

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Vztah mezi klidovými a maximálními spirometrickými
ukazateli v triatlonu**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Lenka Kovářová, Ph.D., MBA

Vypracoval:

Bc. Zdeněk Kučera

Praha, srpen 2013

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat paní Mgr. Lence Kovářové, Ph.D., MBA za odborné vedení při zpracování mé diplomové práce a za cenné rady a připomínky.

ABSTRAKT

- Název:** Vztah mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli
- Zpracoval:** Bc. Zdeněk Kučera
- Vedoucí práce:** Mgr. Lenka Kovářová, Ph.D., MBA
- Cíle:** Cílem diplomové práce je analyzovat vzájemné vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u triatlonistů, kteří byli zařazeni do SCM. Dalším cílem bude zjistit, zda analyzované parametry vykazují statisticky významně vyšší hodnoty u skupiny výkonnostně lepších triatlonistů (skupina reprezentace) oproti ostatním zařazeným triatlonistům do systému SCM.
- Metody:** Data byla získána na základě klidového a zátěžového testu, který triatlonisté standardně podstupují v rámci SCM. Data byla statisticky zpracována prostřednictvím korelační analýzy a nepárového neparametrického testu. Statistická významnost byla hodnocena na hladině 0,05, respektive 0,01.
- Výsledky:** U skupiny mužů lze potvrdit, že mezi klidovými a maximálními ukazateli je statisticky významný korelační vztah (kromě dechové frekvence a ekonomiky). Jiného výstupu je dosaženo u žen, kde statisticky významný vztah existuje především mezi klidovými spirometrickými ukazateli a dechovým objemem a dechovou frekvencí. Vyšších hodnot VO_{2max} je dosaženo u výkonnostně lepších skupin, platí to pro skupinu mužů i žen.
- Klíčová slova:** diagnostika, maximální spotřeba kyslíku, vitální kapacita, sportovní centra mládeže

SUMMARY

Title: The relationship between rest and the maximum spirometric indicators in the triathlon

Made by: Bc. Zdeněk Kučera

Supervisor: Mgr. Lenka Kovářová, Ph.D., MBA

Objectives: The aim of thesis is to analyze the relationship between rest and the maximum spirometric indicators for triathletes, who are members of the SCM. It will be also determined whether the analyzed indicators show statistically significantly better performance of triathletes in the representation compared to other triathletes in the SCM.

Methods: Data were collected on basis of standard test, which was attended by triathletes in term of SCM. Data were statistically analyzed based on correlation analysis and unpaired non-parametric test. Statistical significance was assessed at the level of 0.05 or 0.01.

Results: In the group of men can be confirmed that between rest and maximum indicators is statistically significant correlation relationship (except for respiratory rate and the economy). Another output is achieved for women, a statistically significant relationship exists mainly between rest spirometric indicators and tidal volume and respiratory rate. Higher values of VO_{2max} is achieved in groups with better performance, this is valid for both group of men and women.

Keywords: diagnostics, maximum oxygen consumption, vital capacity, youth sports center

OBSAH

1	Úvod	10
2	Charakteristika triatlonu	12
2.1	Pravidla triatlonu (Česká triatlonová asociace, 2012)	12
2.1.1	Plavecká část.....	13
2.1.2	Cyklistická část.....	15
2.1.3	Běžecská část	15
3	Sportovní výkon	16
3.1	Složky sportovního výkonu	16
3.2	Struktura výkonu	17
3.2.1	Determinanty výkonu v krátkém triatlonu	18
3.3	Základy tréninkového procesu	19
3.3.1	Vytrvalost	19
3.4	Řízení sportovního tréninku	21
3.4.1	Výběr talentů v triatlonu	23
3.5	Vybrané faktory vytrvalostního výkonu z pohledu fyziologie	24
3.5.1	Srdečně - cévní systém.....	24
3.5.2	Metabolismus.....	25
3.5.3	Dýchací systém	26
3.6	Diagnostika funkčních předpokladů v triatlonu	26
4	Vybrané ukazatelé výkonu v triatlonu	28
4.1	Diagnostika výkonnosti	28
4.1.1	Spirometrie a spiroergometrie	29
4.2	Spirometrické ukazatelé	30
4.2.1	Aerobní výkon (VO_{2max})	30
4.2.2	Dechová frekvence.....	39
4.2.3	Dechový objem	39
4.2.4	Vitální kapacita plic	40
4.2.5	Minutová ventilace	40
4.2.6	Jednovteřinová vitální kapacita	41
4.2.7	Respirační kvocient	41
4.2.8	Tepový kyslík.....	42
4.3	Spirometrické hodnoty na úrovni anaerobního prahu	42
4.4	Změny ventilačních parametrů při zatížení	44
5	Cíl a úkoly	45
6	Metodika	46
6.1	Charakteristika výzkumného souboru	46
6.2	Sběr dat	48
6.3	Statistické zpracování dat	50
7	Výsledky šetření	53
7.1	Analýza spirometrických ukazatelů u mužů	53

7.1.1	Klidové spirometrické ukazatelé.....	53
7.1.2	Maximální spirometrické ukazatelé	54
7.2	Analýza vztahů mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u mužů.	55
7.3	Hodnocení parametru dle dosažené výkonnosti u mužů	58
7.4	Analýza spirometrických ukazatelů u žen.....	60
7.4.1	Klidové spirometrické ukazatelé.....	60
7.4.2	Maximální spirometrické ukazatelé	61
7.5	Analýza vztahů mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u žen	61
7.6	Hodnocení parametru dle dosažené výkonnosti u žen	64
8	<i>Diskuze</i>	66
9	<i>Závěr</i>.....	69
	<i>Literatura</i>	71
	Monografické publikace.....	71
	Elektronické zdroje.....	72
	Diplomové práce	73
	<i>Seznam tabulek</i>.....	74
	<i>Seznam obrázků</i>.....	76
	<i>Seznam grafů</i>.....	77
	<i>Seznam příloh</i>.....	78

ZKRATKY

AEP	aerobní práh
ANP	anaerobní práh
ATP	adenosintrifosfát
CP	kreatinfosfát
ČTA	Česká triatlonová asociace
DDT	dlouhý duatlon
DTT	dlouhý triatlon
ETU	European Triathlon Union
ITU	International Triathlon Union
KDT	krátký duatlon
KT	kvadriatlon
KTT	krátký triatlon
RTC	roční tréninkový plán
SCM	Sportovní centrum mládeže
SDT	sprint duatlon
SSTT	supersprint triatlon
STT	sprint triatlon
TRT	terénní triatlon

1 ÚVOD

Triatlon je sport skládající se ze třech náročných disciplín. Říká se, že to však není pouhý sport, ale způsob životního stylu. Vzhledem k tomu, že jde především o vytrvalostní sport, dosahují nejlepších výkonů triatlonisté ve vyšším věku, kteří dokážou lépe čelit jak fyzickému tak psychickému tlaku. Jsou zde kladeny vysoké požadavky na přípravu, materiální vybavení i know-how. Samozřejmě záleží na tom, o jaký typ triatlonu jde. Z časového hlediska se u krátkého triatlonu vyžadují nižší nároky než u Ironmana, který je nejdelší formou triatlonu.

Čím více vzrůstají nároky na specializaci a výkonnost triatlonistů, tím více se aktuální výkonnost analyzuje a hledají se další způsoby, jak jí zvýšit. Analýza výkonu umožní najít slabé, ale i silné stránky triatlonisty. Zmírnění či eliminace slabin a posílení předností je jistá cesta, která povede triatlonistu k jeho úspěchům. Bohužel je tato cesta velmi obtížná. Každopádně první krok, který představuje stanovení hlavních determinant výkonu, dnes podstupuje každý profesionální sportovec. K řízení tréninkového procesu a zvyšování výkonnosti se ve velké míře využívají zátěžové testy. Výsledky zátěžového testu primárně zhodnotí zdravotní stav sportovce a vyloučí případné zdravotní komplikace, hned poté jejich hlavní význam spočívá v hodnocení výkonnosti.

