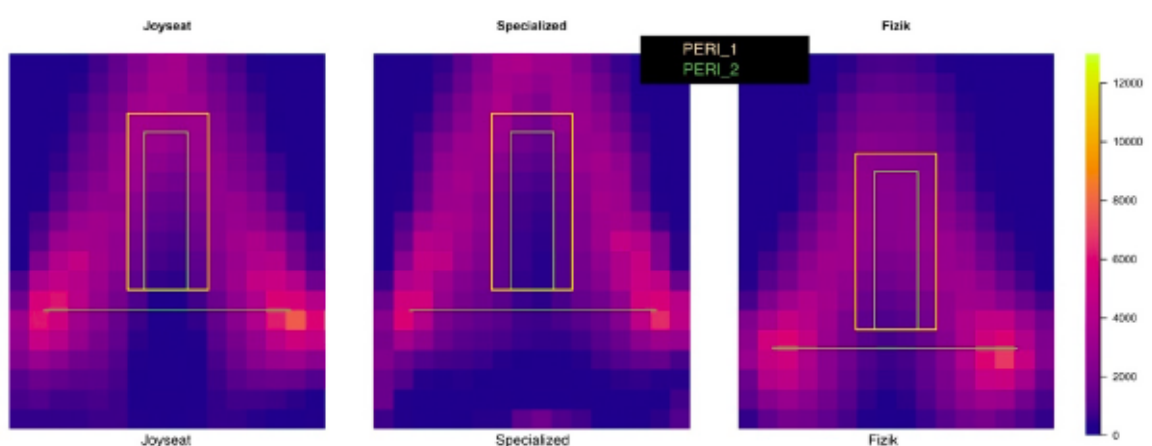
Naměřená tlaková data byla využita pro tvorbu grafických prvků reprezentujících rozložení tlaku na povrch jednotlivých sedel. Zároveň pro srovnání tlaku v anteriorní části sedla bylo nutné sedlo rozdělit na virtuálně anteriorní a posteriorní část. Holliday et al.,

2019, ve svém výzkumu rozdělila mřížku naměřených dat v poměru 7:5 (anterior:posterior). Její mřížka sensorů byla velká 12x9. (Holliday et al., 2019) Velometrik Smart BT Cover zaznamenává data do rastru o velikosti 19x16. Pro co nejsrovnatelnější rozdělení s metodou dle Holliday et al., 2019, byl náš rastr rozdělen poměrem 11:8 (anterior:posterior), což bylo ve srovnání s metodou Holliday et al., 2019, pouze minimálně rozdílné, poměry 0,71 vs 0,73 respektivně.

Rozdělení direktivním poměrem 11:8 však nerespektuje individuální rozdíly ve velikostech sedla a rozdíly v umístění snímací plochy na povrchu sedla, protože její fixace na sedlo není pevná.

Druhá metoda rozdělení tlakové mapy na anteriorní a posteriorní část tak respektuje tyto individuální rozdíly a orientuje se na základě identifikace význačných bodů vytvořených ischiálními tuberositami. Tato lokální maxima byla jasně identifikována u všech provedených měření, stejně jako popisuje více autorů. (Holliday et al., 2019; Lowe et al., 2004; Schrader et al., 2008) Poměr rozdělení rastru na anteriorní a posteriorní část byl volen individuálně tak, aby lokální maxima reprezentující ischiální tuberosity byla celá zahrnuta do posteriorní části rozdělení.

Dalším způsobem analýzy tlaku na sedle bylo spočítání průměrného tlaku v oblasti perinea, kterému odpovídá oblast tlakové mapy o ploše 4x9 sensorů, tedy 36 cm² v případě PERI_1 a 2x8 sensorů, tedy 16 cm², která se nachází před tuberositami.



Obr. č. 17. - Lokalizace PERI_1 a PERI_2

4.5.5. Kardiovaskulární drift

Kardiovaskulární drift byl původně popsán jako progresivní úbytek systolického objemu a nárůstu tepové frekvence při zachování minutového srdečního objemu při střední intenzitě zátěže trvající déle než deset minut. V marketingových termínech sportovního tréninku nalezneme i alternativní pojmenování aerobic decoupling (Pw:Hr, [%]), které je počítáno jako poměr mezi podaným výkonem a tepovou frekvencí popisující vývoj těchto parametrů v průběhu zvoleného intervalu podle vzorce:

$$\frac{\frac{Pw_1}{Hr_1} - \frac{Pw_2}{Hr_2}}{\frac{Pw_1}{Hr_1}} \times 100$$

Kde Pw_1 je průměrný výkon v první polovině intervalu, Pw_2 průměrný výkon v druhé polovině intervalu, Hr_1 průměrná tepová frekvence v první polovině intervalu a Hr_2 průměrná tepová frekvence v druhé polovině intervalu. (Coyle & Gonzalez-Alonso, 2001; TrainingPeaks, n.d.)

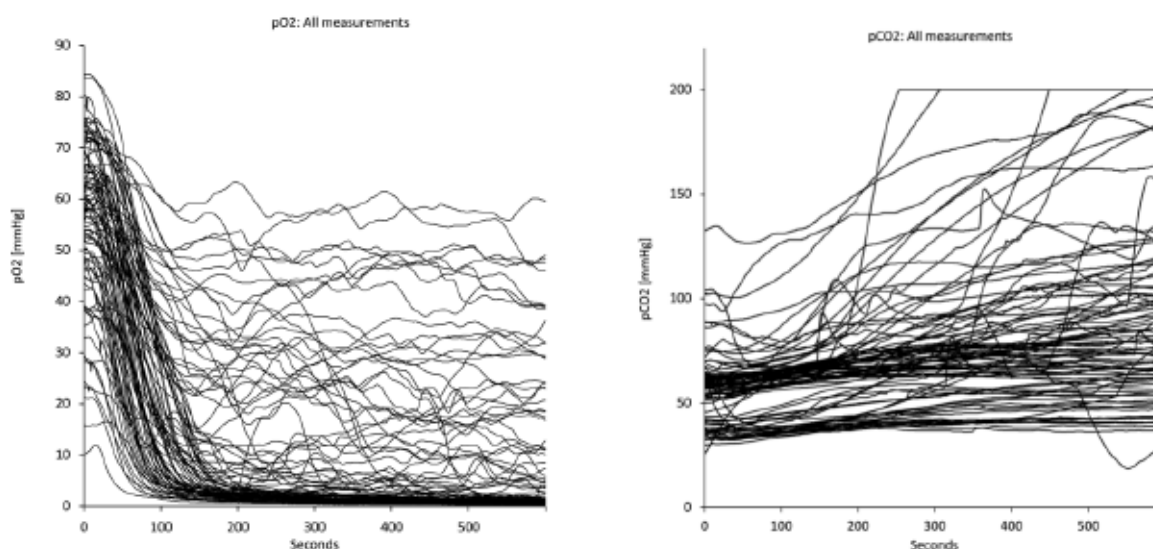
5. Výsledky

Data byla zpracována s cílem potvrzení či vyvrácení stanovených hypotéz, zároveň uvedení výsledků měření jednotlivých přístrojů pro možné dílčí srovnání s dříve publikovanými či v budoucnu prováděnými studiemi.

Kromě jednoduchých t-testů počátečních a konečných hodnot parciálních tlaků krevních plynů a srovnávání jejich průměrů byl pro analýzu různých charakteristik křivek naměřených dat použit lineární smíšený model s náhodným efektem. V rámci této statistické metody byl zkoumán i vliv dalších měřených parametrů na penilní prokrvení, jako byla pozice cyklisty na kole, rozložení tlaku do sedla, hodnoty biothesiometrie či antropometrické údaje probandů.

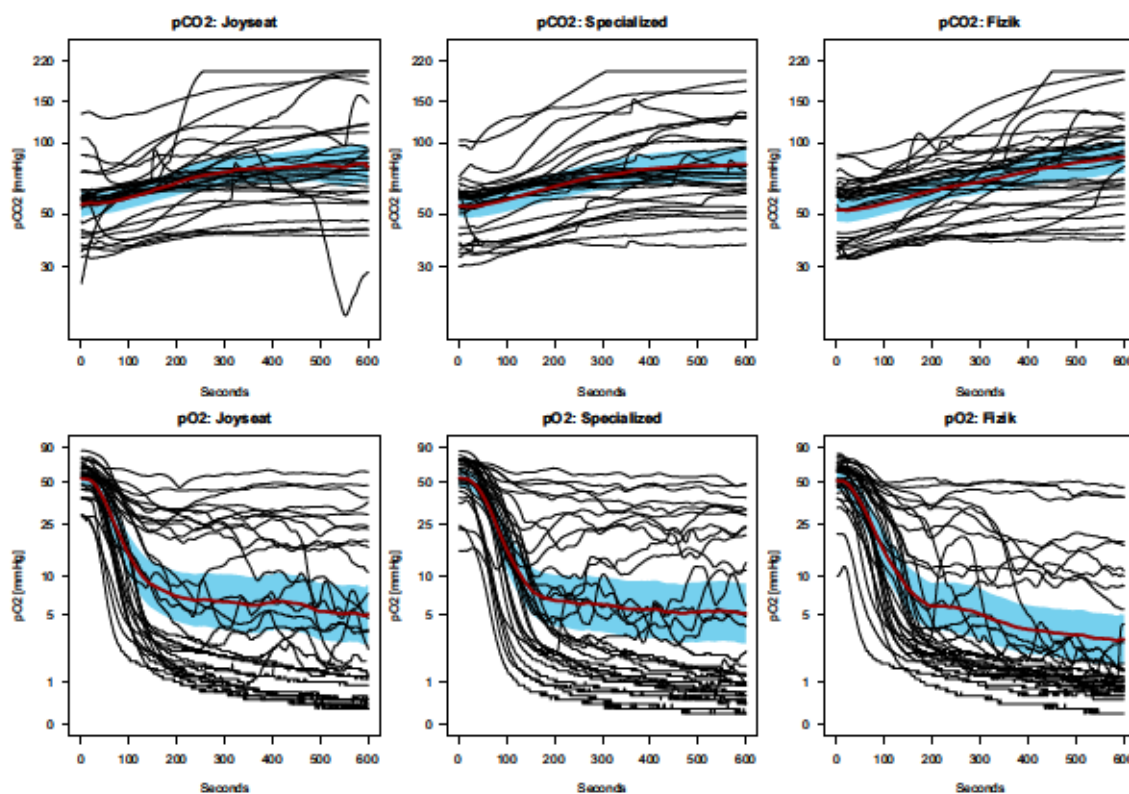
5.1. Hodnoty tcpO₂, tcpCO₂

Na obrázku č. 18 jsou znázorněny všechna provedená měření jednotlivých probandů. Následující analýza se zabývala srovnáním poklesu tcpO₂ nárůstu tcpCO₂ mezi jednotlivými sedly. Zdrojová data jsou ukázána v Příloze č. 10. Publikovat všechna zdrojová data by znamenalo rozšířit tuto práci o 1295 stran příloh.



Obr. č. 18. - Získaná data transkutánního měření tcpO₂ a tcpCO₂, všechna měření, (n=90)

Na obrázku č.19 jsou všechna zaznamenaná měření rozdělena podle jednotlivých sedel, a zároveň ukázána v logaritmickém měřítku, neboť $tcpO_2$ klesala ve většině případů až k hodnotám blízkým nule.

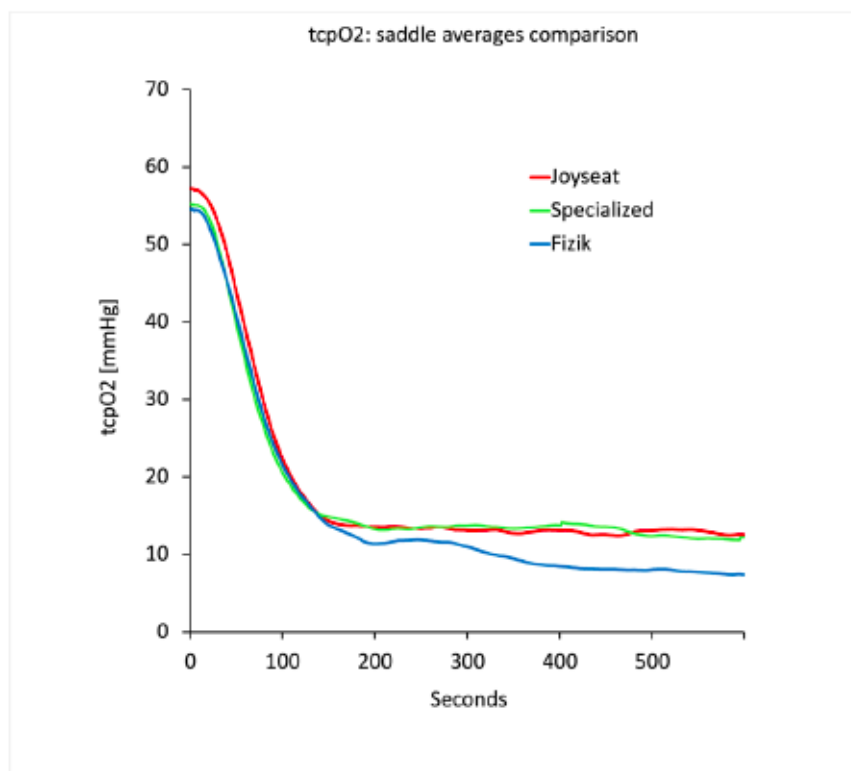


Obr. č. 19. - Získaná data transkutánního měření $tcpO_2$ a $tcpCO_2$ dle jednotlivých sedel, aritmetické průměry, logaritmické měřítko, ($n = 90$)

Tabulka č. 7 shrnuje výsledky počátečních a konečných hodnot $tcpO_2$ a $tcpCO_2$. Jedná se o průměry prvních 12 s měření každého probanda a konečných 12 s každého probanda a rozdíly mezi těmito hodnotami, pro možnost srovnání s daty publikovanými ve studii Schwarzer et al., 2002. (Schwarzer et al., 2002) V tabulce č. 8 najdeme výsledky t-testů těchto konečných úseků mezi jednotlivými sedly a zároveň výsledek t-testu pO_2_usek3 . Průměrné hodnoty všech měření $tcpO_2$ na jednotlivých sedlech najdeme na Obrázku č. 20.

	Joyseat (n=30)		Specialized (n=30)		Fizik (n=30)	
	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Počáteční tcpO ₂ [mmHg]	55,08	14,35	57,01	17,12	54,41	15,75
Konečné tcpO ₂ [mmHg]	11,50	16,11	12,58	15,64	7,39	12,65
Počáteční tcpCO ₂ [mmHg]	58,28	21,48	56,08	16,50	54,26	16,18
Konečné tcpCO ₂ [mmHg]	91,54	48,21	88,63	41,19	94,73	42,14
Pokles tcpO ₂	79,12 %	n/a	77,93 %	n/a	86,41 %	n/a
Nárůst tcpCO ₂	57,08 %	n/a	58,04 %	n/a	74,59 %	n/a

Tab. č. 7. - Výsledky počátečních a konečných hodnot tcpO₂ a tcpCO₂, (n = 90)



Obr. č. 20. - Průměry měření tcpO₂ na jednotlivých sedlech, (n = 90)

Rozdíl v konečném tcpO₂ mezi sedly Specialized (12,58; 15,64) a Fizik (7,39; 12,65) byl při použití párového Studentova t-testu pro průměry posledních 12 s statisticky významný $t_{pO_2_{12s_{konec}}}(29) = 2,25; p < 0,05$. Mezi konečnými hodnotami tcpO₂ na ostatních sedlech statisticky významný rozdíl pozorován nebyl. Viz tabulka č. 8.

Statisticky nevýznamné jsou i rozdíly průměrů pO_{2_usek3} na křivkách tcpO₂ při analýze pomocí Studentova t-testu mezi sedly Specialized (1,89; 1,24) a Fizik (1,58; 1,05) s výsledkem $t_{pO_2_{usek3}}(29) = 1,75; p = 0,09$. Statisticky nevýznamný výsledek mezi sedly Joyseat (1,91; 1,18) a Fizik byl $t_{pO_2_{usek3}}(29) = 1,76; p = 0,09$ a Joyseat a Specialized $t_{pO_2_{usek3}}(29) = -0,14; p = 0,89$.