Není pochyb, že vytrvalost je pro triatlon klíčová schopnost. Je charakterizována délkou zátěže a určující význam pro posouzení této schopnosti má nástup únavy. O aerobním výkonu nás informuje nejlépe ukazatel VO_{2max} , což je maximální spotřeba kyslíku, kterou je sportovec schopen využít. Tento parametr je jedním z mnoha, který se právě určuje při zátěžovém testu. Kromě VO_{2max} je možné získat i další údaje o spirometrických ukazatelích.

Právě prověření vztahů mezi spirometrickými ukazateli je cílem této diplomové práce. Je otázkou, zda existuje mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli závislost. Výsledek bude určitě dalším podkladem pro hodnocení výkonu a pro výběr způsobu, jak ovlivnit výkon v triatlonu. V této práci se budeme zabývat charakteristikou samotného výkonu v triatlonu a popisem výsledků komplexní analýzy, která bude zaměřená právě na dosažení výše uvedeného cíle.

V teoretické části práce budeme krátce seznámeni s pravidly triatlonu. Další kapitola nabídne informace o sportovním výkonu, především se zaměří na strukturu a složky sportovního výkonu. V této kapitole nebude chybět ani definice toho, co je základem tréninkového procesu, co je řízení tréninku a jaké fyziologické faktory ovlivňují výkon v triatlonu. Tím se pak dostaneme k otázce diagnostiky výkonnosti. Poslední kapitola teoretické části se bude

soustředit na spirometrické ukazatele, které budou představeny ve větším detailu. Zejména bude důraz kladen na parametry, které budou analyzovány v následující praktické části.

Praktická část se bude zabývat stanovením cílů a způsobu, jak bude cíle a jednotlivých úkolů dosaženo. Na začátku analýzy budou stanoveny i hypotézy. Výsledky realizované analýzy budou poté diskutovány v samostatné kapitole a budou zodpovězeny i otázky, které v souvislosti s výsledky mohou vzniknout. Důležitým bodem bude i zamyšlení nad tím, zda a případně jak bude možné výsledky dále využít.

Teoretická část

2 CHARAKTERISTIKA TRIATLONU

Triatlon je vytrvalostním sportem, který je fyzicky i psychicky velmi náročný. Výborným výkonům předchází dlouhodobý a tvrdý trénink, a proto největších úspěchů dosahují triatlonisté až ve věku 30 – 40 let. V dnešní době je triatlon považován za moderní, progresivní, dynamický a také atraktivní sport.

Triatlon je vytrvalostním vícebojem, který kombinuje tři sporty – plavání, cyklistiku, běh. Oproti jiným sportům má triatlon charakter homogenního sportu, což znamená, že je zahájen okamžikem startu a končí okamžikem cíle a v jeho průběhu mění zatížení. Všechny disciplíny triatlonu vyžadují vysokou úroveň dlouhodobé vytrvalosti, která je ovšem u jednotlivých disciplín triatlonu odlišná, především v intenzitě aerobních procesů, v úrovni vytrvalostní síly a schopnosti optimálně využívat zdroje energie charakteristické pro dobu trvání jednotlivých disciplín (Formánek, Horčic, 2003).

První doložitelné informace o triatlonu jsou z roku 1921 z okolí Marseille, kdy studenti zkoušeli skloubit dohromady 3 sportovní disciplíny – plavání, kolo a běh. Bohužel poté se po období dvou světových válek zastavil jakýkoliv progres. Na kombinaci tří atletických sportů se mírně pozapomenulo a v Evropě se začalo více experimentovat na poli vícebojů a tomu podobných sportovních odvětví. Až v roce 1974 se opět objevila kombinace plavání, cyklistiky a běhu. V dnešní době existuje již řada světových triatlonových závodů, jen málokdo neslyšel o závodě pod českým názvem „Železný muž“ - nejznámější světový závod je zahájen plaváním ve vzdálenosti 3,8 km, poté následuje 180 km cyklistické části a na závěr se běží 42,195 km. Ironman patří mezi dlouhé triatlony. Kromě toho ještě rozlišujeme krátký triatlon a sprint. Navíc dal triatlon vzniknout dalším sportovním odvětvím, kterými jsou duatlon, kvadriatlon, zimní triatlon, aquatlon nebo terénní triatlon-xterra (Matula, 2010).

2.1 Pravidla triatlonu (Česká triatlonová asociace, 2012)

Triatlon je závod, který svými propozicemi respektuje pravidla ČTA a následně ITU/ETU. Zmíněná pravidla platí pro všechny triatlonové závody včetně příslušných – tlonů (duatlon, kvadriatlon, aquatlon, sprint triatlon, zimní triatlon, terénní triatlon), jejichž vyhlášovatelem je ČTA. Na závodech, jejichž vyhlášovatelem je ETU, resp. ITU, platí pravidla příslušné federace triatlonu. Triatlon je sport, ve kterém závodník absolvuje plaveckou, cyklistickou a běžeckou část v uvedeném pořadí, s průběžným měřením času od startu plavání do cíle běhu.

Délky tratí mohou být upravovány dle požadavků ITU a budou upravovány v příslušné soutěžní směrnici triatlonu. Následující tabulka zobrazuje přehled délek tratí v triatlonu.

Tabulka 1: Délky tratí v triatlonu (km)

TRIALTON	Plavání	Kolo	Běh
Sprint triatlon	0,75	20	5
Krátký triatlon	1,5	40	10
Dlouhý triatlon	1,9 - 3,8	90 - 180	21 - 42,2

Pořadatel je povinen tratě před závodem změřit a oznámit jejich skutečnou délku. Tato délka bude přesně zanesena do výsledkových listin. V případě jiných tratí je nutné dodržet příslušný poměr mezi jednotlivými délkami tratí. Maximální přípustná odchylka v délce trati je 10 %. Pokud délky tratí nevyhovují uvedeným kritériím, je pořadatel povinen požádat o udělení výjimky Technickou komisí ČTA. Jakákoliv měření trati po závodě nemají žádný vliv na výsledky dosažené v závodě.

Pro samotného závodníka platí, že je zodpovědný za svou účast v závodě i za svůj zdravotní stav a také za absolvování celé trati závodu včetně počítání okruhů. Při nedodržení je závodník diskvalifikován. Dále musí dodržovat pravidla ČTA a respektovat pravidla silničního provozu a instrukce pořadatele závodu. Co se týče startu a konce závodu, v jedné vlně nesmí startovat kategorie, které při závodě absolvují různou délku tratě. Závod žen se doporučuje startovat odděleně v jiné vlně. Závod je ukončen proběhnutím posledního závodníka cílem.

2.1.1 Plavecká část

Plavecká část je definovaná část tratě, při které musí závodník plavat v rámci vyznačené dráhy. Plavecká trať začíná u startovní čáry a končí výběhem z vody před vstupem do depa. Závodníci smí používat jakýkoliv plavecký styl. Pro zajištění bezpečnosti závodníků může hlavní rozhodčí nařídít použití neoprenu (tabulka 2).

Tabulka 2: Podmínky pro použití neoprenu

Délka plavání (m)	Junioři a dospělí		Žactvo a dorost	
	Povinný pod	Zakázán nad	Povinný pod	Zakázán nad
Do 750 včetně	14°C	20°C	17°C	21°C
Do 1500 včetně	14°C	21°C	17°C	22°C
Do 3000 včetně	16°C	23°C		
Do 4000 včetně	16°C	24°C		

Pro případ, že je nařízeno povinné použití neoprenu, jsou dány maximální délky tratí a maximální čas pobytu ve vodě.