Výsledky analýzy průměru posledních 12 s měření tcpCO₂ ani pCO_{2_usek2} nejsou statisticky významné. Průměr posledních 12s: Joyseat (91,54; 48,21), Specialized (88,63; 41,19) a Fizik (94,73; 42,14).

tcpO ₂	
Průměr posledních 12s	p
Joyseat/Specialized	0,44
Specialized/Fizik	0,03
Joyseat/Fizik	0,13
pO ₂ _usek3	p
Joyseat/Specialized	0,89
Specialized/Fizik	0,09
Joyseat/Fizik	0,09

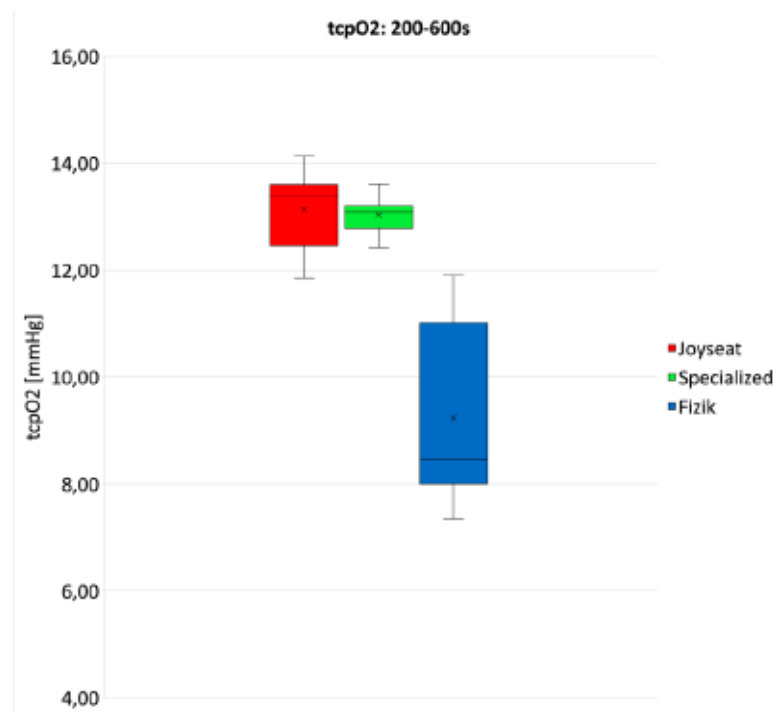
Tab. č. 8. - Analýza průměrných hodnot tcpO₂ posledních 12 s a pO₂_usek3, (n = 90)

V analýze průměrů posledních 12s a hodnot pCO₂_usek2 tcpCO₂ nebyl nalezen jediný statisticky významný výsledek, viz tabulka č. 9.

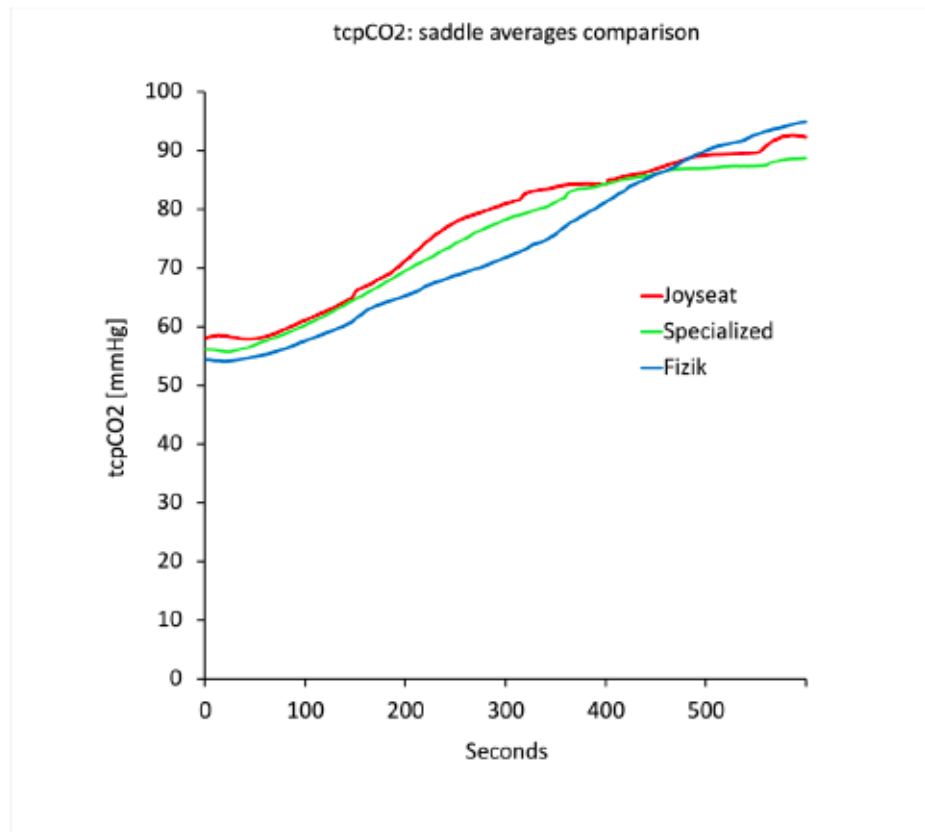
tcpCO ₂	
Průměr posledních 12s	p
Joyseat/Specialized	0,62
Specialized/Fizik	0,18
Joyseat/Fizik	0,56
pCO _{2_} usek2	p
Joyseat/Specialized	0,96
Specialized/Fizik	0,51
Joyseat/Fizik	0,63

Tab. č. 9. - Analýza průměrných hodnot tcpCO₂ posledních 12 s a pCO_{2_}usek2, (n = 90)

Pokles tcpO₂ u sedla Joyseat o 79,12 %, u sedla Specialized o 77,93 % a sedla Fizik 86,41 % na obrázku č. 23. Dále můžeme v intervalu 200-600 s sledovat rozdíly v průměrných hodnotách vyjádřených v boxplotech na obrázku č. 21. Analýzou pomocí single factor ANOVA zjistíme, že rozdíly mezi skupinami nejsou statisticky významné. $F_{200-600}(2, 87) = 0,59, p = 0,55$. Při použití párového t-testu mezi sedlem Specialized (13,03; 16,38) a sedlem Fizik (9,22; 13,76) $t_{200-600}(29) = 1,74; p = 0,09$.



Obr. č. 21. - Boxploty hodnot tcpO₂ v intervalu 200-600 s jednotlivých sedel, (n = 90)



Obr. č. 22. - Průměry měření tcpCO₂ na jednotlivých sedlech, (n = 90)

Navýšení tcpCO₂ o 57,08 % u sedla Joyseat, o 58,04 % u sedla Specialized a 74,59 % u sedla Fizik, viz obrázek č. 22 a 23.



Obr. č. 23. - Procentuální pokles tcpO₂ a nárůst tcpCO₂

Kromě této jednoduché analýzy pomocí porovnání průměrů křivek v jejich různých částech byla data analyzována pomocí již zmíněného lineárního modelu s náhodným efektem. V tomto modelu byla analyzován vliv sedel na parametry jako pO2_change_point, pCO2_change_point, a další jednotlivé části rozdělených křivek jako pO2_pokles, pCO2_narust ve vztahu k ostatním proměnným, například rozložení váhy na sedle logpomer1_1_8 nebo PERI_1.

Z výsledků vyplývá, že efekt typu sedla ve vztahu pO2_change_point ~ fsedlo byl statisticky nevýznamný. Na sedle Joyseat (158,45; 14,70) nastává pO2_change_point průměrně po 158 s od začátku intervalu. Na sedle Specialized (168,32; 16,28) nastává změna o 9 s později, $p = 0,55$, na sedle Fizik (189,18; 16,28) o 31 s později, $p = 0,06$.

Statistický významný rozdíl najdeme i v parametru pCO2_zaver a efektu fsedlo, kde byl rozdíl mezi sedlem Joyseat ($-0,21 \times 10^{-3}$; $0,31 \times 10^{-3}$) a Fizik ($0,81 \times 10^{-3}$; $0,42 \times 10^{-3}$) $p = 0,16 \times 10^{-1}$. Samotný efekt sedla byl v tomto parametru těsně nevýznamný $p = 0,54 \times 10^{-1}$.

V následujícím již zmíněném rozšíření vztahu bylo možné přiřadit každému typu sedla vlastní směrnici, která nemusí být rovnoběžná s ostatními: $Y_{s,i} = b_i + \beta_s + \beta_{s,1}X_{s,i} + \varepsilon_{s,i}$. Tato varianta slouží pro analýzu vztahů více parametrů, zejména rozložení tlaku na sedle. V této variantě najdeme statisticky významné rozdíly při přiřazení jednotlivým sedlům rozdílné přímky závislosti ve vztahu k parametru pCO2_narust ~ logpomer_1_1_8 (logaritmu poměru rozdělení tlaku na sedlech v poměru 1:8) + fsedlo. Tyto rozdílné přímky vedly s úpravou logaritmického poměru pro rozdílná sedla Joyseat ($-0,62 \times 10^{-2}$; $0,46 \times 10^{-2}$) a Fizik ($-1,62 \times 10^{-2}$; $0,49 \times 10^{-2}$) k výsledku $p=0,044$. Mezi sedly Joyseat a Specialized ($-1,59 \times 10^{-2}$; $0,51 \times 10^{-2}$) byl rozdíl těsně nevýznamný $p = 0,06$.

Výsledky analýzy parametru PERI_1 ukazují jednoznačné statisticky významné rozdíly v tlaku do oblasti perinea na jednotlivých sedlech. Rozdíl v tlaku do perinea mezi sedly Joyseat (2048,89; 55,47) a Specialized (1401,47; 67,01) a Joyseat a Fizik (2409,96; 67,01) byl pro oba případy $p < 0,001$, což platí i pro samotný efekt sedla fsedlo v tomto parametru.

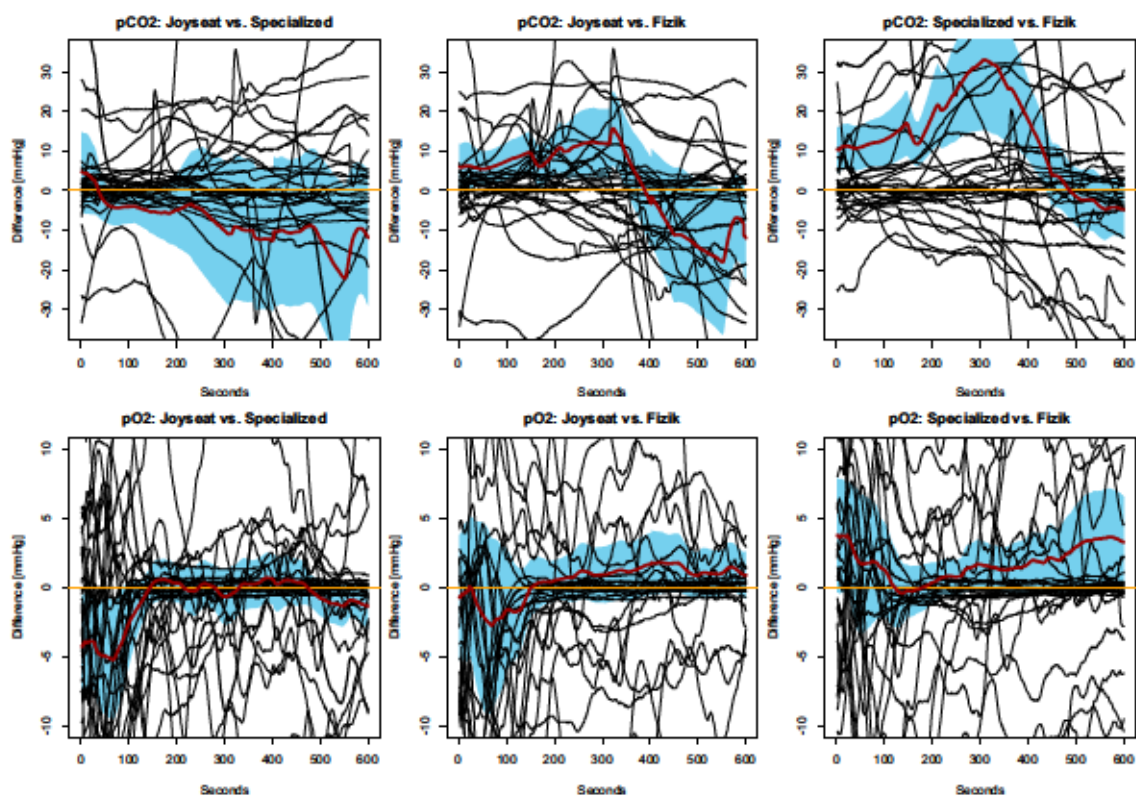
Tyto zcela zásadní rozdíly ve velikosti tlaku v oblasti perinea na jednotlivých sedlech však vedou pouze k několika málo rozdílům ve vztahu k hodnotám tcpO₂

a tcpCO_2 . Při rovnoběžných přímkách závislosti $\text{pO}_2_change_point \sim \text{PERI}_1 * \text{fsedlo}$ nalezneme statisticky významný rozdíl pouze mezi sedly Joyseat (256,17; 57,00) a Fizik (304,12; 18,53) $p = 0,01$.

Specialized (235,16; 23,49). Celkový efekt typu sedla $\text{fsedlo} * \text{PERI}_1$ byl také významný $p = 0,04$.

Jediný další statistický významný rozdíl najdeme při analýze $\text{pCO}_2_usek2 \sim \text{PERI}_1 * \text{fsedlo}$ mezi sedly Joyseat ($502,32 \times 10^{-2}$; 0,33) a Specialized ($502,37 \times 10^{-2}$; 0,35) $p < 0,01$.

Analýza $\text{pCO}_2_change_point$ ani pCO_2_narust žádné statisticky významné rozdíly neodhalila.



Obr. č. 24. - Navázení křivek parametrem Sumsq a srovnání dvojic sedel, pás spolehlivosti pro křivku, (n = 90)

Dokonce ani při snaze snížit vliv situací, kdy prokládaná křivka neodpovídala očekávání a naměřené hodnoty se od prokládané křivky velmi vzdalovaly pomocí navázení křivek parametry Absdif a Sumsq, nedošlo k významnému rozdílu ve výsledcích. Patrný byl rozdíl pouze mezi $tcpO_2$ mezi sedly Specialized a Fizik ve velmi pozdních časech, který spatřujeme i při výše popsaném párovém t-testu konečných hodnot $tcpCO_2$, viz obrázek č. 24.

5.2. Biothesiometrie

Pro možnost porovnání s výsledky jiných studií kromě modifikovaného PSR_{G/F} jsou uvedena i deskriptivně statistická data naměřených hodnot v tabulce č. 10. Ukázka naměřených hodnot je v Příloze č. 11.

	Průměr	SD
Glans _{on} [V]	7,51	2,38
Glans _{off} [V]	8,03	2,26
Glans _{průměr} [V]	7,77	2,17
Finger _{on} [V]	5,84	1,38
Finger _{off} [V]	7,12	2,06
Finger _{průměr} [V]	6,48	1,64
modPSR _{G/F} [BJ]	1,24	0,34

Tab. č. 10. - Výsledky biothesiometrie a modifikovaný PSR_{G/F} (n = 30)

5.3. Pozice jezdců

Vyhodnocení dat naměřených pozic jezdců, jejichž ukázka je v Příloze č. 12, dává výsledky o malé standartní odchylce 2,44 – 17,34 a statisticky nevýznamným rozdílu $p = 0,14 - 0,99$, což bylo v tomto případě žádoucí. Největší variaci najdeme v parametru KOPS. Naměřená data odpovídají předem stanoveným cílům nastavení parametrů posedu. Nastavená pozice jezdců odpovídá moderně nastavovaným závodním a sportovním posedům na silničních kolech. Výsledek ANOVA single factor testu pro jednotlivé parametry pozice neukazují žádný významný rozdíl na jednotlivých sedlech. Detailně v tabulce č. 11. $F_{KOPS}(2, 84) = 1,98, p = 0,14$. $F_{K-FLX}(2, 84) =$

0,18, $p = 0,83$. $F_{K-EXT}(2, 84) = 0,68, p = 0,51$. $F_{rameno}(2, 84) = 0,51, p = 0,60$.
 $F_{trup}(2, 84) = 0,04 \times 10^{-1}, p = 0,99$.

	Celkem (n=87)			Joyseat (n=30)		Specialized (n=29)		Fizik (n=28)		ANOVA
	Průměr	SD	Sample Variance	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD	p-hodnota
KOPS [mm]	1,32	17,34	300,62	4,67	15,38	-3,76	16,75	3,00	19,22	0,14
Popliteální úhel při TDC [°]	110,47	2,44	5,95	110,63	2,58	110,52	2,29	110,25	2,50	0,83
Popliteální úhel při BDC [°]	39,18	3,68	13,55	39,70	3,56	39,24	3,64	38,57	3,88	0,51
Úhel v rameni [°]	82,00	3,67	13,49	81,93	4,00	82,52	3,70	81,54	3,33	0,60
Úhel trupu [°]	42,36	2,44	5,98	42,33	2,48	42,34	2,35	42,39	2,59	0,99

Tab. č. 11. - Výsledné hodnoty nastavení pozice jezdců parametrů KOPS, popliteální úhel při BDC, popliteální úhel při TDC, úhel v rameni a úhel trupu (n = 87)

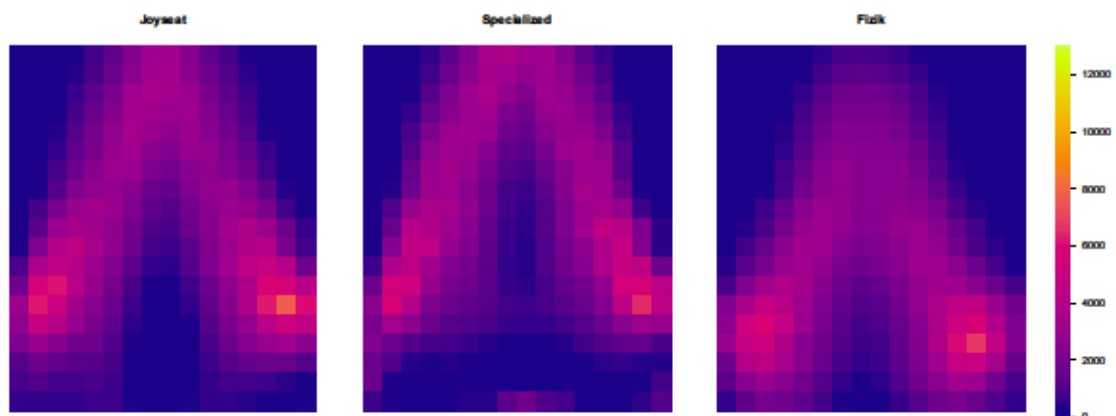
Při porovnání pozic jezdců na jednotlivých sedlech byla pro všechny sledované parametry hodnota p výrazně vyšší než 0,05, žádný statisticky významný rozdíl mezi pozicemi na jednotlivých sedlech, který by mohl vést k rozdílům naměřených hodnot $tcpO_2$ a $tcpCO_2$ nebyl pozorován.