Tabulka 3: Maximální délka tratě a maximální doba pobytu ve vodě při použití neoprenu

Teplota vody (°C)	Max. délka plavání (km)	Max. doba pobytu ve vodě
Pod 16	3	1h 40 min.
Pod 15	2	1h 10 min.
Pod 14	1	30 min.

Jsou povoleny tyto typy hromadného startu:

- a) z vody od pásky následně zvednuté, od níž je povoleno pouze plavat,
- b) z břehu vběhnutím do vody,
- c) skokem do vody.

2.1.2 Cyklistická část

Jakákoliv jízda, při které závodník neprojíždí „obdélníkem“ jiného závodníka trvale vpřed, je považována za jízdu v háku. Není-li povolena jízda v háku, je stanovena draftingová zóna 1,5x1,5x10 m (měřeno od zadního kola) a je stanovena max. doba 20 s, po kterou smí závodník v této zóně zůstat. Povolení jízdy v háku je závislé na délce závodu a kategorii závodníků (tabulka 4).

Tabulka 4: Podmínky pro povolení jízdy v háku

Typ závodu	žactvo	dorost	junioři, dospělí
SSTT, STT, KTT, SDT, KDT, DTT, TRT	povolena	povolena	povolena
DTT, DDT			zakázána
KT		povolena	povolena

2.1.3 Běžecská část

Závodník má během této části dovoleno:

- běžet nebo jít,
- musí mít zahalenou horní část těla,
- nesmí vyběhnout bez bot,
- musí mít jasně viditelné číslo zepředu,
- je povinen přijmout identifikátor, obvykle signalizující různý počet uběhnutých kol,
- nesmí být doprovázen,
- nesmí využívat žádných pevných bodů pro manévrování v zatáčce.

3 SPORTOVNÍ VÝKON

V této kapitole se zaměříme na charakteristiku sportovního výkonu v triatlonu a na faktory, které ho ovlivňují.

Obecně lze sportovní výkon definovat jako projev schopností sportovce, které se rozvíjejí cílevědomým dlouhodobým tréninkem. Výkon můžeme označit jak za cíl tréninkového procesu, tak i za proces rozvoje sportovce. V podstatě je výkon také výsledným projevem výkonnostního rozvoje sportovce, který je po celou dobu ovlivňován vrozenými dispozicemi, přírodním a sociálním prostředím a tréninkovým procesem. Sportovní výkon může být charakterizován i jako projev specializovaných schopností jedince v činnosti, zaměřené na řešení pohybového úkolu, který je vymezen pravidly daného sportovního odvětví nebo disciplíny (Choutka, Dovalil 1991).

3.1 Složky sportovního výkonu

Dovalil (2009) uvádí, že úkolem sportovního tréninku je rozvoj, který spočívá především v kondiční přípravě. Nesmíme však opomenout ani rozvoj psychický a sociální. Jednotlivé úkoly se pak realizují v rámci následujících složek přípravy (Formánek, Horčic, 2003):

- Kondiční

Kondiční příprava se zaměřuje na rozvoj pohybových schopností – vytrvalost, síla, koordinace, rychlost. Zasahuje různé fyziologické funkce, ale dotýká se i procesů psychických. Pro triatlon je klíčový rozvoj vytrvalosti, ale nesmí se podceňovat ani ostatní pohybové schopnosti.

- Technické

Cílem této přípravy je zdokonalovat sportovní dovednosti. Technika znamená způsob, jakým se řeší pohybový úkol a styl představuje osobité provedení pohybu. Technická příprava je také velmi klíčová i u triatlonistů, především rozvoj koordinačních dovedností.

- Taktické

Základem taktické přípravy je osvojování si taktických vědomostí, zdokonalování variant řešení, které jsou typické pro soutěžní prostředí, rozvoj tvůrčích schopností a taktického myšlení. Taktická příprava hraje v triatlonových závodech významnou roli např. jízda na kole dle profilu tratě, doplňování tekutin atd.

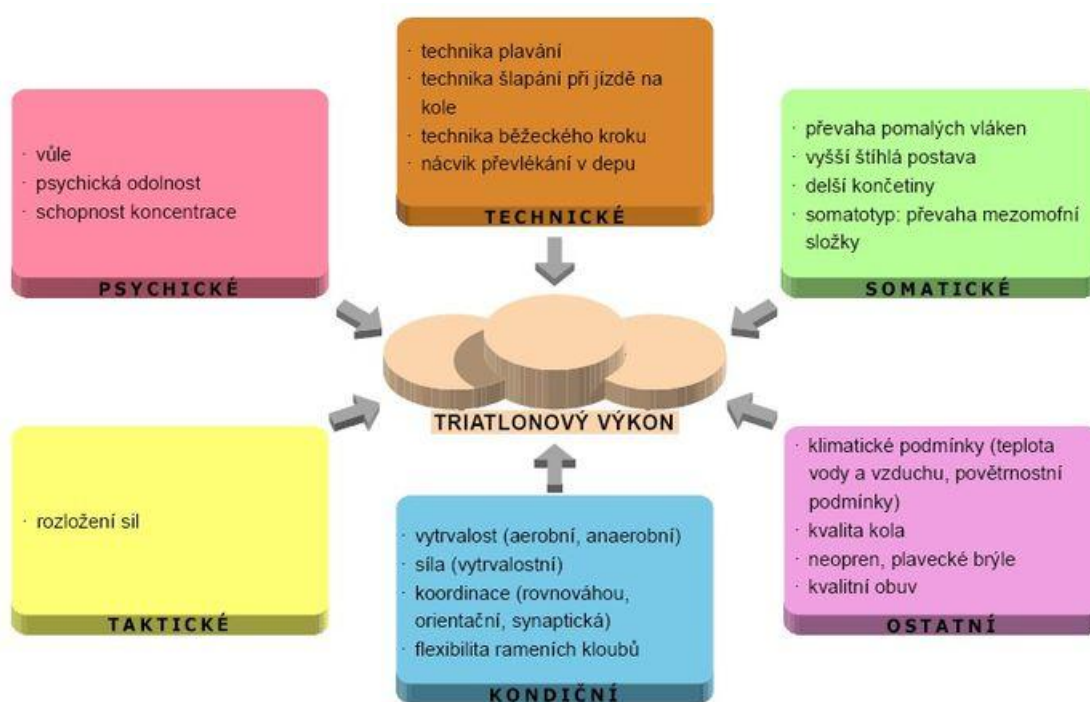
- Psychologické

Hlavním úkolem psychologické přípravy je, aby sportovec rozpoznal své psychické stavy a uměl se s nimi vyrovnat a regulovat je. Do této přípravy patří rozvoj motivace a vůle pro závodění, regulace emocí, formování sociální role, rozvoj vytrvalosti, cílevědomosti. Velmi často sportovci využívají v této přípravě sportovního psychologa.

3.2 Struktura výkonu

Struktura sportovního výkonu je definována jako zákonitě uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů (Dovalil, 2009). Obrázek 1 zobrazuje základní přehled ukazatelů (faktorů), které ovlivňují výkon v triatlonu.

Obrázek 1: Faktory ovlivňující výkon v triatlonu (Bernaciková M., Kapounková K., Novotný J. a kol., 2010)



Jak již bylo uvedeno, hlavním cílem tréninku je dosažení co nejvyšší individuální výkonnosti. Výkon v triatlonu je ovlivňován řadou faktorů, s kterými by měl být sportovec i trenér seznámeni, aby si dokázali nastavit reálný cíl tréninku. Všechny faktory se prolínají a nesmíme opomenout ani na jeden. V této práci se především zaměříme na kondiční faktory, které významně ovlivňují výkon v triatlonu.