5.4. Tlak na povrch sedla

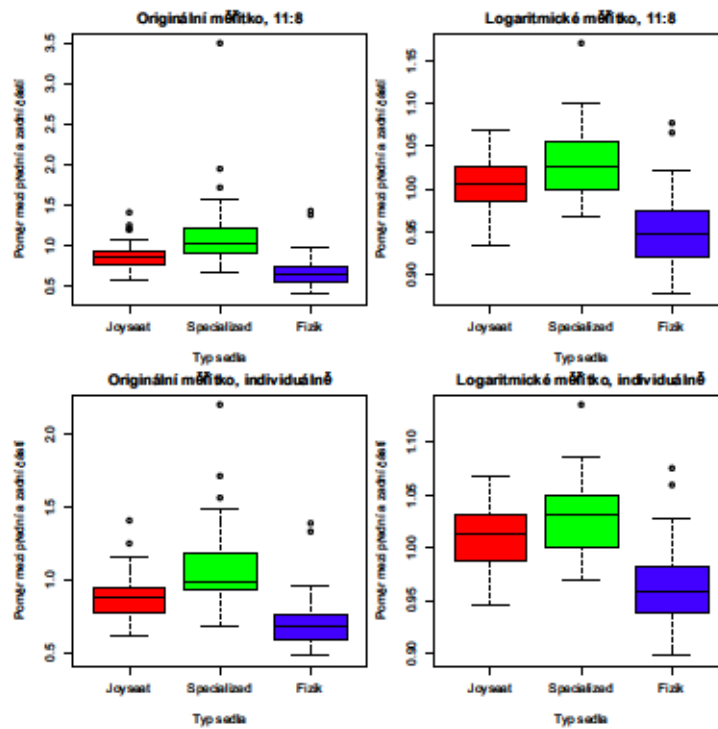
Naměřené tlakové hodnoty, které jsou ukázány v Příloze č. 13, byly zpracovány s několika cíli. Zprv se jednalo o grafickou reprezentaci rozdílného rozložení tlaku

na povrch sedel, viz obrázky č. 25-28, ale hlavním cílem bylo srovnat tlak na sedlech v jejich anteriorní části a dále v oblasti perinea. Výsledky rozdělení sedla na anteriorní a posteriorní část pevným poměrem 11:8 nebo individuálně u každé tlakové mapy na základě identifikace lokálních tlakových maxim odpovídajícím ischiálním tuberositám je možné najít v tabulce č. 12, kde vidíme minimální rozdíly mezi těmito dvěma metodami. (Holliday et al., 2019; Lowe et al., 2004; Schrader et al., 2008). Při analýze logaritmu poměru anterior:posterior $\log_{\text{pomer}}_{11_8}$ dostaneme tyto výsledky: Joyseat (1,01; 0,04), Specialized (1,03; 0,04) a Fizik (0,95; 0,05) a ve srovnání single factor ANOVA nacházíme statisticky významné rozdíly v zatížení přední a zadní části sedla mezi jednotlivými sedly. $F_{\log_{\text{tlak}}_{11_8}}(2, 87) = 25,70, p < 0,001$.

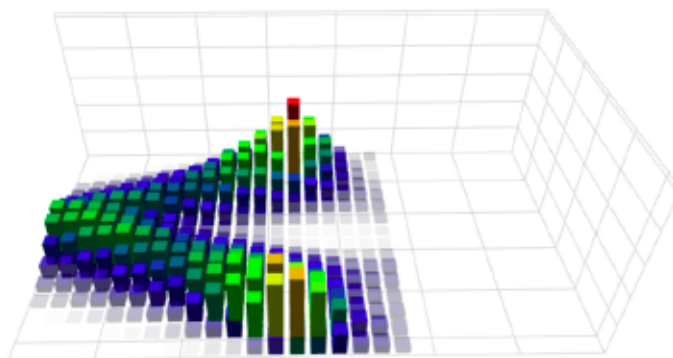
Dalším způsobem analýzy tlaku na sedle bylo spočítání průměrného tlaku v oblasti perinea. Výsledku v mmHg jsou následující: Joyseat (2048,89; 267,70), Specialized (1401,47; 233,19) a Fizik (2409,96; 388,49). Single factor ANOVA se statisticky významným rozdílem mezi tlakem v oblasti do perinea na jednotlivých sedlech $F_{\text{PERI}_1}(2, 87) = 84,845, p < 0,001$.



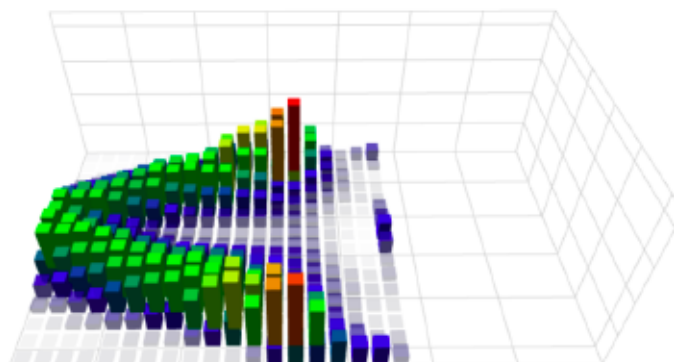
Obr. č. 25. - Grafická reprezentace všech měření na daném sedle, (n = 90)



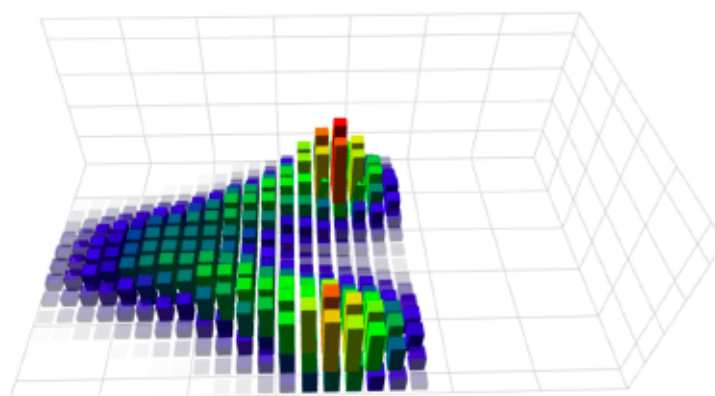
Tab. č. 12. - Srovnání poměrů rozdělení rastrů anterior:posterior při direktivním i individuálním způsobu rozdělení. Lineární i logaritmické měřítko, (n = 90)



Obr. č. 26. - Průměr 30 měření na sedle Joyseat, (n = 30)



Obr. č. 27. - Průměr 29 měření na sedle Specialized, (n = 29)



Obr. č. 28. - Průměr 28 měření na sedle Fizik, (n = 28)

5.5. Parametry výkonu

Jezdci během desetiminutových intervalů podali výkony, které jsou popsány v následujících tabulkách. Průměrná tepová frekvence jezdců byla 135,88 (9,62) *bpm*, průměrný výkon 223,36 (35,33) *W* a průměrná kadence 87,13 (4,71) *ot/min*. Detailněji v tabulkách č. 13-14.

	Průměrné parametry výkonu (n=90)	
	Průměr	SD
HR [bpm]	135,88	9,62
Výkon [W]	223,36	35,33
Kadence [ot/min]	87,13	4,71

Tab. č. 13. - Průměrné výkonové parametry všech probandů, (n = 90)

	Průměrné výkonové parametry dle typu sedla (n=90)		
	Joyseat (n=30)	Specialized (n=30)	Fizik (n=30)
HR [bpm]	135,43	135,84	136,37
Výkon [W]	223,51	222,16	224,41
Kadence [ot/min]	87,44	87,31	86,65

Tab. č. 14. - Průměrné výkonové parametry probandů na jednotlivých sedlech, (n = 90)

5.6. Kardiovaskulární drift

Zpětným sledováním tohoto parametru můžeme určit, jestli nebyly zátěžové cíle pro jezdce nastaveny příliš vysoké. Výsledky pro kardiovaskulární drift na sedle Joyseat 2,45 % (SD 0,79 %), Specialized 2,53 % (SD 0,70 %) a Fizik 2,46 % (SD 0,64 %) ukazují, že zátěžové parametry byly nastaveny zcela v limitech výkonnosti testovaných jezdců a podané výkony nebyly z metabolického hlediska zátěže nadměrně náročné.

6. Diskuze

V návaznosti na předchozí studie bylo cílem popsat rozdíly v penilním prokrvení při jízdě na moderních sportovních cyklistických sedlech. Rozsáhlou analýzou publikovaných studií můžeme zjistit, že parametry tlaku do perinea při jízdě na kole několikanásobně přesahující hranice pro zachování fyziologického prokrvení penisu, pro zachování nervové funkce i pro kožní defekty sedacích partií. (Lowe et al., 2004; Mackinnon, 2002; Tuncali et al., 2006)

V této studii byl proveden experimentální výzkum s použitím současných cyklistických sedel, moderních přístrojů a zařízení. Design studie byl navrhnut pro obsažení všech dosud známých a kontrolovatelných proměnných při tomto typu výzkumu, zohledněn byl nejen vliv pozice jezdce při jízdě na kole, tlak na povrch sedla, nastavení výkonových parametrů a vstupní neurologický stav sensitivity n. pudendus, ale i samotné vylučovací parametry výběru testovacího vzorku byly zaměřeny na vysokou výkonnost a aktivní zkušenost s cyklistikou. Celkově bylo do studie zahrnuto a naměřeno 30 probandů. V rámci testované skupiny bylo testováno osm jezdců úrovně UCI Continental. Do testovacího souboru sedel bylo vybráno sedlo Joyseat české značky Posedla. Kontrolní sedla nebyla vybrána expertním názorem, nýbrž se jedná o nejprodávanější sedla dvou z nejvýznamnějších cyklistických značek. Informace o prodávanosti konkrétních sedel byla zjištěna přímo z oddělení vývoje Specialized sedel pana Garretta Gettera, informace o prodávanosti sedla Fizik byla zjištěna z Progresscycle s.r.o, zástupce značky Fizik pro ČR a SR. Snahou výběru kontrolních sedel bylo použít nejrozšířenější a nejpopulárnější sedla pro co největší validitu výsledků.

Studie přináší aktualizované výsledky měření penilního prokrvení s novějšími přístroji schopnými měřit nejen tcpO₂, ale i tcpCO₂. Díky tomu přináší zcela nové poznatky a popsané hodnoty naměřené v této studii mohou sloužit jako referenční oblast v rámci měření tcpCO₂ na glans penis při jízdě na kole. V rámci výsledků bylo možné potvrdit pokles o průměrně 81 % počáteční hodnoty tcpO₂ již po třech minutách od začátku intervalu. Hodnoty tcpO₂ se vrací na původní hodnoty do minuty od ukončení jízdy na trenažeru. Hodnoty tcpO₂ okamžitě reagují na byť jen několikavteřinovou jízdu ve stoji (vedlejší pozorování). V tomto se výsledky studie shodují s již publikovanými informacemi. (Nayal et al., 2001; Schwarzer et al., 2002)

Zcela nové jsou zde publikované informace o nárůstu tcpCO_2 , který se v rámci desetiminutového intervalu zvýšil o průměrně 63 % počáteční hodnoty. Na základě tohoto pozorování a faktu, že byl nárůst hodnot tcpCO_2 sledován u uměle navozené ischemie, můžeme jednoznačně tvrdit, že během jízdy na kole dochází k penilní ischemii. (Andreozzi et al., 1995)

Rozdíly mezi penilním prokrvením jezdců na jednotlivých sedlech byly statisticky významné pouze v posledních několika desítkách vteřin při srovnání průběhu křivek tcpO_2 na sedle Specialized a Fizik, kde na sedle Specialized byly naměřeny vyšší hodnoty. Existují studie, ve kterých ani po třiceti minutách jízdy nebyl rozdíl mezi sedly prokázán. (Sommer, 2003)

Diskuze k designu studie

Design studie byl one group pretest-posttest, který byl vystaven mnoha hrozbám ohrožující interní i externí validitu, jak ji popisuje Campbell et Stanley, 1963. (Campbell & Stanley, 1963)

Problém „Historie“ bylo ve snaze kontrolovat pomocí použitých přístrojů, a kromě samotného penilního prokrvení měřit a vyhodnotit data ohledně pozice jezdce, tlaku do sedla a vstupní sensitivity glans penis. Problém „Maturace“ nepovažují vzhledem k testování v rámci jedné návštěvy laboratoře za relevantní. Problém „Testování“ byl vyřešen náhodným rozdělením probandů do testovacích skupin, aby probandi měli testovaná sedla v náhodném pořadí a nedocházelo například k ovlivnění výsledků na posledním sedle předchozím měřením, kdyby bylo pořadí sedel pro všechny stejné. Problém „Instrumentace“ byl omezen důslednou kalibrací přístrojů, jejich stálému umístění v rámci laboratoře během testovacího období a provádění všech měřených úkonů jedním testujícím. Problém „Statistické regrese“ byl omezen náhodným pořadím testovaných sedel, ovšem testovaný soubor byl vybrán záměrně vysoce homogenní, což mohlo ovlivnit absolutní hodnoty prokrvení, nikoliv jejich vývoj v čase. Zpětnou analýzou parametrů výkonu bylo možné potvrdit, že nastavená zátěž byla zcela v metabolických schopnostech daného jedince a je možné předpokládat, že nedošlo k ovlivnění výsledků na základě nárůstu únavy probanda v průběhu testování.

Diskuze k biothesiometrii

Rozdíl mezi $PSR_{G/F}$ a modifikovaným $PSR_{G/F}$ použitým v této studii spočívá ve dvou oblastech. Během $PSR_{G/F}$ bylo provedeno jedno měření spodní a horní hranice sensitivity na ukazováku obou horních končetin a stejné měření na levé a pravé straně glans penis. (Wiggins et al., 2019)

U modifikovaného $PSR_{G/F}$ bylo měření horní a spodní hranice vibrotaktilní sensitivity provedeno pouze na ukazováku nedominantní horní končetiny, kde však bylo opakováno 3x. Na glans penis bylo měření provedeno dorsálně, a rovněž opakováno 3x.

Rozdíly v metodách měření mohou vést k nižší standardní odchylce modifikované $PSR_{G/F}$ popsané ve výsledcích této studie. Zároveň na tom má i podíl počet měřených subjektů. V porovnání se studií Wiggins et al., 2019, který vyhodnocuje data z měření 1239 probandů s výsledkem $PSR_{G/F} = 1,5 (0,8)$, bylo v této studii naměřeno a vyhodnoceno měření 30 probandů s výsledkem $modPSR_{G/F} = 1,24 (0,34)$. (Wiggins et al., 2019)

Absolutní hodnoty měření se rozcházejí s nomogramem publikovaným v roce 2017. Normální hodnota je pro věkovou skupinu 30-39 let stanovena na 4 pomocí biothesiometru stejného výrobce. (Mulhall & Jenkins, 2017) Jiný nomogram z roku 1991 stanovuje pro věkovou skupinu 31-40 let hodnotu 6 (3;5) (+2SD; +3SD) pomocí biothesiometru stejného výrobce. (Breda et al., 1991) V roce 2003 naměřil Bleustein et al. průměrné hodnoty počátku vibračního čítí pomocí biothesiometru stejného výrobce s výsledkem 3,82 (1,68) u 22 probandů. (Bleustein et al., 2003) Absolutní hodnoty naměřené v této studii jsou vyšší než výsledky dříve publikovaných studií, poměr $modPSR_{G/F}$ byl však naopak nižší. Důvodem může být modifikace metody měření $PSR_{G/F}$, snížená sensitivity n. pudendus na vibrotaktilní čítí u cyklistů nebo fakt, že použitý přístroj při nastavování intenzity vibrací umožňoval citlivé nastavení až od absolutní hodnoty 2 a je možné, že i přes platné potvrzení provedené kalibrace měřil tento přístroj na škále o 2 jednotky posunutě.

Diskuze k pozici jezdců

Cílové parametry pozice jezdce byly nastaveny na základě osobní zkušenosti autora s více než 500 provedenými bike fity na systému Retül Fit, a to včetně profesionálních jezdců World Tour a olympioniků. Doporučená rozmezí uváděná v samotné aplikaci Retül V7 jsou z pohledu autora zastaralá, stejně jako často publikované hodnoty v odborné literatuře. S vývojem moderních závodních geometrií rámu a novým poznatkům zátěžové fyziologie a biomechaniky jsou v dnešní době závodní posedy většinou nižší (nižší výška sedla) a více vepředu, než tomu bývalo zvykem. Zároveň dochází u profesionálních závodníků i k používání kratších klik.

Největší rozdíly na post-hoc analýze vidíme v hodnotě KOPS, což bylo dáno zejména rozdíly v posazení se na sedlo u jednotlivých jezdců. I když byla sedla nastavena do srovnatelné pozice, někteří jezdci sedí dle jejich individuální preference na stejném sedle například více vepředu, což vede k variabilitě v parametru KOPS. Rozdíly v ostatních měřených parametrech jsou minimální a pozice na kole byla napříč testovaným vzorkem velmi konzistentní.

Bressel et Cronin, 2005, shrnují, že pozice cyklisty a nastavená zátěž jsou faktory ovlivňující tlak na povrch sedla. Nastavení posedu a zátěže na relativně stejné parametry pravděpodobně vedly ke snížení rozdílných vlivů na velikost penilního prokrvení při různě nastavených pozicích nebo při různě nastavené zátěži. (Bressel & Cronin, 2005)

Diskuze k měření tlaku na povrchu sedla

Pro měření tlaku na povrchu sedla byl použit systém Velometrik, pomocí kterého byl tlak na povrchu sedla snímán 15 s během páté minuty testovaného intervalu každého sedla.

Zajímavé bylo, že nebyl pozorován vztah mezi rozložením tlaku na povrch sedla a penilním prokrvením ani v jednom ze dvou testovaných vztahů. Na míru penilního prokrvení neměl statisticky významný efekt ani poměr tlaku na povrchu sedla rozloženého mezi anteriorní a posteriorní část, a na míru penilního prokrvení neměl statisticky významný efekt ani rozdílný tlak v oblasti perinea. Jak poměr v rozložení tlaku mezi anteriorní a posteriorní část sedla, tak tlak v oblasti perinea byly mezi jednotlivými

sedly statisticky významně rozdílné, obojí $p < 0,001$. Důvod, proč se tyto markantní rozdíly na míře penilního prokrvení neprojevíly zůstává nezodpovězený, ale můžeme se domnívat, že vliv může mít i agresivně nastavená pozice jezdce – úhel trupu byl průměrně $42,36^\circ$ ($2,44^\circ$) s malou standardní odchylkou.

Orientační průměrné hodnoty tlaku naměřeného v oblasti perinea $105,08 - 180,69 \text{ mmHg}$ odpovídají dříve publikovaným parametrům a zásadní rozdíl tak v této oblasti nebyl odhalen. (Bressel & Cronin, 2005; Lowe et al., 2004; Spears et al., 2003) Absolutní hodnoty měřené podložkou Velometrik však podléhají dle výrobců značné chybovosti, jejich přístroj měří bezrozměrně v poměrných hodnotách aktuálně zaznamenaného nejvyššího tlaku, a slouží tak pouze jako rámcové referenční hodnoty.

Statisticky významný rozdíl bylo možné sledovat na poměru rozložení tlaku do anteriorní a posteriorní části sedla i na průměrném tlaku v oblasti perinea na jednotlivých sedlech. Z výsledků je patrné, že nejmenší tlak v anteriorní části sedla byl naměřen na sedle Fizik, na kterém však bylo naměřeno i nejnižší hodnoty a největší pokles tcpO_2 a nejvyšší hodnoty a nárůst tcpCO_2 .

Diskuze ke kardiovaskulárnímu driftu

Kardiovaskulární drift a jeho specifická aplikace aerobic decoupling se v rámci tréninku cyklistů používá v celkové analýze podaného výkonu během vytrvalostního tréninku a během samotných intervalů. V tomto vzorci se jedná o poměr mezi srdeční frekvencí a podaným výkonem v první a druhé polovině celého tréninku nebo konkrétního intervalu. Hodnoty do 5 % se v rámci vytrvalostního tréninku vyhodnotí jako kvalitní vytrvalostní trénink, který nebyl příliš „rychlý“ a příliš náročný z fyziologického hlediska. V rámci jednoho intervalu se hodnoty do 5 % považují za výkon, se kterým si tělo jezdce v rámci fyziologie zátěže poradí a nedojde k zatížení, které by bylo z dlouhodobého hlediska desítek minut a hodin neudržitelné. Pokud jsou hodnoty záporné, znamená to, že jezdec v druhé polovině podával vyšší výkon na nižší tepové frekvenci.

V některých používaných, ovšem nepublikovaných postupech se místo průměrného výkonu používá normalizovaný výkon, vzhledem k nastavení cílů zátěže na hodnotu nižší, než byl anaerobní práh i FTP daného jezdce se dá předpokládat,

že i v případě použití normalizovaného výkonu pro výpočet by byly výsledky identické. (Friel et al., 2024)

Diskuze k limitacím experimentálního výzkumu

Vzhledem k množství použitých přístrojů ve studii lze uvažovat chybu na úrovni měření času mezi jednotlivými přístroji v rámci několika sekund. Přístroj TCM5 Flex uvádí čas na základě interního měření přístroje, výkonové parametry získané přes aplikaci Zwift jsou měřeny a uchovány v cloudovém úložišti měřícím čas on-line na podkladě Network Time Protocol. Přístroj TCM5 Flex a všechny ostatní přístroje měřící Clarkovou elektrodou při měření spotřebovávají při měření O_2 v místě aplikace. Přístroj TCM5 Flex měří hodnoty $tcpCO_2$ pouze do hodnoty 200 mmHg , což v několika případech vedlo k nemožnosti změřit průběh nárůstu $tcpCO_2$ v celém rozsahu. Hodnoty biothesiometrie mohou být ovlivněny kalibrací přístroje, v práci jsou uvedeny jak naměřené absolutní hodnoty, tak poměr $modPSR_{G/F}$.

Diskuze k výzkumným otázkám

V tomto experimentálním výzkumu nebyly odhaleny zásadní vztahy mezi typem použitého sedla mírou penilního prokrvení v mmHg. Customizované sedlo nemělo významně lepší parametry než kontrolní sedla. Míra penilního prokrvení na sedle Joyseat byla výsledkově velmi podobná jako na sedle Specialized. Na sedle Fizik byly naměřeny nejnižší hodnoty a křivka $tcpO_2$ klesala na sedle Fizik nejvíc. Statisticky významné rozdíly však na většině testovaných parametrů odhaleny nebyly.

Vliv centrálního otvoru byl patrný ve způsobu rozložení tlaku na sedla mezi jeho přední a zadní částí, a zároveň na velikosti tlaku na povrch sedla v místě odpovídajícímu perineu, kde byly analyzovány statisticky významné rozdíly. Ty však neměly signifikantní vliv na míru penilního prokrvení. Funkce centrálního otvoru na základě výsledků tohoto experimentálního výzkumu není v zabezpečení vyšší úrovně penilního prokrvení.

H1:

„V hodnotách transkutánně měřeného penilního prokrvení tcpO₂, tcpCO₂ u dospělých výkonnostních cyklistů bude statisticky významný rozdíl v měřených hodnotách mmHg v závislosti na použitém typu sedla na hladině významnosti $p=0,05$.“

Naměřené hodnoty byly analyzovány s výsledkem statisticky nevýznamných rozdílů tcpO₂ a tcpCO₂ mezi sedly Joyseat a Specialized (detailně v kapitole Výsledky). Na post-hoc analýzách průměrných hodnot lze vysledovat statisticky významný rozdíl mezi sedlem Specialized a Fizik v posledních několika desítkách vteřin měřeného intervalu.

Výsledky analýzy průměrných hodnot na jednotlivých sedlech lze dobře porovnat se studii Nayala et al., 2001, Schwarzera et al., 2002, a Bredy et al., 2005. (Breda et al., 2005; Nayal et al., 2001; Schwarzer et al., 2002) Absolutní výsledné hodnoty tohoto měření jsou však výrazně nižší a konzistentnější než v předchozích studiích. Diskutují příčinu zejména ve tvarové podobnosti použitých sedel, než například ve studii Schwarzera et al., 2002, nebo Bredy et al., 2005. (Breda et al., 2005; Schwarzer et al., 2002) Ovšem i společné začátky měření tcpO₂ mají mnohem menší rozptyl i nižší průměrnou standardní deviaci než ve studii Schwarzera et al., 2002. Můžeme se domnívat, že to bylo způsobeno přísně nastavenou metodikou, anebo použitím modernější a přesnější instrumentace.

Na testovaných sedlech nebyly pozorovány významné rozdíly v rychlosti poklesu tcpO₂. Nebyl pozorován významný rozdíl ve vzdálenosti bodu zalomení pO₂_change_point mezi směrnicemi od času 0 mezi jednotlivými sedly. Mezi sedlem Joyseat a Fizik tento rozdíl těsně nenabyl statistické významnosti při hodnotě $p = 0,06$. Pozdější výskyt pO₂_change_point u sedla Fizik by bylo možné hodnotit jako pozitivní charakteristiku daného sedla, toto zalomení nastává na sedle Fizik na nižších hodnotách, než u ostatních dvou sedel a naopak se tak dá tvrdit, že na sedle probíhá pokles tcpO₂ po delší dobu a dostává se na nižší hodnoty.

Vývoj tcpCO₂ nebylo možné předem odhadovat, a u křivek tcpCO₂ nedocházelo k tolik výraznému zalomení, což vedlo k větší variabilitě prokládaných křivek.

Ani při navázení křivek dle předpokládaného průběhu pomocí součtu absolutních odchylek od předpokládaného průměru, či druhou variantou pomocí zprůměrovaného

součtu kvadratických odchylek od prokládané křivky nedošlo k významné změně výsledků.

Na základě provedených analýz se tato hypotéza zamítá.

H2:

„U dospělých výkonnostních cyklistů lze vysledovat vztah mezi tlakem v anteriorní části sedla měřeným tlakovým snímačem umístěným na povrchu sedla a v hodnotách transkutánně měřeného penilního prokrvení $tcpO_2$, $tcpCO_2$ v mmHg na hladině významnosti $p=0,05$.“

Mezi jednotlivými sedly existují statisticky velmi významné rozdíly v rozložení zatížení přední a zadní části sedla, i mezi tlakem v oblasti perinea, viz kapitola Výsledky. Tyto rozdíly se však projevují v rozdílném penilním prokrvení na jednotlivých sedlech pouze minimálně, a není možné vysledovat statisticky významný rozdíl jednoho sedla napříč více testovanými parametry. Je možné, že důvodem minimálních rozdílů byl nastavovaný malý úhel trupu všech jezdců. Bressel et al., 2007, na základě svého MRI výzkumu popisuje u cyklisty maximální tlak na sedle pod symfýzou, čímž se shoduje i pracemi Naňky et al., 2007, a Šedého et al., 2006. (Naňka et al., 2007; Šedý et al., 2006)

Bylo by vhodné ověřit vztah variabilního nastavení úhlu trupu jezdce a rozdílného tlaku v různých částech sedla ve vztahu ke změnám na penilní prokrvení.

Na základě provedených analýz se tato hypotéza zamítá.

H3:

„Průměrné hodnoty transkutánně měřeného penilního prokrvení $tcpO_2$, $tcpCO_2$ v mmHg jsou v intervalu 200-600 s statisticky nižší na sedle bez centrálního otvoru na hladině významnosti $p=0,05$.“

Sedlo Fizik, které nemá centrální otvor má průměrné hodnoty $tcpO_2$ v intervalu 200-600 s nižší než ostatní dvě sedla. Sedla Specialized a Joyseat mají v tomto úseku

hodnoty velmi podobné. Rozdíl mezi sedlem Fizik a sedly Specialized a Joyseat ovšem nedosahuje statistické významnosti.

Velké rozdíly v penilním prokrvení na jednotlivých sedlech ve studii Schwarzera et al., 2002, jsou dány velkými tvarovými rozdíly mezi sedly a použitím i zcela atypických sedel. (Schwarzer et al., 2002) Velký rozdíl v hodnotách tcpO₂ mezi dvěma sedly ve studii Bredy et al., 2005, není možné tak jednoduše vysvětlit, v metodice popisuje měření probandů v „pozici 60°“, bez bližší specifikace metod měření úhlu bylo obtížné dělat závěry ohledně pozice jezdce. V dnešní době je to však téměř 20 let od publikace této studie a sedla SMP jsou zastoupena pouze okrajově, dle osobních zkušeností autora je jejich výskyt v dnešním světě profesionální cyklistiky minimální. (Breda et al., 2005)

Na základě provedených analýz a výsledku $p = 0,09$ mezi sedlem Fizik a Specialized se tato hypotéza rovněž zamítá.

Shrnutí:

Proběhlý experimentální výzkum unikátně kombinuje měření tcpO₂ a tcpCO₂ s dalšími technologiemi a postupy pro maximální validitu výsledků. Výzkum penilního prokrvení u 30 cyklistů byl proveden za současného měření pozice jezdce na kole, za současného měření tlaku jezdce na povrch sedla a parametrů výkonu. V rámci vstupního vyšetření byla stanovena vstupní senzitivita n. pudendus na vibrotaktilní cití. Díky tomu bylo možné analyzovat tyto jednotlivé faktory mezi sebou a pokusit se odhalit jejich závislosti. Zároveň tato práce jako první popisuje naměřené hodnoty tcpCO₂ u cyklistů, přináší poznatky v oblasti penilní biothesiometrie u cyklistů a stanovuje nový standart kvality provedení takového typu experimentálního výzkumu.

7. Závěr

Získaná data ukazují, že po třech minutách jízdy na kole je penilní prokrvení $tcpO_2$ sníženo na $14 - 9 \text{ mmHg}$. Ve vztahu s hraniční hodnotou $tcpO_2$ 18 mmHg , která byla ukázána jako potřebná k zachování mitochondriální funkce a syntéze ATP a hodnotou $tcpO_2 < 10 \text{ mmHg}$, která je inkompatibilní se spontánním procesem regenerace tkání, a vede k přestavbě trabekulární hladké svaloviny korpuskulárních těles pojivovou tkání může být penilní ischemie příčinou popisovaných urogenitálních komplikací u cyklistů. (Moreland, 1998; Pierson, 2000; Restrepo et al., 2012; Sommer, König, et al., 2001)

V této studii nebyl potvrzen významný vztah mezi customizovaným sedlem a dvěma běžně dostupnými sedly od dvou různých výrobců patřících mezi největší značky cyklistického trhu na penilní prokrvení u záměrně vybraného vzorku výkonnostních cyklistů $n = 30$. Absenci rozdílů je možné přisuzovat vysokému tlaku na povrch sedla, který násobně převyšuje tlak pro lokální arteriální okluzi i pro strukturální poškození nervové tkáně. Absence rozdílů může být způsobena i malým úhlem flexe trupu jezdců, který v rámci nastavení odpovídá současným parametrům závodního posedu.

Tento experimentální výzkum však přináší výsledky z vysoce regulovaného procesu a postupu sběru dat probandů, jejichž průměrný roční nájezd kilometrů byl 14240 km. Kromě samotného měření penilního prokrvení byla kontrolována přesná pozice jezdců na kole, jejich vstupní neurologický stav sensitivity n. pudendus, byl analyzován tlak jezdců na povrch sedla během měření a jezdci byla nastavena poměrově stejná zátěž.

Novinkou jsou publikované hodnoty $tcpCO_2$, které nebyly nikdy v této oblasti výzkumu publikovány. Na základě naměřených hodnot lze tvrdit, že během jízdy na kole dochází k poklesu $tcpO_2$ a nárůstu $tcpCO_2$, tedy k penilní ischemii. Tento experimentální výzkum zároveň jako první publikuje hodnoty penilní biothesiometrie na vzorku výkonnostních cyklistů.

Fakt, že je tlak na povrch sedla tak velký vede k tomu, že pokud bude cyklistické sedlo tvarem připomínat klasické cyklistické sedlo, tedy s protáhlýmnosem, bude vždy docházet k velmi významnému omezení penilní perfuze. Zdá se, že jakékoliv přídavné

parametry designu sedla jako délka nosu, centrální otvor nebo materiály tak vždy budou mít jen dodatečný efekt malého významu.

Stanovené cíle této práce byly beze zbytku naplněny. Pro experimentální výzkum se podařilo zajistit veškeré přístrojové vybavení, zajistit dostatečný testovací vzorek a naměřit data ze všech přístrojů. Zároveň byly během výzkumu použity nejmodernější postupy, a výzkum ve všech ohledech přináší poznatky získané současnými přístroji, metodami a postupy.

8. Literatura

Seznam použité literatury.