3.2.1 Determinanty výkonu v krátkém triatlonu

Závodní výkon v triatlonu zahrnuje nejen determinanty výkonu v jednotlivých částech triatlonu (plavání, kolo, běh), ale vzhledem ke specifickým podmínkám bezprostřední návaznosti jednotlivých částí je třeba brát v úvahu i vzájemné vztahy a souvislosti z hlediska přechodových částí triatlonu (Horčic, 2004).

Závodní výkon v krátkém triatlonu je pak určován komplexními výkonovými předpoklady sportovce v plavání, cyklistice a běhu a technicko-taktickými dovednostmi v přechodových úsecích závodu. Výkon je tedy součtem pěti dílčích částí:

- časem plavecké části,
- časem mezi opuštěním vody a začátkem jízdy na kole,
- časem cyklistické části,
- časem mezi sesednutím z kola a začátkem běžecké části,
- časem běžecké části,

(Kovářová, 2012).

Plavecký čas, čas jízdy na kole, běžecký čas a časy přechodových úseků tvoří dohromady konečný čas závodu – výkon. Ve finále je výkon v triatlonu výsledkem vzájemného částečného ovlivňování jak výkonů v plavání, jízdě na kole, běhu a výkonu v přechodech tak i výsledkem optimálního zvládnutí závěrečné části plavání a prvních kilometrů jízdy na kole či zvládnutí poslední části jízdy na kole se začátkem běhu (Horčic, 2004).

Pokud se detailněji podíváme na závody krátkého triatlonu, zjistíme, že z celkového času závodu připadá na plaveckou část cca 15 %, na cyklistickou 55 % a na běžeckou pak zůstává 29 %. Souhrný čas strávený v obou depech pak představuje 1 % celkového času. Vrcholoví triatlonisté za rok absolvují v bazénu 1 000 – 1 250 km (tj. 36 % celkového času), najedou na bicyklu 10 000 – 13 500 km (tj. 37 % celkového času) a v běžeckém tréninku pojmu 2 800 – 4 000 km (tj. 27 % celkového času). V tréninku krátkého triatlonu se tedy výrazně akcentuje plavání (36 % celkového tréninkového času oproti 15 % celkového času závodu) na úkor cyklistiky (37 % celkového tréninkového času oproti 55 % celkového času závodu). Domníváme se, že důvodem je technika plavání, která je výrazně obtížnější pro osvojení, než je tomu u cyklistiky (Kovářová, 2012).

3.3 Základy tréninkového procesu

Sportovní trénink je zaměřen převážně na záměrný rozvoj jedince a na dosahování dílčích cílů výkonnostního růstu. Proto bychom měli zaměřit pozornost hlavně na poznání podstaty výkonnostních předpokladů sportovce a jejich rozvoje. Tréninkovým procesem stimulujeme pohybové schopnosti, které reagují na zátěž adaptací, čímž dochází ke zvýšení sportovní výkonnosti. Pohybové schopnosti definujeme jako samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti, kde se také projevují (Dovalil, 2009).

Do pohybových schopností patří:

- silové schopnosti,
- rychlostní schopnosti,
- vytrvalostní schopnosti,
- obratnostní schopnosti,
- pohyblivost.

V každém pohybu se mohou rozpoznat jednotlivé pohybové schopnosti, ale jedna z nich většinou má převahu. Vzhledem k tomu, že triatlon je disciplína zejména se silově-vytrvalostním charakterem, nejvíce pozornosti se zaměřuje na vytrvalost.

3.3.1 Vytrvalost

Vytrvalost je pohybovou schopností, která umožňuje vykonávat činnost po určitou dobu co nejvyšší intenzitou nebo vykonávat pohyb určitou intenzitou po co nejdelší čas (Formánek, Horčic, 2003). Ve sportu tuto schopnost vyvolávají takové požadavky jednotlivých sportovních disciplín nebo odvětví, jako jsou délka tratě, doba utkání, počet pokusů atd. Určující význam pro posouzení této schopnosti má nástup únavy.

Hlavním kritériem pro vymezení jednotlivých druhů vytrvalosti je způsob jejich energetického krytí a doby trvání zatížení. Podle něj rozlišujeme čtyři základní druhy vytrvalosti, které prezentuje tabulka 5 (Formánek, Horčic 2003).

Tabulka 5: Základní dělení vytrvalosti podle doby trvání pohybové činnosti a způsobu energetického krytí (Formánek, Horčic, 2003)

Druh vytrvalosti	Doba trvání pohybové činnosti	Převážná aktivizace energetického systému
Rychlostní	do 20 sekund	ATP – CP
Krátkodobá	2 – 3 min	ATP – La
Střednědobá	8 – 10 min	ATP – La/O ₂
Dlouhodobá	nad 10 min	O ₂

Podle tohoto základního dělení spadají do dlouhodobé vytrvalosti všechny disciplíny triatlonu. Na základě toho se dělí dlouhodobá vytrvalost podrobněji (tabulka 6), aby bylo zřejmé, v které energetické zóně se disciplína odehrává. Dlouhodobá vytrvalost je podmínkou pro absolvování většího objemu tréninku.

Tabulka 6: Podrobnější dělení vytrvalosti využitelné z pohledu triatlonu (Formánek, Horčic 2003)

Druh vytrvalosti	Doba trvání pohybové činnosti	Spotřeba kyslíku (% VO _{2max})	Energetické krytí (% aerobního podílu)
Krátkodobá	35 s – 2 min	100	20
Střednědobá	2 – 10 min	95 – 100	60
Dlouhodobá I	10 – 35 min	90 – 95	70
Dlouhodobá II	35 – 90 min	80 – 95	80
Dlouhodobá III	90 – 360 min	60 – 90	95
Dlouhodobá IV	nad 360 min	50 – 60	99

O úrovni vytrvalostních schopností rozhoduje především výkonnost dýchacího a srdečně - cévního systému při přijímání a transportu kyslíku a energetických zdrojů do svalů. Je nezbytné stanovit zatížení, které bude ve svém důsledku způsobovat aerobní, anaerobně laktátové a anaerobně alaktátové procesy (Dovalil, 2009).

Podle Choutky a Dovalila (1991) lze vytrvalost dále rozlišovat:

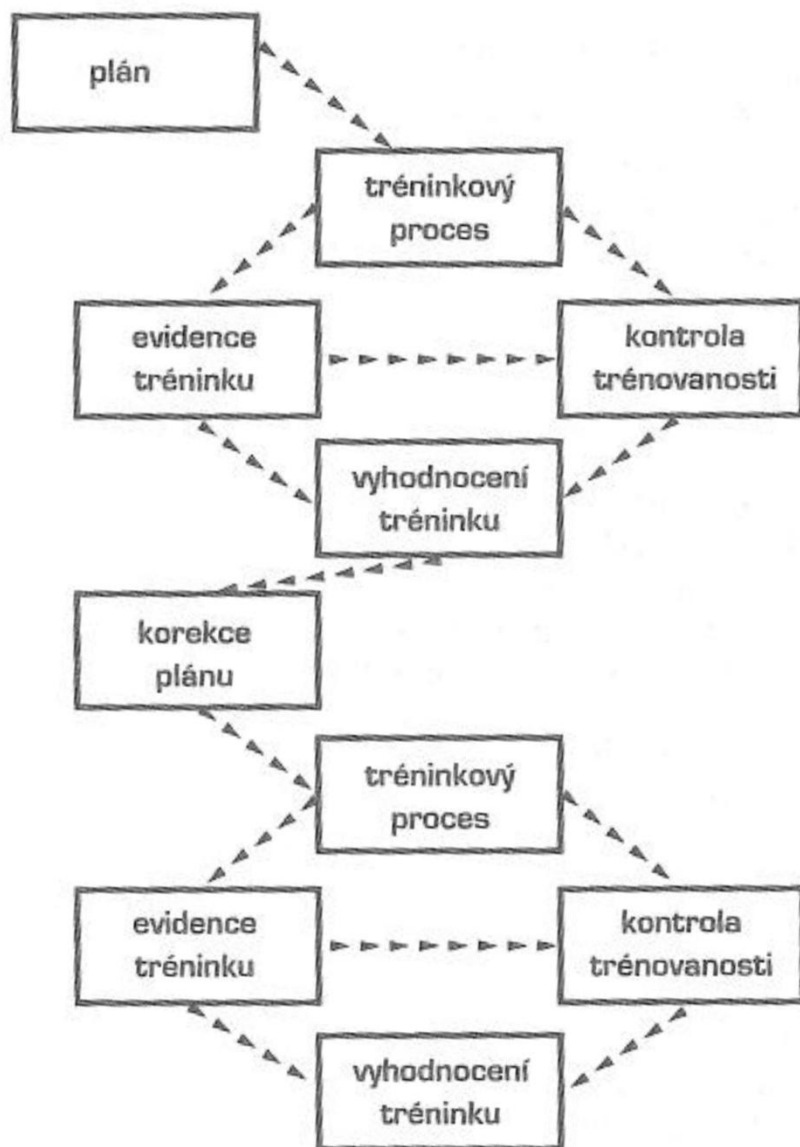
- podle množství zapojených svalových vláken:
 - Celková vytrvalost – k práci je využíváno více než 2/3 kosterního svalstva. Taková práce klade značné nároky na dýchací a oběhový systém. Tyto systémy především limitují úroveň činnosti.
 - Lokální vytrvalost – při pohybu se zapojuje méně než 1/3 kosterního svalstva, zapojují se menší svalové skupiny, činnost není omezována dýchacím a oběhovým systémem. Limitujícími faktory jsou biochemické změny ve tkáních.
- podle typu svalové kontrakce
 - Statická vytrvalost – izometrické kontrakce.
 - Dynamická vytrvalost – ostatní typy kontrakce.

V případě triatlonového výkonu hovoříme o celkové vytrvalosti, protože je zapojena převážná část svalových skupin. Pokud posoudíme vytrvalost podle typu svalové kontrakce, kdy statická vytrvalost může být vyjádřena např. délkou trvání výdrže a dynamická např. počtem shybů, je zřejmé, že výkon ve všech třech sportech v rámci triatlonu představuje dynamickou vytrvalost (Formánek, Horčic, 2003).

3.4 Řízení sportovního tréninku

Řízení tréninku je termínem, který chápeme jako pokyny a zásah do tréninku, které jsou vědomé, racionální a zdůvodněné. Na tento proces lze pohlížet ze dvou stránek. Sociálně psychologická stránka tréninkového procesu znamená vedení lidí, ovlivňování jejich jednání a jejich hodnocení. Stanovení velikosti a druhu zatížení již patří do technologického pohledu tréninkového procesu, v podstatě ovlivňuje trénovanost jedince. Následující obrázek 2 přehledně zobrazuje řízení tréninku (Dovalil, Perič, 2010).

Obrázek 2: Schéma řízení sportovního tréninku (Dovalil, Perič, 2010)



K tomu, abychom správně řídili tréninkový proces, je třeba znát a uspořádat spoustu informací. Ty získáme prostřednictvím plánování tréninku, evidencí tréninku, kontrolou trénovanosti a vyhodnocování tréninku. Plán představuje konkrétní představu o tréninku pro určité časové období. Činnost sportovce by se měla průběžně sledovat a zaznamenávat. Zpětnou vazbu, jak byl trénink absolvován, plní pak kontrola trénovanosti. Samozřejmě nesmí chybět ani vyhodnocení tréninku, podle kterého lze upravit následující tréninkové plány (Dovalil, Perič, 2010).

Nejvíce sledovanou veličinou u řízení tréninku je velikost zatížení. Jeho stanovení a následná odezva v organismu nás informuje, zda je jeho velikost přiměřená či nikoli. Velikost zatížení

se chápe jako vícerozměrná veličina, kterou vytvářejí charakteristiky zatížení, a to jak jednotlivě, tak ve vzájemné spojitosti:

- intenzita cvičení,
- doba trvání cvičení,
- počet opakování cvičení,
- interval odpočinku mezi cvičením,
- způsob odpočinku,

(Babica, 2008).

3.4.1 Výběr talentů v triatlonu

Pro výběr talentů v triatlonu je velmi důležitý věk. Již od mladého věku se sportovci připravují systematicky na závodní dráhu triatlonu, nicméně je stále velmi diskutovaná otázka, kdy začít se specializovanou přípravou. Pokud se začne velmi brzy, hrozí zde ztráta motivace v raném věku. Je nutné si uvědomit, že vrcholné období triatlonu přichází až mezi 25 a 30 lety. Výběr talentů se velmi často provádí v období adolescence. Testy by měly být zaměřeny na plavecké předpoklady, obecně vytrvalostní předpoklady, dále na předpoklady antropometrické a morfologické, běžecké a menší váhu pak přiřkládat předpokladům pro cyklistiku (Kovářová, 2012).

V oblasti funkčních předpokladů se za dva hlavní indikátory predikce výkonu uvádí shodně relativní VO_{2max} a % VO_{2max} na ANP. Pro predikci výkonu pomocí motorických testů výzkumy nejčastěji používají laboratorní zátěžové testy z důvodů zachování objektivity získaných dat. Nejčastěji se používá zátěžový test do vita maxima na běhátku a cyklistickém trenážeru, dále testy rychlosti na anaerobním, méně pak na aerobním prahu. V posledních desetiletí je poměrně velká pozornost věnována psychickým předpokladům a osobnostnímu profilu. Z výzkumů lze vytvořit závěr, že triatlonista by měl mít velmi nízkou hladinu nervové lability, která mu umožní zvládat psychicky náročné situace (Kovářová, 2012).

3.5 Vybrané faktory vytrvalostního výkonu z pohledu fyziologie

Jak již bylo uvedeno, vytrvalostní schopnosti se řídí především výkonností dýchacího a srdečně - cévního systému při přijímání a transportu kyslíku a energetických svalů do pracujících svalů (Dovalil, 2009). Nesmí se však zapomenout, že na trénink je třeba pohlížet i z jiného pohledu než jen z fyziologického. Svou roli zde hraje i motivace, vůle trénovat, síla překonávat potíže během tréninku a psychický stav sportovce.

V této kapitole stručně popíšeme základní fyziologické faktory sportovního výkonu, v další kapitole se již zaměříme na konkrétní spirometrické ukazatele a jejich vztahy, které jsou platné pro výkony u triatlonistů.

3.5.1 Srdečně - cévní systém

Srdečně - cévní systém je propojen s dýchacím. V tomto systému se zajišťuje přísun živin do svalů, ovládá se termoregulace a udržuje stálost vnitřního prostředí (Bartůňková, 2006). Při pohybové činnosti dochází k podstatným změnám ukazatelů krevního oběhu.

Srdeční frekvence

Základní srdeční funkce je vypuzování krve do krevního oběhu. Počet systol za čas nazýváme srdeční frekvence, která je jedním ze základních ukazatelů krevního oběhu (Bartůňková, 2006). Při dlouhodobých trénincích dochází ke zvýšení hmotnosti a zvětšení srdce, což působí pozitivně na výkonnost srdce při maximálním vytrvalostním zatížení. Tyto výrazné změny se nazývají „sportovní srdce“ (Formánek, Horčic, 2003).