- Andersen, K. V., & Bovim, G. (1997). Impotence and nerve entrapment in long distance amateur cyclists. *Acta Neurologica Scandinavica*, 95(4), 233–240. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1997.tb00104.x>
- Andreozzi, G. M., Riggio, F., Butto, G., Barresi, M., Leone, A., Pennisi, G., Martini, R., & Signorelli, S. S. (1995). Transcutaneous PCO₂ Level as an Index of Tissue Resistance to Ischemia. *Angiology*, 46(12), 1097–1102. <https://doi.org/10.1177/000331979504601204>
- Awad, M. A., Gaither, T. W., Murphy, G. P., Chumnarnsongkhroh, T., Metzler, I., Sanford, T., Sutcliffe, S., Eisenberg, M. L., Carroll, P. R., Osterberg, E. C., & Breyer, B. N. (2018). Cycling, and Male Sexual and Urinary Function: Results from a Large, Multinational, Cross-Sectional Study. *Journal of Urology*, 199(3), 798–804. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2017.10.017>
- Bemelmans, B. L., Hendriks, L. B., Koldewijn, E. L., Lemmens, W. A., Debruyne, F. M., & Meuleman, E. J. (1995). Comparison of biothesiometry and neurophysiological investigations for the clinical evaluation of patients with erectile dysfunction. *The Journal of Urology*, 153(5), 1483–1486.
- Bleustein, C. B., Eckholdt, H., Arezzo, J. C., & Melman, A. (2003). Quantitative Somatosensory Testing of the Penis: Optimizing the Clinical Neurological Examination. *Journal of Urology*, 169(6), 2266–2269. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000065824.35996.c8>
- Breda, G., Piazza, N., Bernardi, V., Lunardon, E., & Caruso, A. (2005). Development of a New Geometric Bicycle Saddle for the Maintenance of Genital–Perineal Vascular Perfusion. *The Journal of Sexual Medicine*, 2(5), 605–611. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2005.00088.x>
- Breda, G., Xausa, D., Giunta, A., Tamai, A., Silvestre, P., & Gherardi, L. (1991). Nomogram for Penile Biothesiometry. *European Urology*, 20(1), 67–69. <https://doi.org/10.1159/000471664>
- Bressel, E., & Cronin, J. (2005). Bicycle seat interface pressure: Reliability, validity, and influence of hand position and workload. *Journal of Biomechanics*, 38(6), 1325–1331. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.06.006>
- Bressel, E., Reeve, T., Parker, D., & Cronin, J. (2007). Influence of bicycle seat pressure on compression of the perineum: A MRI analysis. *Journal of Biomechanics*, 40(1), 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.11.017>
- Burt, P. (2022). *Bike fit: Optimise your bike position for high performance and injury avoidance* (Second edition). Bloomsbury Sport.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Company Boston.
- Carpes, F. P., Dagnese, F., Kleinpaul, J. F., Martins, E. de A., & Mota, C. B. (2009). Effects of Workload on Seat Pressure While Cycling with Two Different Saddles.

- The Journal of Sexual Medicine*, 6(10), 2728–2735. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01394.x>
- Cepeda-Emiliani, A., Gándara-Cortés, M., Otero-Alén, M., García, H., Suárez-Quintanilla, J., García-Caballero, T., Gallego, R., & García-Caballero, L. (2023). Immunohistological study of the density and distribution of human penile neural tissue: Gradient hypothesis. *International Journal of Impotence Research*, 35(3), 286–305. <https://doi.org/10.1038/s41443-022-00561-9>
- Cohen, J. D., & Gross, M. T. (2005). Effect of bicycle racing saddle design on transcutaneous penile oxygen pressure. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 409–418.
- Coyle, E. F., & Gonzalez-Alonso, J. (2001). Cardiovascular Drift During Prolonged Exercise: New Perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(2), 88–92. <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00009>
- Cyr, A., & Ascher, J. (2023). Clinical Applications of Bike Fitting. In T. L. Miller (Ed.), *Endurance Sports Medicine* (s. 285–300). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26600-3_19
- Eardley, I. (2013). The Incidence, Prevalence, and Natural History of Erectile Dysfunction. *Sexual Medicine Reviews*, 1(1), 3–16. <https://doi.org/10.1002/smrj.2>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Fonda, B., Sarabon, N., & Li, F.-X. (2014). Validity and reliability of different kinematics methods used for bike fitting. *Journal of Sports Sciences*, 32(10), 940–946. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.868919>
- Friel, D., Fisher, G., & Friel, J. (2024). *App.trainigpeaks.com* [Software]. TrainingPeaks. trainigpeaks.com
- Garrard, J., Handy, S., & Dill, J. (2012). Women and Cycling. In *City Cycling* (s. 416). MIT Press.
- Gemery, J. M., Nangia, A. K., Mamourian, A. C., & Reid, S. K. (2007). Digital three-dimensional modelling of the male pelvis and bicycle seats: Impact of rider position and seat design on potential penile hypoxia and erectile dysfunction. *BJU International*, 99(1), 135–140. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2007.06542.x>
- Goldstein, I., Lurie, A. L., & Lubisich, J. P. (2007). Bicycle riding, perineal trauma, and erectile dysfunction: Data and solutions. *Current Urology Reports*, 8(6), 491–497. <https://doi.org/10.1007/s11934-007-0054-0>
- Goodson, J. D. (1981). Pudendal Neuritis from Biking. *New England Journal of Medicine*, 304(6), 365–365. <https://doi.org/10.1056/NEJM198102053040627>
- Hafen, B. B., & Sharma, S. (2023). Oxygen Saturation. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525974/>
- Halata, Z., & Munger, B. L. (1986). The neuroanatomical basis for the protopathic sensibility of the human glans penis. *Brain Research*, 371(2), 205–230. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(86\)90357-4](https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)90357-4)

- Hess, D. (2000). Detection and monitoring of hypoxemia and oxygen therapy. *Respiratory Care*, 45(1), 65–80; discussion 80-83.
- Holliday, W., Fisher, J., & Swart, J. (2019). The effects of relative cycling intensity on saddle pressure indexes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(10), 1097–1101. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.05.011>
- Huang, V., Goldstein, I., & Munarriz, R. (2004). Epidemiologic evidence supporting the association between bicycle riding and erectile dysfunction. *Current Sexual Health Reports*, 1(3), 75–77. <https://doi.org/10.1007/s11930-004-0019-y>
- Huang, V., Munarriz, R., & Goldstein, I. (2005). Bicycle Riding and Erectile Dysfunction: An Increase in Interest (and Concern). *The Journal of Sexual Medicine*, 2(5), 596–604. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2005.00099.x>
- Hudák, R., & Kachlík, D. (2017). *Memorix anatomie* (4. vydání). Triton.
- Chapman, C. R., Casey, K. L., Dubner, R., Foley, K. M., Gracely, R. H., & Reading, A. E. (1985). Pain measurement: An overview. *Pain*, 22(1), 1–31. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(85\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0304-3959(85)90145-9)
- Jensen, M. P., Karoly, P., & Braver, S. (1986). The measurement of clinical pain intensity: A comparison of six methods. *Pain*, 27(1), 117–126. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(86\)90228-9](https://doi.org/10.1016/0304-3959(86)90228-9)
- Jeong, S.-J., Park, K., Moon, J.-D., & Ryu, S. B. (2002). Bicycle saddle shape affects penile blood flow. *International Journal of Impotence Research*, 14(6), 513–517. <https://doi.org/10.1038/sj.ijir.3900929>
- Kandeel, F. R. (Ed.). (2007). *Male Sexual Dysfunction: Pathophysiology and Treatment* (0 vyd.). CRC Press. <https://doi.org/10.3109/9781420015089>
- Katz, K., Rosenthal, A., & Yosipovitch, Z. (1992). Normal Ranges of Popliteal Angle in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 12(2), 229–231. <https://doi.org/10.1097/01241398-199203000-00014>
- Kaur, J., Leslie, S. W., & Singh, P. (2023). Pudendal Nerve Entrapment Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544272/>
- Knapp, T. R. (2016). Why Is the One-Group Pretest–Posttest Design Still Used? *Clinical Nursing Research*, 25(5), 467–472. <https://doi.org/10.1177/1054773816666280>
- Králová, P. (2019). *Ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních metod měření CO2 u extrémně nezralých novorozenců* [Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze]. <http://hdl.handle.net/10467/91411>
- Kratochvíl, J. (2016). Srovnání správnosti bibliografických citací vygenerovaných citačními manažery Citace PRO, EndNote, Mendeley, RefWorks a Zotero pro vybrané citační styly. *ProInflow*, 8(2). <https://doi.org/10.5817/ProIn2016-2-10>
- Laird, N. M., & Ware, J. H. (1982). Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*, 38(4), 963. <https://doi.org/10.2307/2529876>
- Leibovitch, I., & Mor, Y. (2005). The Vicious Cycling: Bicycling Related Urogenital Disorders. *European Urology*, 47(3), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2004.10.024>

- Litwinowicz, K., Choroszy, M., & Wróbel, A. (2021). Strategies for Reducing the Impact of Cycling on the Perineum in Healthy Males: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, *51*(2), 275–287. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01363-z>
- Lowe, B. D., Schrader, S. M., & Breitenstein, M. J. (2004). Effect of Bicycle Saddle Designs on the Pressure to the Perineum of the Bicyclist: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *36*(6), 1055–1062. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128248.40501.73>
- Mackinnon, S. E. (2002). Pathophysiology of nerve compression. *Hand Clinics*, *18*(2), 231–241. [https://doi.org/10.1016/S0749-0712\(01\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0712(01)00012-9)
- Marceau, L., Kleinman, K., Goldstein, I., & McKinlay, J. (2001). Does bicycling contribute to the risk of erectile dysfunction? Results from the Massachusetts Male Aging Study (MMAS). *International Journal of Impotence Research*, *13*(5), 298–302. <https://doi.org/10.1038/sj.ijir.3900733>
- Marineau Belanger, E., Boon, D.-M., Descarreaux, M., & Abboud, J. (2022). The effect of low back pain on neuromuscular control in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, *40*(11), 1255–1264. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2061819>
- McDowell, J. W., & Thiede, W. H. (1980). Usefulness of the Transcutaneous Po2 Monitor during Exercise Testing in Adults. *Chest*, *78*(6), 853–855. <https://doi.org/10.1378/chest.78.6.853>
- Michiels, M., & Van der Aa, F. (2015). Bicycle Riding and the Bedroom: Can Riding a Bicycle Cause Erectile Dysfunction? *Urology*, *85*(4), 725–730. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2014.12.034>
- Minhas, S., & Mulhall, J. P. (Ed.). (2017). *Male sexual dysfunction: A clinical guide*. John Wiley & Sons, Inc.
- Moreland, R. (1998). Is there a role of hypoxemia in penile fibrosis: A viewpoint presented to the Society for the Study of Impotence. *International Journal of Impotence Research*, *10*(2), 113–120. <https://doi.org/10.1038/sj.ijir.3900328>
- Mulhall, J. P., & Jenkins, L. C. (2017). Biothesiometry. In J. P. Mulhall & L. C. Jenkins (Ed.), *Atlas of Office Based Andrology Procedures* (s. 9–14). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42178-0_2
- Mulhall, J. P., Stahl, P. J., & Stember, D. S. (2014). Penile Sensory Loss. In J. P. Mulhall, P. J. Stahl, & D. S. Stember, *Clinical Care Pathways in Andrology* (s. 135–140). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6693-2_19
- Naňka, O., Šedý, J., & Jarolím, L. (2007). Sulcus nervi dorsalis penis: Site of origin of Alcock's syndrome in bicycle riders? *Medical Hypotheses*, *69*(5), 1040–1045. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2007.01.089>
- Nayal, Schwarzer, Klotz, Heidenreich, & Engelmann. (2001). Transcutaneous penile oxygen pressure during bicycling: PENILE BLOOD SUPPLY DURING CYCLING. *BJU International*, *83*(6), 623–625. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.1999.00963.x>
- O'Neill, J., Mccann, S. M., & Lagan, K. M. (2005). Tuning fork (128 Hz) versus Neurothesiometer: A comparison of methods of assessing vibration sensation in patients with diabetes mellitus: TUNING FORK VERSUS

- NEUROTHESIOMETER. *International Journal of Clinical Practice*, 60(2), 174–178. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2005.00650.x>
- Padma-Nathan, H., & Levine, F. (1987). Vibratory Testing of the Penis. *Journal of Urology*, 137(6). [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(17\)75541-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(17)75541-3)
- Peacock, J., Cogley, J., & Patel, B. (2022). Urological issues in cyclists. *Journal of Clinical Urology*, 15(2), 118–128. <https://doi.org/10.1177/2051415820964982>
- Piazza, N., Cerri, G., Breda, G., & Paggiaro, A. (2020). The effect of a new geometric bicycle saddle on the genital-perineal vascular perfusion of female cyclists. *Science & Sports*, 35(3), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.07.010>
- Pierson, D. J. (2000). Pathophysiology and clinical effects of chronic hypoxia. *Respiratory care*, 45(1), 39–51.
- Posedla. (n.d.). *Joyseat.jpg* [Obrázek]. <https://posedla.com/cs/cs/collections/smileshop/products/joyseat>
- Potter, J. J., Sauer, J. L., Weisshaar, C. L., Thelen, D. G., & Ploeg, H.-L. (2008). Gender Differences in Bicycle Saddle Pressure Distribution during Seated Cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(6), 1126–1134. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181666eea>
- Prause, N., Roberts, V., Legarretta, M., & Cox, L. M. R. (2012). Clinical and research concerns with vibratory stimulation: A review and pilot study of common stimulation devices. *Sexual and Relationship Therapy*, 27(1), 17–34. <https://doi.org/10.1080/14681994.2012.660141>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 28(4), 495–528. <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>
- Qi, L., Iskols, M., Handler, A., & Ginty, D. D. (2023). *Krause corpuscles of the genitalia are vibrotactile sensors required for normal sexual behavior* [Preprint]. Neuroscience. <https://doi.org/10.1101/2023.06.14.545006>
- Rabi, Y., Kowal, D., & Ambalavanan, N. (2017). Blood Gases. In *Assisted Ventilation of the Neonate* (s. 80-96.e3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39006-4.00010-7>
- Restrepo, R. D., Hirst, K. R., Wittnebel, L., & Wettstein, R. (2012). AARC Clinical Practice Guideline: Transcutaneous Monitoring of Carbon Dioxide and Oxygen: 2012. *Respiratory Care*, 57(11), 1955–1962. <https://doi.org/10.4187/respcare.02011>
- Ricchiuti, V. S., Haas, C. A., Seftel, A. D., Chelimsky, T., & Goldstein, I. (1999). Pudendal Nerve Injury Associated with Avid Bicycling. *Journal of Urology*, 162(6), 2099–2100. [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(05\)68116-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(05)68116-5)
- Röhrl, F., Federolf, P., & Mohr, M. (2023). Ergonomic saddle design features influence lumbar spine motion and can reduce low back pain in mountain biking. *Sports Biomechanics*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/14763141.2023.2284173>
- Salai, M., Brosh, T., Blankstein, A., Oran, A., & Chechik, A. (1999). Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 398–400. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.6.398>

- Sauer, J. L., Potter, J. J., Weisshaar, C. L., Ploeg, H.-L., & Thelen, D. G. (2007). Influence of Gender, Power, and Hand Position on Pelvic Motion during Seated Cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(12), 2204–2211. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181568b66>
- Scoz, R. D., Espindola, T. R., Santiago, M. F., de Oliveira, P. R., Alves, B. M. O., Ferreira, L. M. A., & Amorim, C. F. (2021). Validation of a 3D Camera System for Cycling Analysis. *Sensors*, 21(13), 4473. <https://doi.org/10.3390/s21134473>
- Selle Royal Group S.p.A. (n.d.). *Tundra-m5.jpg* [Obrázek]. https://d2wax9jsznmse.cloudfront.net/media/catalog/product/cache/02965f21d3991a5152c710fb6088079b/t/u/tundra-m5-vs-mg_top.jpg
- Schrader, S. M., Breitenstein, M. J., Clark, J. C., Lowe, B. D., & Turner, T. W. (2002). Nocturnal penile tumescence and rigidity testing in bicycling patrol officers. *Journal of Andrology*, 23(6), 927–934.
- Schrader, S. M., Breitenstein, M. J., & Lowe, B. D. (2008). Erectile Dysfunction: Cutting Off the Nose to Save the Penis. *The Journal of Sexual Medicine*, 5(8), 1932–1940. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2008.00867.x>
- Schwartz, J., Mas-Alòs, S., Yuri Takito, M., Martinez, J., Álvarez Cueto, M. E., Rubio Mibelli, M. S., Nagtegaal, J., Lubert, J., Rodrigues Bezerra, D., S.D. Bredin, S., & E. R. Warburton, D. (2019). Cross-cultural translation, adaptation, and reliability of the Spanish version of the Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+). *The Health & Fitness Journal of Canada*, 3-14 Pages. <https://doi.org/10.14288/HFJC.V12I4.291>
- Schwartz, J., Oh, P., Takito, M. Y., Saunders, B., Dolan, E., Franchini, E., Rhodes, R. E., Bredin, S. S. D., Coelho, J. P., dos Santos, P., Mazzuco, M., & Warburton, D. E. R. (2021). Translation, Cultural Adaptation, and Reproducibility of the Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+): The Brazilian Portuguese Version. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 712696. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.712696>
- Schwarzer, U., Sommer, F., Klotz, T., Cremer, C., & Engelmann, U. (2002). Cycling and Penile Oxygen Pressure: The Type of Saddle Matters. *European Urology*, 41(2), 139–143. [https://doi.org/10.1016/S0302-2838\(01\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0302-2838(01)00028-8)
- Schwarzer, U., Wiegand, W., Bin-Saleh, A., Lotzerich, H., Kahrmann, G., Klotz, T., & Engelmann, U. (1999). Genital Numbness and Impotence Rate in Long Distance Cyclists. *The Journal of Urology*, 178. <https://doi.org/10.1097/00005392-199904010-00714>
- Siao, P., & Cros, D. P. (2003). Quantitative sensory testing. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 14(2), 261–286. [https://doi.org/10.1016/S1047-9651\(02\)00122-5](https://doi.org/10.1016/S1047-9651(02)00122-5)
- Sommer, F. (2003). Type of Saddle and Sitting Position Influence Penile Oxygen Pressure while Cycling. *Klinik und Poliklinik für Urologie der Universität zu Köln*. <https://ismseat.com/wp-content/uploads/2018/11/typeofsaddle.pdf>
- Sommer, F., Goldstein, I., & Korda, J. B. (2010). Bicycle Riding and Erectile Dysfunction: A Review. *The Journal of Sexual Medicine*, 7(7), 2346–2358. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01664.x>