Klidová srdeční frekvence se pohybuje kolem 70 tepů/minutu, u sportovců, kteří provozují vytrvalostní sport, je obvykle 50 - 60 tepů/minutu, u špičkových vytrvalců i nižší. Se zvyšujícím se zatížením se srdeční frekvence zvyšuje. Optimální hodnota je 120 - 130 tepů/minutu, kdy srdce pracuje nejekonomičtěji, protože je nejvíce plněno krví a vypuzuje ven nejvíce okysličené krve (Bartůňková, 2006).

Tento ukazatel reaguje přes stresové hormony (adrenalin), takže se zvyšuje, i když je sportovec jen v předstartovním stavu. V době uklidnění se vrací frekvence na výchozí hodnoty. Čím je návrat po zatížení rychlejší, tím je sportovec zdatnější (Dovalil, 2009).

Krevní tlak

Výše krevního tlaku závisí na činnosti srdce, množství krve, odporu cév, cévním průsvitu, pohybové aktivitě apod. (Bartůňková, 2006). Optimální hodnota tlaku v klidu bývá obecně u

systolického tlaku 120 torrů a u diastolického tlaku 80 torrů. Se vzrůstajícím zatížením se zvyšuje především systolický tlak, diastolický tlak se zvyšuje mírně nebo dokonce klesá. Může se stát, že velmi intenzivní zatížení může způsobit takové vyčerpání, že oba tlaky prudce klesají, což může vést až ke kolapsu (Dovalil, 2009).

Minutový objem srdeční

Tento ukazatel udává hodnotu, jaké množství krve je přečerpáno srdcem za jednu minutu. S vyšším zatížením hodnota stoupá. Klidové hodnoty se pohybují kolem 4 - 5 litrů za minutu, při pohybové aktivitě se může hodnota několikanásobně zvýšit např. až na 25 l (Dovalil, 2009), u vysoce trénovaných až 40 l (Formánek, Horčic, 2003).

3.5.2 Metabolismus

Pohybová aktivita požaduje zajištění energie. Hlavními energetickými zdroji jsou makroergní fosfáty a makroergní substráty. Mezi makroergní fosfáty patří adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CP). Druhým zdrojem jsou živiny tj. cukry, tuky, bílkoviny.

ATP představuje energetickou rezervu, která vydrží jen na několik sekund cvičení o vysoké intenzitě. ATP se však velmi rychle obnovuje, a to především z kreatinfosfátu, po delším čase dochází štěpením živin k obnově ATP. Cukry jsou tvořeny zásobou jaterního a svalového glykogenu, které vydrží přibližně na 2 - 4 hodiny sportovní činnosti. Někteří sportovci využívají před závodem tzv. superkompenzační diety, kdy nejprve pomocí zatížení vyčerpají veškerý glykogen a pak doplní zásoby pomocí vysokocukerné stravy. To vše se děje 3 - 5 dnů před závodem. Tuky jsou vhodné pro déletrvajícím zatížením a bílkoviny se využívají spíše pro stavbu tkání nebo se pak jejich energetický podíl zvyšuje při déletrvajícím zatížením nebo v období regenerace (Formánek, Horčic, 2003).

Při metabolických operacích probíhá anaerobní krytí bez přístupu kyslíku, ale také aerobní krytí za přístupu kyslíku. Pro triatlon jsou významné oba režimy krytí energetické spotřeby. Velmi ekonomické fungování představuje aerobní výkon, kdy se veškerá práce odehrává za přítomnosti kyslíku. Na druhou stranu není možné v tomto režimu dosáhnout maximálního výkonu v krátkých časových úsecích. Může poskytnout velké množství energie, ale za jednotku času méně než ostatní systémy (Vojtěchovský, 2009).

Anaerobní výkon lze rozdělit na dvě části. Jednou z nich je ATP - CP metabolismus, který se u triatlonistů vyskytuje v nižším zastoupení, ale nesmí se podceňovat. Jeho okamžitý výkon je totiž několikrát vyšší než aerobní výkon. ATP - CP režim je typický např. pro sprintery. Druhá část je anaerobně laktátový metabolismus, kdy se tvoří laktát a organismus si do něj

odkládá kyslíkový dluh v případě, že je po delší dobu požadován výkon, než jaký dokáže pokrýt přísun kyslíku. Tento metabolismus je velmi klíčový v závěrečných částech závodu, protože anaerobně laktátová výkonnost rozhoduje o konečném pořadí v závodě (Vojtěchovský, 2009).

3.5.3 Dýchací systém

Dýchací systém se v propojení se srdečně - cévním systémem podílí na procesech, které okysličují tkáně a odvádí z těla metabolity. Pro sportovce je typická ekonomizace dýchání, což je pozorovatelné na ukazatelích, které podrobně řeší kapitola 4.

3.6 Diagnostika funkčních předpokladů v triatlonu

Pro stanovení rozhodujících determinant pro krátkodobou predikci výkonu v triatlonu bylo realizováno několik výzkumů (např. Neumann, 1993; Schabert, Killian, St. Clair Gibson, Hawley & Noakes, 2000; Hue, 2003; Van Schuylenbergh, Vanden Eynde & Hespel, 2004). Zkoumaly se vztahy mezi výsledky v laboratorních testech a výkonem v následujícím závodě, který byl absolvován zpravidla do několika týdnů po absolvování laboratorních testů (Kovářová, 2012).

První z těchto výzkumů provedl již roku 1993 Neumann. Horčic (2004) z tohoto výzkumu vyvozuje, že nejvyšší závislost k výkonu v cyklistické a běžecké části měl ukazatel maximální spotřeby kyslíku, menší vliv měl maximální ergometrický výkon dosažený v konci stupňovaného testu do *vita maxima* a výkon na hladině laktátu 3 mmol/l. Na výkon v plavecké části měl největší vliv ergometrický výkon v 5iminutovém testu na plaveckém trenážeru Biokinetic. Ukázalo se, že výkon v krátkém triatlonu je vedle vysoké úrovně aerobní výkonnosti závislý i na vysoké úrovni specifických, silově vytrvalostních aerobních i anaerobních předpokladů (Kovářová, 2012).

Autoři např. Horčic, 2004; Neumann, Pfützner & Hottnerott, 2004; Neumann, Pfützner & Hottenrott, 2005 se shodují, že o výkonu v triatlonu rozhodují z pohledu energetického krytí dva základní faktory. Schopnost dlouhodobě produkovat v pracujících svalech co nejvyšší množství energie a schopnost co nejefektivnějšího přeměňování této energie na výsledný pohyb (Kovářová, 2012).

Tabulka 7: Fyziologické determinanty hraničních závodních výkonů v disciplínách triatlону (Neuman, 1998; převzato z Horčic, 2004)

Rozdělení závodů dle délky tratí		Sprint TT	Krátký TT	Střední TT	Dlouhý TT	Ultradlouhý TT
Doba trvání (min.)		> 30–90	> 90–360 (105–180)	90–360 (240–300)	> 360 (8–15 hod)	> 360 (22–30 hod)
Srdečně oběhový systém	SF ($n \cdot \text{min}^{-1}$)	180–195	160–190	140–160	120–150	110–140
Spotřeba O_2	% $\text{VO}_{2\text{max}}$	85–95	80–90	70–80	60–70	55–65
Získávání energie	% podíl aerobní	90	95	98	99	99
	% podíl anaerobní	10	5	2	1	1
Spotřeba energie	kcal. min^{-1}	25	20	15–18	11–15	10–12
	kcal celkem	1500	2400–3600	4320–6480	7200–9900	12000–16000
Metabolismus	Volné mastné kys. (mmol.l^{-1})	0,8	1,0–1,4	1,3–1,9	2,0–2,5	2,0–2,7
	Krevní laktát (mmol.l^{-1})	8–12	5–9	2–4	1–2	1–2

Dlouhodobou vytrvalost podmiňují především dva základní předpoklady – vysoký aerobní výkon a aerobní kapacita. Jejich diagnostika je proto nezbytnou součástí komplexního testování v triatlону a stanovení úrovně aerobních předpokladů klíčovým ukazatelem. Nejčastěji je predikce výkonu spojována s úrovní $\text{VO}_{2\text{max}}$, % $\text{VO}_{2\text{max}}$ na ANP a ventilačními parametry (Kovářová, 2012).