- Sommer, F., König, D., Graf, C., Schwarzer, U., Bertram, C., Klotz, T., & Engelmann, U. (2001). Impotence and Genital Numbness in Cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 22(6), 410–413. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16248>
- Sommer, F., Schwarzer, U., Klotz, T., Caspers, H.-P., Haupt, G., & Engelmann, U. (2001). Erectile Dysfunction in Cyclists. *European Urology*, 39(6), 720–723. <https://doi.org/10.1159/000052533>
- Spears, I. R., Cummins, N. K., Brenchley, Z., Donohue, C., Turnbull, C., Burton, S., & Macho, G. A. (2003). The Effect of Saddle Design on Stresses in the Perineum during Cycling: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(9), 1620–1625. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000084559.35162.73>
- Specialized Bicycle Components, Inc. (n.d.a). *Power_comp.jpg* [Obrázek]. [https://assets.specialized.com/i/specialized/27116-180_SDDL_POWER-COMP_BLK_TOP?\\$scom-pdp-product-image&fmt=auto](https://assets.specialized.com/i/specialized/27116-180_SDDL_POWER-COMP_BLK_TOP?$scom-pdp-product-image&fmt=auto)
- Specialized Bicycle Components, Inc. (n.d.b). *Retül 3D System* [Obrázek]. <https://www.retul.com/approved-marketing-imagery/bkxsidskgi58u7cvyl0m6j6knlf0vr>
- Šedý, J., Naňka, O., Beliřová, M., Walro, J. M., & Jarolím, L. (2006). Sulcus Nervi Dorsalis Penis/Clitoridis: Anatomic Structure and Clinical Significance. *European Urology*, 50(5), 1079–1085. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2006.02.024>
- Taylor, K. S., Richburg, A., Wallis, D., & Bracker, M. (2002). Using an Experimental Bicycle Seat to Reduce Perineal Numbness. *The Physician and Sportsmedicine*, 30(5), 27–44. <https://doi.org/10.3810/psm.2002.05.283>
- TrainingPeaks. (n.d.). Glossary of TrainingPeaks Metrics. *Athlete Resources: Education Articles*. <https://www.trainingpeaks.com/learn/articles/glossary-of-trainingpeaks-metrics/>
- Tuncali, B., Karci, A., Tuncali, B. E., Mavioglu, O., Ozkan, M., Bacakoglu, A. K., Baydur, H., Ekin, A., & Elar, Z. (2006). A New Method for Estimating Arterial Occlusion Pressure in Optimizing Pneumatic Tourniquet Inflation Pressure: *Anesthesia & Analgesia*, 102(6), 1752–1757. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000209018.00998.24>
- Tunçkol, E., Purkart, L., Eigen, L., Vida, I., & Brecht, M. (2023). Fiber counts and architecture of the human dorsal penile nerve. *Scientific Reports*, 13(1), 8862. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35030-w>
- Velometrik GmbH. (n.d.). *Smart_cover-velobox.jpg* [Obrázek]. www.velometrik.com/media/image/0e/e9/8a/SmartCover-Velobox-3-final-02-1920x1270.jpg?=&h=650
- Wahoo Fitness, LLC. (n.d.). *Kickr_bike.jpg* [Obrázek]. https://eu.wahoofitness.com/media/wysiwyg/cms/pdp/FE_KICKR_BIKE_V2.jpg
- Warburton, D. E. R., Bredin, S. S. D., Jamnik, V. K., & Gledhill, N. (2011). Validation of the PAR-Q+ and ePARmed-X+. *The Health & Fitness Journal of Canada*, 38-46 Pages. <https://doi.org/10.14288/HFJC.V4I2.151>
- Warburton, D. E. R., Jamnik, V. K., Bredin, S. S. D., & Gledhill, N. (2011). The Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+) and Electronic

- Physical Activity Readiness Medical Examination (ePARmed-X+). *The Health & Fitness Journal of Canada*, 3-17 Pages. <https://doi.org/10.14288/HFJC.V4I2.103>
- Wiggins, A., Farrell, M. R., Tsambarlis, P., & Levine, L. A. (2019). The Penile Sensitivity Ratio: A Novel Application of Biothesiometry to Assess Changes in Penile Sensitivity. *The Journal of Sexual Medicine*, 16(3), 447–451. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2019.01.002>
- Wilson, C., & Bush, T. R. (2007). Interface forces on the seat during a cycling activity. *Clinical Biomechanics*, 22(9), 1017–1023. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.06.004>
- World Health Organization. (2023). *N40-N51—Nemoci mužských pohlavních orgánů* (10. revize Mezinárodní klasifikace nemocí). Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. <https://mkn10.uzis.cz/prohlizec/N40-N51>
- Xu, X., Zhu, W., Padival, V., Xia, M., Cheng, X., Bush, R., Christenson, L., Chan, T., Doherty, T., & Iatridis, A. (2003). *Validation of NIRS in measuring tissue hemoglobin concentration and oxygen saturation on ex vivo and isolated limb models* (B. Chance, R. R. Alfano, B. J. Tromberg, M. Tamura, & E. M. Sevick-Muraca, Ed.; s. 369). <https://doi.org/10.1117/12.476562>
- Young, M. J., Every, N., & Boulton, A. J. M. (1993). A comparison of the neurothesiometer and biothesiometer for measuring vibration perception in diabetic patients. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 20(2), 129–131. [https://doi.org/10.1016/0168-8227\(93\)90006-Q](https://doi.org/10.1016/0168-8227(93)90006-Q)
- Zwift Inc. (n.d.a). *051222_0078.jpg* [Obrázek]. https://news.zwift.com/en-WW/media_kits/223041/
- Zwift Inc. (n.d.b). *Zwift-racing.jpg* [Obrázek]. https://news.zwift.com/en-WW/media_kits/229506/

9. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1. -	Žádost o vyjádření souhlasu etické komise	II
Příloha č. 2. -	Informovaný souhlas	IV
Příloha č. 3. -	Seznam tabulek.....	VI
Příloha č. 4. -	Seznam obrázků	VII
Příloha č. 5. -	Seznam zkratk.....	IX
Příloha č. 6. -	PAR-Q+ (modified).....	XI
Příloha č. 7. -	Power experimentálního výzkumu	XII
Příloha č. 8. -	Instalace přístrojů v laboratoři	XIII
Příloha č. 9. -	Ukázka měření jednoho probanda	XIV
Příloha č. 10. -	Ukázka malé části naměřených dat tcpO ₂ , tcpCO ₂ , výkonu, kadence a tepové frekvence jednoho probanda na jednom sedle	XV
Příloha č. 11. -	Ukázka naměřených dat biothesiometrie jednoho probanda.....	XVI
Příloha č. 12. -	Ukázka naměřených hodnot pozice jednoho probanda	XVI
Příloha č. 13. -	Ukázka naměřených tlakových dat jednoho sedla	XVII
Příloha č. 14. -	Grafický abstrakt	XVIII

Příloha č. 1. - Žádost o vyjádření souhlasu etické komise

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

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné / diplomové práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Srovnání penilního prokrvení při jízdě na kole: srovnání běžného a 3D individualizovaného tištěného sedla

Forma projektu: výzkumná / diplomová práce

Období realizace: 4/2023 – 6/2023; výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Bc. Václav Šňupárek, UK FTVS, Katedra Fyzioterapie

Hlavní řešitel: Bc. Václav Šňupárek, UK FTVS, Katedra Fyzioterapie

Místo výzkumu (pracoviště): UK FTVS – Laboratoř Aplikované Kineziologie, katedra Fyzioterapie

Spoluřešitel(é): --

Vedoucí práce (v případě studentské práce): PhDr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Odborný konzultant: MUDr. Mgr. Robert Válka, reprezentační lékař silničního a dráhového výběru mužů

Finanční podpora: není

Popis projektu: Cílem práce je zjistit, zdali 3D tištěná a zakázkově vyráběná cyklistická sedla Joyseat přinášejí benefit v oblasti většího penilního prokrvení v porovnání s nejprodávavějšími sedly dvou nejvýznamnějších cyklistických výrobců. Metoda zvolená pro měření prokrvení, která je běžně ve studiích tohoto typu využívána, je označována jako Near Infrared Spectroscopy. Měření tep_{O2} a tep_{CO2} penilního prokrvení u cyklistů bude probíhat při jízdě na cyklistickém trenažeru pomocí běžně používaného přístroje Radiometer TCM5 Flex (Radiometer Medical ApS, Brønshøj, DEN) a elektrody te 84 umístěné na glans penis. Před samotným měřením penilního prokrvení bude probíhat ověření úrovně sensitivity n. pudendus (n. dorsalis penis) pomocí biothesiometrie (zkouška elektronickou ladičkou, vibrace), která se ve studiích tohoto typu opět běžně využívá. Tlak kontaktních ploch jezdecké na sedlo bude vyhodnocován přístrojem The Mat (Gelbionized GmbH, Münster, GER). Ve studii bude využit cyklistický trenažer Wahoo Kickr Bike (Wahoo Fitness LLC, Atlanta, GA, USA), který kromě možnosti individuálního nastavení posedu umožňuje zaznamenat i výkon a sezení frekvenci cyklisty pomocí hrudního pásu. Pozice cyklisty na kole bude snímána a vyhodnocována IR senzory a technologií Retül (Retül, Specialized Bicycle Components Inc., Boulder, CO, USA). Test bude probíhat na popsaném přístrojovém vybavení v laboratoři Aplikované Kineziologie na UK FTVS a bude obnášet maximálně 3x 20min jízdy na cyklistickém trenažeru na 65-85% maximální individuální TF cyklisty během jedné návštěvy. Veškeré způsoby měření a přístroje jsou neinvazivní a bezbolestné. Volba přístrojů byla provedena na základě jejich použití v dříve publikovaných studiích podobného typu a na základě jejich kvality, tedy parametrů validity, reliability, sensitivity, specificity a dostupnosti.

Charakteristika účastníků výzkumu: Předpokládá se počet účastníků studie je $n_{min}=40$, navržený na základě výsledku výpočtu statistické síly studie (effect size). Věkový rozptyl účastníků studie bude v rozmezí 30 ± 10 let. Všichni účastníci budou splňovat kritéria zařazení do studie a jejich zdravotní stav bude potvrzen v rámci platné zdravotní prohlídky od sportovního lékaře, kde bude uvedeno, že nemají jakýkoliv omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám.

Vzhledem k výrobním nákladům jednoho sedla a jeho bezpodmínečnou individualizaci pro konkrétní osobu není možné vyrobit adekvátní počet sedel, který by umožnil náhodný výběr testované skupiny. Účastníci studie budou záměrně oslovováni a bude se ve všech případech jednat o zkušené nebo závodní cyklisty s ročním nájездem přes 7 000 km (maximálně 28 000 km). Probandi budou rekrutováni ze skupiny jezdců, kteří již ve své sportovní kariéře využívají individuálně vytvořené cyklistické sedlo Joyseat a dále bude výzkumná skupina doplněna o profesionální cyklisty z týmu, které mají možnost si individualizovaná sedla pro své závodníky nechat vyrobit. Do výzkumu nemohou být zařazeni účastníci jiného než mužského pohlaví, s diagnostikovanou erektilní dysfunkcí, s akutní či chronickou bolestí zad, s akutním (zejména infekčním) onemocněním či v úraza a v rekonvalescenci po onemocnění či úraza. Stanovené parametry jsou odůvodněné výsledky předchozích výzkumů: pohlaví - muži, věk - 23-45let, disciplína - silniční cyklistika, roční nájезд kilometrů - více než 7000km, bez akutní či chronické bolesti zad a bez diagnostikované erektilní dysfunkce.

Účastníci budou předem poučeni o průběhu výzkumu, způsobu testování, zaznamenání a uchování dat.

Zajištění bezpečnosti: Vzhledem k doložené sportovní historii a výkonnosti jednotlivých probandů neznámá absolvování tohoto měření zvýšenou zátěží oproti jejich běžným sportovním výkonům. Měření tepové frekvence bude prováděno se záznamem, a v případě přesáhnouti hodnot 90% TF_{max} dojde k ukončení testu. V rámci měření bude 10min „rozjetí“ na trenažeru. Veškeré způsoby měření a přístroje jsou neinvazivní a bezbolestné. Před samotným testem vyplňují probandi PAR-Q+ dotazník, který je odborně uznávanou metodikou selekce pacientů, kteří by měli v případě pozitivních odpovědí absolvovat doplňující vyšetření u lékaře před zahájením sportovní aktivity.

V případě negativních odpovědí se dá s velkou mírou jistoty usuzovat na neexistenci faktorů, které by v zahájení aktivního pohybu i sportu bránily.

Všechna měření výzkumu proběhnou za standardních podmínek a dodržení bezpečnostních pravidel daných instrukcemi výrobců jednotlivých měřicích systémů a to pod odhlédem zaškolené osoby a zodpovědného odborného pracovníka (školitele DP) laboratoře.

V rámci výzkumu budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění jednotlivých aktivit daných designem výzkumu. Rizika prováděného výzkumu ocelnou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem a nepřesahuje běžná rizika u podobných výzkumů.

Etické aspekty výzkumu: Žádný z účastníků nepatří do vulnerabilní skupiny.

Potenciální střet zájmů: Výzkum je prováděn v součinnosti s Posedla s.r.o. IČ: 09648887, DIČ: CZ0964888. Porovnává jejich cyklistické sedlo Joyseat vyrobené originálními a unikátními přístupy, materiály i technologiemi s běžně používaným cyklistickým sedlem. Vzhledem k výrobním nákladům jednoho sedla a jeho naprostou individualizací by bylo vysoce nákladné vyrobit cca 40 individuálních sedel pro náhodný výběr testované skupiny, proto se probandí budou rekrutovat z klientů s již hotovým sedlem, kteří splňují parametry pro zařazení do studie. Aby nedocházelo k ovlivnění výzkumu vlastním výběrem sedla na pozici kontrolního (běžného) sedla, bylo rozhodnuto porovnávat sedlo Joyseat s nejprodávanejšími sedly dvou největších cyklistických značek, což zajistí objektivitu a zaručí možnost ovlivnění výzkumu řešitelem. Na základě osobního sdělení obchodním zástupcem značky Specialized Bicycle Components, Inc. a Selle Royal Group S.p.A. byla určena jako nejprodávanejší sedla Specialized Power a Fizik Tundra M5. Řešitel práce není v pracovně právním (ani rodinném) vztahu k žádnému účastníkovi výzkumu, ani nemá žádné pracovně právní či rodinné vztahy ke všem výše jmenovaným společnostem ani k prodejčům cyklistických sedel uvedených značek. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu výzkumu. Vedoucí práce ani řešitel práce nemá skromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu. Vedoucí práce bude dohlížet nad korektností a nestranností posuzování výsledků výzkumu svou osobou. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ohrozit integritu a důvěryhodnost výzkumu.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: přiřazené identifikátory probandů, kontaktní údaje, pohlaví, věk, váha, výška, cyklistická historie, maximální tepová frekvence za posledních 365 dní, bolest zad, erekce a ejakulace v posledních 14 dnech a další data, která budou získána výzkumem, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel.

Řešitel práce deklaruje, že text práce bude anonymizován, nebude obsahovat jakékoli informace, které by, jednotlivě či ve svém souhrnu, mohly vést k identifikaci konkrétní osoby. Bude dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována.

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

Požizování fotografií účastníků: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmačkaním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou uloženy v zabezbovaném počítači řešitele v uzamčeném prostoru a budou bezprostředně do 1 týdne po vyfotografování osob smazány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie. Bude požizováno pouze několik málo fotografií pro dokumentaci testovacího procesu, nejedná se o systematické pořizování fotografií každého testovaného.

Požizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné audio nahrávky ani videozáznamy. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): příložen

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

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 28. 3. 2023

Podpis předkladatele: 

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

prof. PhDr. Pavel Šlepička, DrSc.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 006/2023

dne: 4. 4. 2023

Etická komise UK FTVS rozhodla předložený projekt a neshledala rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
razítko UK FTVS
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6


podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2. - Informovaný souhlas

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

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 2/2023

Vážený pane,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem „Srovnání penilního prokrvení při jízdě na kole: srovnání běžného a 3D individualizovaného sedla“, prováděné na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy na katedře Fyzioterapie v Laboratoři Aplikované Kineziologie.