4 VYBRANÉ UKAZATELE VÝKONU V TRIATLONU

V předchozí kapitole jsme ukázali problematiku sportovního výkonu a přiblížili řadu faktorů, které sportovní výkon mohou ovlivnit. Je zřejmé, že v triatlonu se nejvíce pozornosti soustředí na vytrvalost, protože vytrvalost je v triatlonu považována za pohybovou schopnost číslo jedna. Cílem této práce je vyhodnotit vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli, proto tato kapitola budou soustředěna především na dýchací systém.

Při dýchání dochází k výměně plynů, dýchací systém zajišťuje přísun kyslík tkáním a zároveň odstraňuje oxid uhličitý z organismu. Oxid uhličitý je konečným produktem metabolismu cukrů a zbavujeme se ho výdechem. Při transportu dýchacích plynů hraje však velmi důležitou roli i oběhový systém, v podstatě se jedná o úzkou spolupráci dýchacího a oběhového systému (Bunc, 2008).

4.1 Diagnostika výkonnosti

Diagnostika výkonnosti je součástí každého tréninkového procesu. Díky testům získáváme průběžné informace o účinnosti realizovaného tréninku. U každého sportovce může stejný trénink přinést rozdílné výsledky, proto je nutné pravidelně provádět zátěžové testy, abychom z nich obdrželi individuální zpětnou vazbu. Kromě aktuální výkonnosti může diagnostika odhalit i často skryté zdravotní problémy. Zároveň je nutné si uvědomit, že zátěžový test je pouze model a není možné prostřednictvím testu simulovat skutečný závod. Chybí zde psychická zátěž a taktika, kterou je nutné při závodě také řešit (Formánek, Horčic, 2003).

Ideální zátěžový test by měl být jednoduchý a snadno proveditelný, bezpečný, validní, objektivní a reprodukovatelný. Podle účelu ho lze dělit na obecný, kdy má zachytit obecnou trénovanost nebo specifický, kdy se zaměřuje na speciální trénovanost např. určitý tělesný výkon. Dále je možné testy dělit na statické a dynamické. Pro hodnocení tělesné trénovanosti je zřejmé, že ve větší míře se používají dynamické testy. U maximálního dynamického testu je organismus zatěžován tak, aby mohla být stanovena maximální výkonnost. Mezi hlavní nevýhody patří závislost na motivačních schopnostech jedince, zvýšené riziko v případě, že test je prováděn u ne zcela zdravé osoby, relativně malé změny sledovaných parametrů v průběhu tréninkového roku a omezené přímé využití výsledků při řízení tréninku. Submaximální dynamické testy využívají zatížení střední intenzity. Jsou bezpečnější, výsledky testů lze využít při tréninku a sledované parametry se mění mnohem více než parametry maximální (Bunc, 1989).

Obecně lze zátěžovou diagnostiku realizovat v laboratoři nebo terénu. Oba dva přístupy s sebou nesou nějaké výhody i nevýhody. U laboratorního vyšetření za výhody považujeme standardní podmínky, vyšší přesnost metod a možnost určit fyzikální výkon. Na druhou stranu je tento test dražší, má omezené kapacity a není možnost přímého využití výsledků při řízení tréninku. V terénu je největší výhodou právě přímá využitelnost výsledků v tréninku, dostupnost, cena a možnost realizovat test u větší skupiny sportovců. Nevýhodou může být počasí a nižší přesnost výsledků (Bunc, 2008).

4.1.1 Spirometrie a spiroergometrie

Existuje řada způsobů, jak lze vyšetřit dýchací systém a změřit hodnoty ventilačních parametrů. Vyšetření je možné provést fyzikálně nebo pomocí přístroje. Při plánování zátěžových testů se nesmí opomenout promyslet vhodné načasování, frekvence opakování testů, prostředí, kde se test provádí a přístroje, které se k testu využívají.

Mezi metody založené na fyzikálním vyšetření patří pohled, kdy se sleduje pohyb hrudníku a způsob dýchání, pohmat, kdy se využívá pro vnímání hrudního hlasu, poklep, který se provádí nad plíci nebo poslech, který slouží ke zjištění dýchacích šelestů. K přístrojovým vyšetřením řadíme rentgenové vyšetření, bronchoskopii a především spirografické vyšetření. Současné přístroje měří jak objemové, tak průtokové změny při dýchání. Hodnoty objemů a kapacit jsou závislé na tělesné výšce, věku, hmotnosti, povrchu těla, pohlaví, rase i poloze vyšetřovaného (Cinglová, 2002).

Spirometrie je vyšetření plic, které má velký význam při diagnostice, léčbě a monitorování plicních onemocnění. Toto vyšetření je součástí preventivní tělovýchovně – lékařské prohlídky, neboť poskytuje lékaři cenné informace o vlivu pohybové aktivity na dýchací ústrojí. Používají se různé spirometry, některé z nich jsou schopny zaznamenat jak objem vydechnutého vzduchu, tak i rychlost, s jakou byl výdech proveden. Používají se spirometry zavřené, otevřené, polootevřené, vlhké, suché atd.

Jak se spirometr používá v praxi? Pacient ústy obemkne plastový náustek spirometru, nadechne se a vydechne nejdříve normálně, poté s maximálním úsilím. Přístroj může být spojen s počítačem, který vytvoří záznam dechové křivky. Podstatou vyšetření je měření objemu vdechovaného i vydechovaného vzduchu v závislosti na rychlosti průtoku. Podle tvaru křivky na záznamu lze orientačně stanovit obstrukci (zúžení) dýchacích cest a míru ventilační poruchy. Vyšetření je nebolestivé a pro pacienta nenáročné, avšak do značné míry závislé na spolupráci a vůli vyšetřovaného (Chaloupka, Elbl, 2003). Nejprve stanovíme vitální

kapacitu plic, pro kterou musí vyšetřovaná osoba provést maximální nádech a do spirometru vydechnout s maximálním úsilím. Dále necháme vyšetřovanou osobu připojenou na ventilometr pravidelně dýchat po dobu 2 minut a zaznamenáme si dechovou frekvenci a minutovou ventilaci.

Kromě klidových hodnot je nezbytné naměřit i hodnoty maximální. Spiroergometrie je metoda, pomocí které lze stanovit aerobní kardiorespirační zdatnosti analýzou vydechovaného vzduchu při maximálním zatížení organismu. Tuto metodu lze označit za nejkompexnější formu vyšetření transportního systému pro kyslík. Mezi ergometry patří bicyklový ergometr, běhací koberec, rumpálový ergometr, veslařský ergometr, průtočný bazén a jiné (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

Nejčastěji se využívá stupňovaný zátěžový test na bicyklovém ergometru nebo běhacím pásu. Vyšetřovaný by měl dostat nejprve určitou dobu na rozcvičení. Úvodní minuty je zatížení postupně zvyšováno od nízké až po střední intenzitu tak, aby došlo k zapracování organismu testovaného sportovce za stálého sledování tepové frekvence. Poté se provede vlastní test, při kterém jsou vdechované a vydechované plyny vedeny z masky upevněné na obličej testovaného sportovce do snímacího a vyhodnocovacího zařízení. Test se provádí až do hodnot submaximálního zatížení nebo do subjektivního vyčerpání. Vzhledem k požadavku na vysokou přesnost měření je rovněž třeba vysoké přesnosti při obsluze přístroje a zadávání dat potřebných k vyhodnocení výsledků testu. Důležitým ukazatelem je maximální spotřeba kyslíku a také hodnota anaerobního prahu (Bartůňková, 2006).