1. Projekt bude probíhat v období: 4/2023 – 6/2023.
2. Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.
3. Cílem výzkumného projektu je srovnat rozdíly v prokrvení penisu při jízdě na sedle Joyseat a běžně dostupném cyklistickém sedle.
4. Způsob zásahu bude neinvazivní a bezbolestný u všech použitých přístrojů.
5. Budete se účastnit měření parciálního tlaku O₂ a CO₂ pomocí elektrody umístěné na glans penis při jízdě na cyklistickém trenažeru. Dále se během výzkumu budou používat přístroje pro nastavení posedu na kole. Pro měření tlakových sil na povrchu sedla bude použita tenká podložka snímající tlak a ověření sensitivity n. pudendus – n. dorsalis penis bude probíhat pomocí přiložení elektronické ladičky na glans penis. Zároveň bude probíhat měření tepové frekvence pomocí hrudního pásu a měření cyklistického výkonu pomocí integrovaného wattmetru v trenažeru.
6. Na výzkum si přinesete svoje individuální sedlo Joyseat. Další dvě sedla, se kterými bude měření porovnáváno, budou na místě k dispozici. Na základě randomizovaného rozdělení do 6 skupin projedete jednu z variant testování, například v této posloupnosti: Sedlo Joyseat – kontrolní sedlo 1 – kontrolní sedlo 2. Před samotným měřením proběhne vyšetření senzitivity n. pudendus pomocí elektronické vibrační ladičky, poté proběhne nastavení posedu a zámků na cyklistických tretrách. Na každém sedle pojedete 10 minut.
7. Časová náročnost projektu: Jedná se o jednorázové měření na UK FTVS v laboratoři bez přístupu cizích osob. Měření se bude sestávat z maximálně tří dvacetiminutových úseků jízdy na trenažeru na střední zátěži. Celková náročnost návštěvy se bude pohybovat kolem 2h.
8. Rizika výzkumného projektu budou: Zvýšení kardiovaskulárních nároků při jízdě na trenažeru. Rizika budou minimalizována pomocí PAR-Q+ dotazníku a sledováním tepové frekvence a ukončením testu v případě překonání hranice 90% TFmax. Měření elektronickou ladičkou a samotné měření parciálního tlaku O₂ a CO₂ pomocí elektrody může způsobovat nepohodlí kvůli umístění na intimní partii. Veškeré zásahy jsou bezbolestné.
9. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek zodpovědnými odbornými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.
10. Projektu se nemohou účastnit osoby jiného než mužského pohlaví, s erektilní dysfunkcí, s vrozenými srdečními a oběhovými vadami, srdeční insuficiencí, s chronickou či akutní bolestí zad s akutním (zejména infekčním) onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.
11. Další důležité informace, jež se vztahují k danému výzkumu: Testovaným bude v rámci měření poskytnuta možnost soukromí při převlékání ve formě oddělené místnosti, dostupné jsou jak toalety, tak sprcha. Zkoumaný si den testování přinese vlastní cyklistické oblečení, včetně treter a pedálů.
12. Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.
13. Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude zkušenost s optimálně nastaveným posedem při jízdě na kole, nastavení kufrů treter.

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele a projektu: Bc. Václav Šňupárek

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Václav Šňupárek Podpis:.....

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit po zveřejnění na e-mailové adrese: sstuparek.vaclav@gmail.com

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: přiřazené identifikátory probandů, kontaktní údaje, pohlaví, věk, váha, výška, cyklistická historie, maximální tepová frekvence za posledních 365 dní, bolest zad, erekce a ejakulace v posledních 14 dnech a další data, která budou získána výzkumem, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel.

Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby - budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována.

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

Požízení fotografií účastníků: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začemněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou uloženy v zaheslovaném počítači řešitele v uzamčeném prostoru a budou bezprostředně do 1 týdne po vyfotografování osob smazány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie. Bude požízeno pouze několik málo fotografií pro dokumentaci testovaného procesu, nejedná se o systematické požízování fotografií každého testovaného.

Požízování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou požízovány žádné audionahrávky ani videozáznamy.

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

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážít všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku od sportovního lékaře bez omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám.**

Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 3. - Seznam tabulek

Tab. č. 1. -	S věkem rostoucí prevalence ED (Eardley, 2013)	13
Tab. č. 2. -	$A\delta$ $A\beta$ a nemyelinizované C vlákna (Bleustein et al., 2003)	20
Tab. č. 3. -	Deskriptivní statistika testovaného vzorku, (n = 30).....	42
Tab. č. 4. -	Power studie v závislosti na počtu subjektů	42
Tab. č. 5. -	Randomizace procesu testování skupin 1-6	43
Tab. č. 6. -	Nastavované parametry pozice jezdce	50
Tab. č. 7. -	Výsledky počátečních a konečných hodnot tcpO ₂ a tcpCO ₂ , (n = 90)...	67
Tab. č. 8. -	Analýza průměrných hodnot tcpO ₂ posledních 12 s a pO ₂ _usek3, (n = 90)	69
Tab. č. 9. -	Analýza průměrných hodnot tcpCO ₂ posledních 12 s a pCO ₂ _usek2, (n = 90)	70
Tab. č. 10. -	Výsledky biothesiometrie a modifikovaný PSR _{GF} (n = 30)	76
Tab. č. 11. -	Výsledné hodnoty nastavení pozice jezdců parametrů KOPS, popliteální úhel při BDC, popliteální úhel při TDC, úhel v rameni a úhel trupu (n = 87).....	77
Tab. č. 12. -	Srovnání poměrů rozdělení rastrů anterior:posterior při direktivním i individuálním způsobu rozdělení. Lineární i logaritmické měřítko, (n = 90).....	79
Tab. č. 13. -	Průměrné výkonové parametry všech probandů, (n = 90)	81
Tab. č. 14. -	Průměrné výkonové parametry probandů na jednotlivých sedlech, (n = 90)	81

Příloha č. 4. - Seznam obrázků

Obr. č. 1. -	Biothesiometr	29
Obr. č. 2. -	Retül 3D Systém – kamera a senzory (Specialized Bicycle Components, Inc., n.d.b) 30	
Obr. č. 3. -	Wahoo KICKR Bike (Wahoo Fitness, LLC., n.d.)	31
Obr. č. 4. -	Trénink na platformě Zwift (Zwift Inc., n.d.a).....	32
Obr. č. 5. -	Zwift - grafika (Zwift Inc., n.d.b).....	33
Obr. č. 6. -	Velometrik Smart BT Cover (Velometrik GmbH, n.d.).....	34
Obr. č. 7. -	Kritéria výběru testovaného vzorku	41
Obr. č. 8. -	Sedlo Specialized (Specialized Bicycle Components, Inc., n.d.a).....	44
Obr. č. 9. -	Sedlo Fizik (Selle Royal Group S.p.A., n.d.)	45
Obr. č. 10. -	Sedlo Joyseat (Posedla, n.d.)	46
Obr. č. 11. -	Vizualizace testovacího procesu	51
Obr. č. 12. -	Hodnocená data jednoho probanda	54
Obr. č. 13. -	Rozdělení jednotlivých úseků křivky tcpO ₂ na základě proložení křivky směrnici. AB – pO ₂ _usek1, BC – pO ₂ _usek2, CD – pO ₂ _usek3, a – pO ₂ _pokles, b – pO ₂ _zaver, C – pO ₂ _change_point, b – pO ₂ _zaver. Žluté pole znázorňuje konstantních úvodních 20s. Modré pole znázorňuje úsek, ve kterém mohlo dojít k bodu zalomení.	59
Obr. č. 14. -	Rozdělení jednotlivých úseků křivky tcpCO ₂ na základě proložení křivky směrnici. EF – pCO ₂ _usek1, FG – pCO ₂ _usek2, c – pCO ₂ _narust, d – pCO ₂ _zaver, F – pCO ₂ _change_point. Modré pole znázorňuje úsek, ve kterém mohlo dojít k bodu zalomení.....	59
Obr. č. 15. -	Naměřené hodnoty tcpO ₂ všech probandů na sedle Joyseat a jejich proložení křivkami, (n = 30).....	60
Obr. č. 16. -	Naměřené hodnoty tcpCO ₂ všech probandů na sedle Joyseat a jejich proložení křivkami, (n = 30).....	61
Obr. č. 17. -	Lokalizace PERI_1 a PERI_2	63
Obr. č. 18. -	Získaná data transkutánního měření tcpO ₂ a tcpCO ₂ , všechna měření, (n=90)	65
Obr. č. 19. -	Získaná data transkutánního měření tcpO ₂ a tcpCO ₂ dle jednotlivých sedel, aritmetické průměry, logaritmičké měřítko, (n = 90).....	66
Obr. č. 20. -	Průměry měření tcpO ₂ na jednotlivých sedlech, (n = 90)	68
Obr. č. 21. -	Boxploty hodnot tcpO ₂ v intervalu 200-600 s jednotlivých sedel, (n = 90)	71
Obr. č. 22. -	Průměry měření tcpCO ₂ na jednotlivých sedlech, (n = 90).....	72
Obr. č. 23. -	Procentuální pokles tcpO ₂ a nárůst tcpCO ₂	72
Obr. č. 24. -	Navážení křivek parametrem Sumsq a srovnání dvojice sedel, pás spolehlivosti pro křivku, (n = 90).....	75

Obr. č. 25. - Grafická reprezentace všech měření na daném sedle, (n = 90).....	78
Obr. č. 26. - Průměr 30 měření na sedle Joyseat, (n = 30)	80
Obr. č. 27. - Průměr 29 měření na sedle Specialized, (n = 29).....	80
Obr. č. 28. - Průměr 28 měření na sedle Fizik, (n = 28).....	80
Obr. č. 29. - Instalace přístrojů v laboratoři.....	XIII
Obr. č. 30. - Ukázka měření jednoho probanda.....	XIV
Obr. č. 31. - Grafický abstrakt	XVIII

Příloha č. 5. - Seznam zkratk

11BS – 11 Box Scale

AOP – arterial occlusion pressure

BB – Bottom bracket

BDC – Bottom Dead Centre

BJ – bez jednotek

Bpm – beats per minute

Cad – cadence

CoP – Centre of Pressure

ED – Erektální dysfunkce

ES – Effect size

FNE – free nerve ending

Hr – Heart rate

ICC – intraclass correlation coefficient

IIEF – International Index of Erectile Function

K-EXT – Popliteální úhel při BDC

K-FLX – Popliteální úhel při TDC

LME – Linear Mixed Effects

LMEM – Linear Mixed Effects Model – Lineární model s náhodným efektem

LUTS – Lower Urinary Tract Symptoms

modPSR_{G/F} – modifikované Penile Sensitivity Ratio Glans/Finger

NIRS – Near Infrared Spectroscopy

OR – odds ratio

Ot – otáčky

PAD – Peripheral arterial disease

PAR-Q+ – The Physical Activity Readiness Questionnaire +

PGE – prostaglandin E

PNES – Pudendal Nerve Entrapment Syndrome

PSR – Penile Sensitivity Ratio

PSR_{G/F} – Penile Sensitivity Ratio Glans/Finger

Pw – power

SBP – systolic blood pressure

SSEP – somatosensory evoked potential – somatosenzorický evokovaný potenciál

TDC – Top Dead Centre

UCI – Union Cycliste Internationale – Mezinárodní cyklistická unie

Příloha č. 6. - PAR-Q+ (modified)

PAR-Q+ (modified)

The Physical Activity Readiness Questionnaire+ - modified

Datum:	Čas:
Jméno a příjmení	
Věk	
Pohlaví	Muž <input type="checkbox"/> Žena <input type="checkbox"/> Jiné <input type="checkbox"/>
Výška (cm)	
Váha (kg)	
Najeté km v minulé sezóně (± 300km)	
Maximální tepová frekvence v minulé sezóně (± 3 bpm)	
FTP:	

BMI	
-----	--

Prosím, pečlivě si přečtěte otázky níže a odpovězte podle pravdy	ANO	NE													
Sděli Vám někdy doktor, že máte <input type="checkbox"/> srdeční problémy a/nebo <input type="checkbox"/> vysoký krevní tlak ?															
Cítíte bolest na hrudi v klidu, během běžných denních aktivit nebo při sportu/fyzické aktivitě?															
Stává se, že ztrácíte balanc kvůli pocitu točení hlavy? Došlo ke ztrátě vědomí v posledních 12 měsících?															
Byla Vám oznámena metabolická diagnóza? Toto zahrnuje diabetes I. nebo II. typu nebo prediabetes (cukrovka).															
Sděli Vám někdy doktor, že máte urogenitální diagnózu?															
Absolvoval jste někdy vyšetření na urologii? Pokud ano, z jakého důvodu?															
Byla Vám oznámená jiná diagnóza, než srdeční komplikace, vysoký krevní tlak a urogenitální komplikace? Vypište zde:															
Berete v současnosti předepsané léky kvůli chronickému onemocnění? Pokud ano, jaké:															
Měl jste v posledních 12 měsících zranění svalu, kosti nebo jiných měkkých tkání, které by se mohlo zhoršit během fyzické aktivity? Pokud jste dříve takovéto zranění měli, ale v současnosti Vás neomezuje, odpovězte „NE“.															
Máte v současnosti akutní či chronickou bolest zad <input type="checkbox"/> v klidu nebo <input type="checkbox"/> při jízdě na kole ? Pokud ano, jak velká je tato bolest při jízdě na kole? <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> </table> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <table border="1"> <tr> <td>0 – žádná bolest</td> </tr> <tr> <td>10 – největší možná bolest</td> </tr> </table> </div>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0 – žádná bolest	10 – největší možná bolest		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
0 – žádná bolest															
10 – největší možná bolest															
Dostal jste instrukci od doktora, že fyzickou aktivitu můžete vykonávat pouze pod dohledem?															
Proběhla u Vás erekce a ejakulace v posledních 14 dnech?															

Tento dotazník slouží ke sběru vstupních dat v rámci výzkumu „Srovnání penilního prokrvení při jízdě na kole: srovnání běžného a 3D individualizovaného tištěného sedla.“ S těmito daty bude nakládáno v souladu s „Informovaným souhlasem,“ zejména co se týče jejich anonymizace.

.....
Podpis examinátora

.....
Podpis testovaného

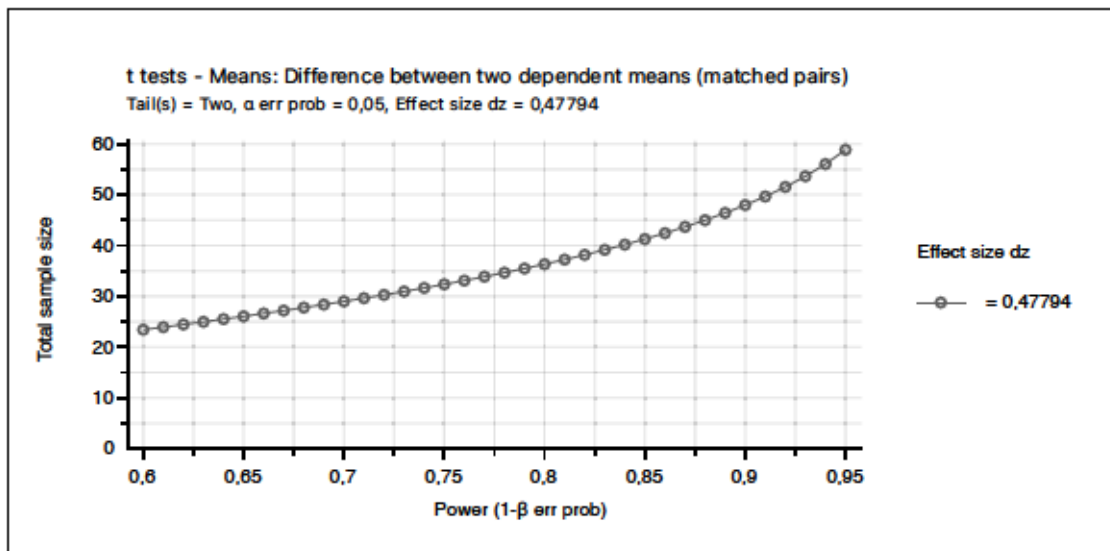
Příloha č. 7. - Power experimentálního výzkumu

[12] -- Wednesday, February 01, 2023 -- 23:04:42

t tests - Means: Difference between two dependent means
(matched pairs)

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input:	Tail(s)	=	Two
	Effect size dz	=	0,4779397
	α err prob	=	0,05
	Power ($1-\beta$ err prob)	=	0,8
Output:	Noncentrality parameter δ	=	2,9071937
	Critical t	=	2,0280940
	Df	=	36
	Total sample size	=	37
	Actual power	=	0,8075476

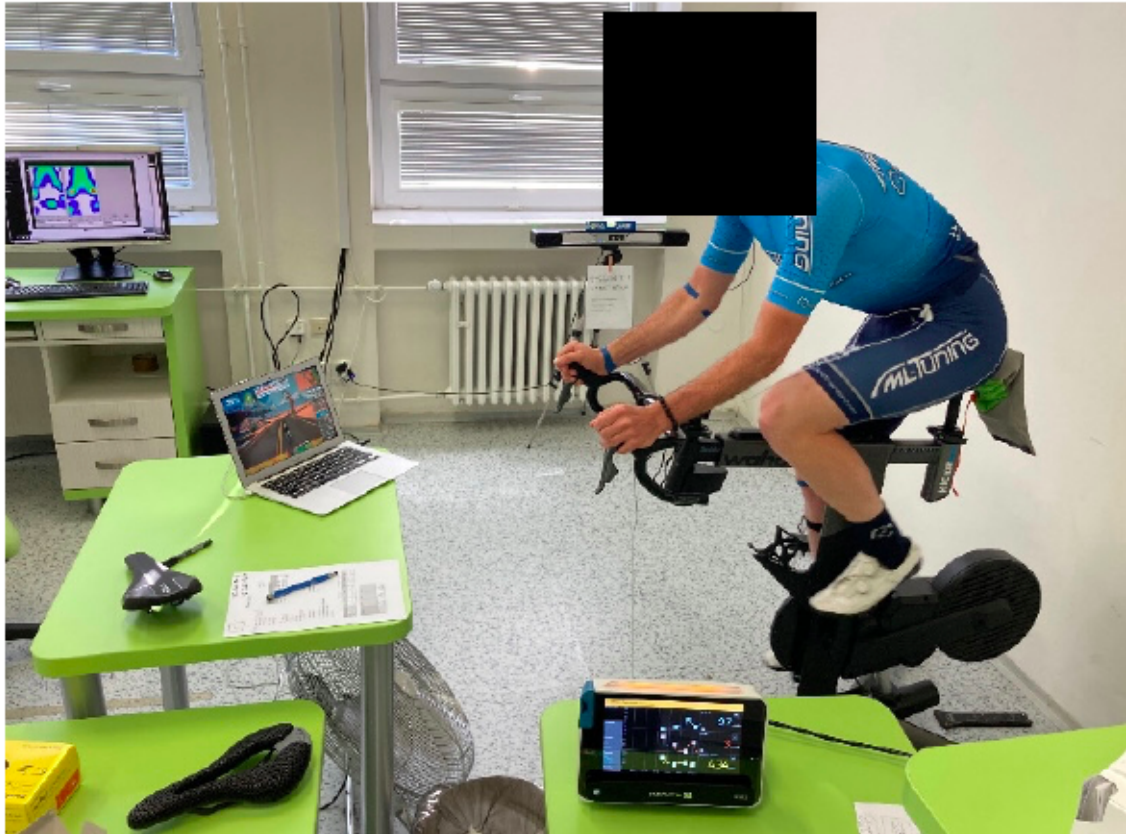


Příloha č. 8. - Instalace přístrojů v laboratoři



Obr. č. 29. - Instalace přístrojů v laboratoři

Příloha č. 9. - Ukázka měření jednoho probanda



Obr. č. 30. - Ukázka měření jednoho probanda

Příloha č. 10. - Ukázka malé části naměřených dat tcpO₂, tcpCO₂, výkonu, kadence a tepové frekvence jednoho probanda na jednom sedle

		Proband 1					Proband 2					
		pCO ₂	pO ₂	HR	Pw	Cad	pCO ₂	pO ₂	HR	Pw	Cad	
1	Jaysat	00:00:01	63,4	75,7	91	48	84	74,7	29,5	114	11,9	27
	Jaysat	00:00:02	63,4	75,6	87	66	86	75,1	29,3	114	12,0	33
	Jaysat	00:00:03	63,2	75,5	86	64	88	75,5	29	113	10,7	45
	Jaysat	00:00:04	63,4	75,3	86	73	89	75,5	28,7	113	10,7	45
	Jaysat	00:00:05	63,4	74,9	86	59	90	75,7	28,4	105	10,5	52
	Jaysat	00:00:06	63,4	74,5	86	58	91	75,8	28,2	105	12,0	54
	Jaysat	00:00:07	63,4	74,1	86	68	92	75,8	28	105	10,7	56
	Jaysat	00:00:08	63,4	73,8	86	65	93	75,8	27,8	106	10,6	58
	Jaysat	00:00:09	63,2	73,4	86	62	94	75,8	27,7	107	11,5	59
	Jaysat	00:00:10	63,2	73,1	86	67	94	75,8	27,6	110	11,5	60
	Jaysat	00:00:11	63,2	73	87	107	96	75,8	27,6	110	16,7	62
	Jaysat	00:00:12	63	72,9	88	49	98	75,7	27,6	113	16,0	64
	Jaysat	00:00:13	63	72,8	89	42	97	75,7	27,4	114	17,6	66
	Jaysat	00:00:14	63	72,6	90	49	97	75,7	27,1	116	17,6	66
	Jaysat	00:00:15	63	72,3	91	55	97	75,7	27,1	117	16,7	69
	Jaysat	00:00:16	62,9	72,1	91	45	97	75,5	26,7	118	16,5	71
	Jaysat	00:00:17	62,9	71,7	92	50	98	75,5	26,3	118	15,5	72
	Jaysat	00:00:18	62,7	71,4	93	38	96	75,3	25,8	119	16,2	73
	Jaysat	00:00:19	62,7	71	93	33	83	75,3	25,3	120	17,5	75
	Jaysat	00:00:20	62,9	70,8	92	192	74	75,1	24,9	120	18,7	77
	Jaysat	00:00:21	62,9	70,6	91	222	78	75,1	24,6	121	18,7	77
	Jaysat	00:00:22	62,9	70,4	91	193	81	75	24,2	122	14,3	78
	Jaysat	00:00:23	63	70,2	91	138	86	75	24	124	16,5	78
	Jaysat	00:00:24	63	70,1	91	139	87	74,7	23,6	124	18,0	80
	Jaysat	00:00:25	63,2	69,9	92	129	86	74,6	23,2	125	18,8	80
	Jaysat	00:00:26	63,2	69,7	97	174	86	74,6	22,8	126	19,3	82
	Jaysat	00:00:27	63,2	69,6	98	108	85	74,4	22,3	129	20,3	82
	Jaysat	00:00:28	63,4	69,4	99	170	81	74,4	21,9	129	19,1	84
	Jaysat	00:00:29	63,4	69,3	99	261	90	74,2	21,4	130	20,4	79
	Jaysat	00:00:30	63,4	69,2	100	320	83	74	20,9	131	26,7	77
	Jaysat	00:00:31	63,4	69	100	205	87	74	20,2	132	22,4	77
	Jaysat	00:00:32	63,4	68,7	101	137	88	74	19,7	134	18,9	78
	Jaysat	00:00:33	63,6	68,5	103	87	87	73,9	19	134	18,4	79
	Jaysat	00:00:34	63,4	68,3	105	117	87	73,9	18,3	135	18,3	79
	Jaysat	00:00:35	63,6	68,1	106	165	87	73,9	17,6	136	17,4	79
	Jaysat	00:00:36	63,6	67,9	107	152	88	73,7	16,8	138	17,4	80
	Jaysat	00:00:37	63,6	67,7	107	113	88	73,7	16,2	138	16,2	80
	Jaysat	00:00:38	63,6	67,3	108	117	88	73,7	15,4	139	17,3	80
	Jaysat	00:00:39	63,6	67,1	108	166	88	73,7	14,7	140	21,4	80
	Jaysat	00:00:40	63,6	66,8	108	164	85	73,7	14,1	141	19,3	80
	Jaysat	00:00:41	63,6	66,6	107	209	83	73,7	13,4	141	19,3	80
	Jaysat	00:00:42	63,6	66,3	106	186	84	73,7	12,8	143	18,6	81
	Jaysat	00:00:43	63,6	66,1	106	206	85	73,7	12,1	143	17,8	81
	Jaysat	00:00:44	63,6	65,7	106	204	86	73,7	11,5	143	17,7	81
	Jaysat	00:00:45	63,4	65,4	107	165	86	73,7	10,9	144	17,9	81
	Jaysat	00:00:46	63,6	65	108	137	86	73,7	10,4	144	19,2	81
	Jaysat	00:00:47	63,6	64,6	110	151	86	73,7	9,8	145	19,9	82
	Jaysat	00:00:48	63,6	64,3	110	164	86	73,9	9,2	145	17,1	82
	Jaysat	00:00:49	63,6	63,9	111	149	86	73,9	8,7	146	17,1	82
	Jaysat	00:00:50	63,6	63,7	111	200	87	73,9	8,3	146	17,6	82
	Jaysat	00:00:51	63,6	63,4	112	192	88	73,9	7,8	147	17,9	82
	Jaysat	00:00:52	63,7	63,2	113	173	88	73,9	7,4	147	18,8	82
	Jaysat	00:00:53	63,7	63,1	114	180	89	74	7	147	20,7	82
	Jaysat	00:00:54	63,7	63	115	136	88	74	6,6	147	21,1	82
	Jaysat	00:00:55	63,8	63	115	181	88	74	6,3	147	20,2	82
	Jaysat	00:00:56	63,8	63	116	175	89	74	5,9	149	19,9	82
	Jaysat	00:00:57	63,8	62,9	116	177	89	74,2	5,7	149	18,7	82
	Jaysat	00:00:58	63,8	62,9	117	176	89	74,2	5,4	149	19,2	82
	Jaysat	00:00:59	64	62,8	117	142	89	74,2	5,2	149	19,0	82
	Jaysat	00:01:00	64	62,8	117	158	88	74,4	4,9	150	19,1	82
	Jaysat	00:01:01	64	62,9	117	163	88	74,4	4,7	150	19,2	82
	Jaysat	00:01:02	64,1	62,9	117	199	83	74,4	4,5	151	22,8	82
	Jaysat	00:01:03	64,1	63	117	214	82	74,6	4,3	151	24,1	82
	Jaysat	00:01:04	64,1	62,9	118	207	82	74,6	4,1	152	22,2	82
	Jaysat	00:01:05	64,1	63	118	181	82	74,7	4	152	21,9	82
	Jaysat	00:01:06	64,4	62,9	118	195	83	74,7	3,8	152	21,3	82
	Jaysat	00:01:07	64,4	62,9	119	162	82	75	3,7	153	22,1	82
	Jaysat	00:01:08	64,4	62,9	120	163	82	75,1	3,5	153	21,9	82
	Jaysat	00:01:09	64,4	62,9	120	178	82	75,1	3,4	153	22,4	81
	Jaysat	00:01:10	64,4	62,9	120	200	82	75,3	3,3	153	22,8	81
	Jaysat	00:01:11	64,5	62,8	120	206	82	75,3	3,2	153	24,4	81
	Jaysat	00:01:12	64,5	62,8	120	214	82	75,5	3,1	153	23,3	81
	Jaysat	00:01:13	64,5	62,8	121	179	81	75,5	3	153	23,8	81
	Jaysat	00:01:14	64,5	62,8	121	195	81	75,7	3	154	23,4	80
	Jaysat	00:01:15	64,5	62,7	122	205	81	75,7	2,8	154	23,6	80
	Jaysat	00:01:16	64,5	62,7	122	236	81	75,8	2,8	154	23,5	80
	Jaysat	00:01:17	64,7	62,8	122	206	81	75,8	2,7	155	23,2	80
	Jaysat	00:01:18	64,5	62,8	123	203	80	76,1	2,7	155	21,2	79
	Jaysat	00:01:19	64,7	62,7	123	202	80	76,3	2,6	155	22,2	79
	Jaysat	00:01:20	64,5	62,7	123	205	80	76,5	2,6	156	22,8	78
	Jaysat	00:01:21	64,7	62,7	124	165	79	76,5	2,6	157	22,7	78
	Jaysat	00:01:22	64,7	62,7	125	194	79	76,7	2,5	157	23,6	78
	Jaysat	00:01:23	64,7	62,7	125	206	78	76,7	2,4	157	21,7	78
	Jaysat	00:01:24	64,7	62,6	125	232	78	76,9	2,3	158	21,0	78
	Jaysat	00:01:25	64,7	62,5	125	237	78	77,1	2,3	158	20,6	78
	Jaysat	00:01:26	64,7	62,5	125	215	78	77,3	2,3	157	20,5	79
	Jaysat	00:01:27	64,7	62,4	125	215	78	77,3	2,3	157	18,9	79
	Jaysat	00:01:28	64,9	62,2	126	204	78	77,5	2,3	157	21,2	79
	Jaysat	00:01:29	64,9	62,1	126	206	78	77,7	2,2	157	19,7	80
	Jaysat	00:01:30	64,7	62	126	160	77	77,9	2,2	157	17,9	80

Příloha č. 11. - Ukázka naměřených dat biothesiometrie jednoho probanda

Biothesiometrie									
	1 - Glans	2 - Glans	3 - Glans	avg	1 - Finger	2 - Finger	3 - Finger	avg	G/F ratio (1,3-1,7)
On	10,00	9,00	8,00	9,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,39
Off	8,00	6,00	5,00	6,33	5,00	6,00	7,00	6,00	
				7,67				5,50	







Příloha č. 12. - Ukázka naměřených hodnot pozice jednoho probanda

Right Notes:

SADDLE POSITION

	L	R		L	R
	-	Ankle Angle at Bottom 101 °		-	Knee Angle Flexion 110 ° Knee Angle Extension 38 °
	-	Knee Forward of Spindle -2mm		-	Hip Vertical Travel 41 mm
	-	Hip Lateral Travel 8mm		-	Foot Rotation Mean -11 °
	-	Cadence Average 92		-	Knee Forward of Foot 3mm

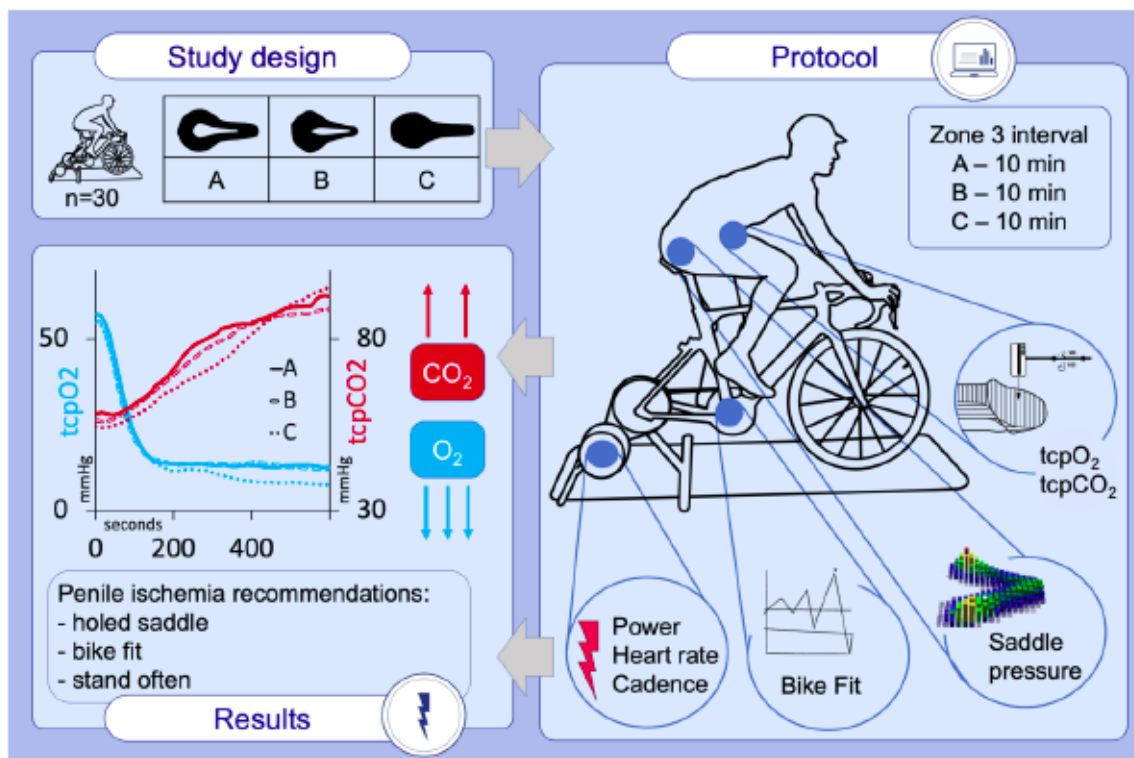
HANDLEBAR POSITION

	L	R		L	R
	-	Shoulder Angle to Elbow 76 ° Shoulder Angle to Wrist 87 °		-	Back Angle 41 °
	-	Hip Angle Closed 57 °		-	Elbow Angle 156 °
	-	Forearm Angle -41 °		-	Cadence Average 92

Příloha č. 13. - Ukázka naměřených tlakových dat jednoho sedla

0	0	0	0	0	0	0	21	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	102	532	647	467	458	120	0	0	0	0	0
0	0	0	0	151	686	1213	1377	1234	1203	775	370	0	0	0	0
0	0	0	0	389	1030	1624	1747	1684	1704	1165	629	27	0	0	0
0	0	0	0	691	1409	2041	2094	2100	2123	1493	915	390	0	0	0
0	0	0	345	910	1773	2491	2606	2545	2555	1900	1257	616	0	0	0
0	0	0	527	1158	2119	2911	2928	2888	2864	2215	1564	795	312	0	0
0	0	316	728	1557	2541	3303	3196	3107	3251	2742	2009	1151	458	0	0
0	295	552	1184	2185	3357	3739	3261	3183	3364	3114	2531	1601	708	330	0
0	493	893	1744	3051	3919	3757	3099	3090	3632	3740	3439	2381	1289	537	0
0	689	1422	2603	3873	4229	3383	2509	2618	3109	3674	3641	2806	1511	745	0
0	1387	2126	3511	4329	3818	2647	1995	2190	2912	3750	4255	3690	2402	1230	400
353	2738	4014	4768	4729	3439	2002	1419	1567	2089	3114	3947	4283	3524	2295	786
699	4717	6271	5400	4417	2854	1493	1047	1175	1706	2793	4012	5375	5827	4074	1960
749	6093	7737	6243	4110	2515	1257	743	853	1369	2408	3480	5350	6824	5560	2370
866	4275	6480	4787	3459	2079	903	490	599	1095	2172	3270	5615	8033	6900	3555
617	3010	4535	4081	2711	1510	524	293	355	718	1671	2627	4317	6053	5074	2548
508	1383	2418	1995	1199	537	0	0	0	366	938	1645	2416	2874	2202	866
120	366	851	617	393	0	0	0	0	0	198	415	671	734	543	44
0	0	129	313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Příloha č. 14. - Grafický abstrakt



Obr. č. 31. - Grafický abstrakt