4.2 Spirometrické ukazatelé

4.2.1 Aerobní výkon (VO_{2max})

Sledování dynamiky spotřeby kyslíku při tělesném zatížení a následně zotavení má rozhodující význam. Ukazatel VO_{2max} je považován za jeden z nejvýznamnějších ukazatelů výkonnosti a trénovanosti a používá se především pro určení vytrvalostní zdatnosti. Vyjadřuje výši maximální aerobní kapacity, kterou můžeme definovat jako maximální množství přijatého kyslíku, které je organismus schopen využít při svalové práci. Právě toto množství kyslíku spotřebovávané ve svalech ovlivňuje produkci energie vytvářené efektivním aerobním způsobem, či produkci odpadních látek. Čím vyšší hodnota VO_{2max} , tím více kyslíku se dostane do svalů a tím rychleji a déle dokážeme provádět fyzickou aktivitu (Carmichael, Rutberg, 2003).

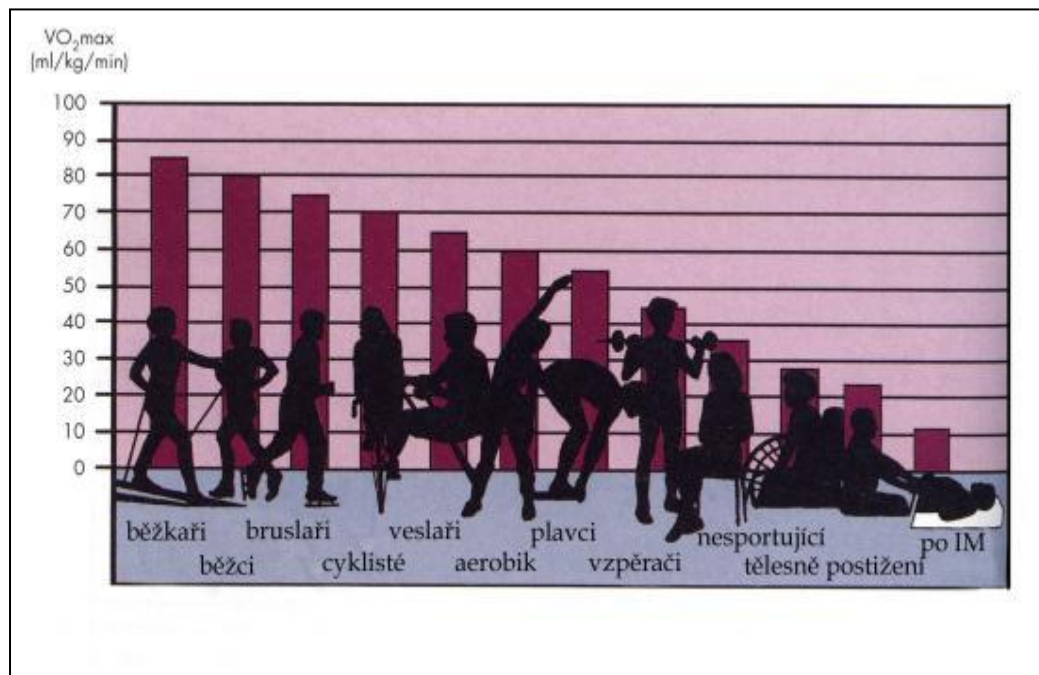
Spotřeba kyslíku udává množství kyslíku předané tkáním za časovou jednotku (1 minutu). Hodnocení stupně výkonnosti využívá obvykle maximální spotřeby kyslíku. VO_{2max} je nejcennějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiopulmonální zdatnosti a představuje kapacitu transportního systému. Hodnoty VO_{2max} velmi těsně korelují s hodnotou maximálního minutového srdečního výdeje.

Spotřeba kyslíku v klidu činí kolem 0,3 l/min, přičemž jen necelých 20 % přijatého kyslíku se využije, zbytek vydýcháme. Při maximálním zatížení však spotřeba a využitelnost kyslíku velmi strmě vzrůstá. VO_{2max} u průměrného netrénovaného mladého muže se pohybuje mezi 3 - 3,5 l/min, resp. 45 - 50 ml.min⁻¹.kg⁻¹, u žen mezi 2 - 2,5 l/min, resp. 35 - 40 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Nižší hodnoty VO_{2max} u žen jsou odůvodnitelné větším množstvím podkožního tuku, menší velikostí srdce a plic v poměru k rozměrům těla a nižší koncentrací hemoglobinu v krvi. S trénovaností se tato hodnota zvyšuje na 50 – 65 ml.min⁻¹.kg⁻¹, u profesionálních sportovců může vzrůst až na 70 – 80 ml.min⁻¹.kg⁻¹. U nemocných je hodnota VO_{2max} nižší.

Hodnota VO_{2max} je geneticky limitovaná, ale tréninkem lze ovlivnit udržení vysokého % z VO_{2max} po co nejdelší dobu. To znamená, že lze například při stejné rychlosti snížit spotřebu kyslíku, a tím pádem podávat vyšší výkon. Rozdíly ve spotřebě kyslíku mezi různě trénovanými osobami se projeví až nad úroveň anaerobního prahu a v hodnotě maximální kyslíkové spotřeby.

Obrázek 3 prezentuje maximální kyslíkovou spotřebu u sportovců různých sportovních disciplín.

Obrázek 3: Maximální kyslíková spotřeba u sportovců různých sportovních disciplín (Havlíčková a kol., 1999).



Aerobní výkon jedinců dlouhodobě trénujících triatlon indikovaný pomocí VO₂max dosahuje obvykle pásma 60 – 80 ml.min⁻¹.kg⁻¹ u mužů a 55 – 75 ml. min⁻¹.kg¹ u žen. Tabulka 8 ukazuje normy pro výsledky vrcholově trénovaných triatlonistů v testu na běhacím pásu.

Tabulka 8: Hodnocení maximální spotřeby O₂ v ml. min⁻¹.kg¹ na běhacím koberci (Formánek, Horčic, 2003)

	Průměrná	Dobrá	Vynikající
MUŽI	>69,9	70-74,9	>75
ŽENY	>59,9	60-64,9	>65

Ve srovnání s netrénovanou populací úroveň aerobního výkonu indikovaná pomocí VO₂max představuje o 60 – 100 % zvýšenou úroveň kardiorespirační a metabolické adaptace (Kovářová, 2012).

Určitý rozptyl VO₂max v jednotlivých typech triatlonu je dán různou trénovaností jedinců, odlišnými nároky jednotlivých disciplín, tréninkovým zaměřením v době měření, užitím

různých testových protokolů a výběrem pohybové struktury v testovém cvičení (proudový plavecký kanál, běhací koberec, cyklistický ergometr).

Srovnání hodnot VO_{2max} jedinců trénujících krátký triatlon s jedinci trénujícími v jiných vytrvalostních sportech ukazuje, že dosahují shodné či vyšší úrovně aerobního výkonu ve srovnání s jedinci adaptovanými na (z hlediska doby trvání) podobný dlouhodobě vytrvalostní typ sportovních výkonů – maratónští běžci, běžci na 50 km na lyžích, silniční cyklisti aj., jejichž VO_{2max} se pohybuje v pásmu $70 - 90 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Wilmore & Costill, 1999; Horčic & Formánek, 2002; Horčic, 2004, převzato z Kovářová, 2012).

V tabulce 9 jsou prezentovány dostupné výzkumy o naměřených hodnotách VO_{2max} u reprezentačních výběrů v triatlonu, maratónském běhu a silniční cyklistice. Problematiku porovnávání těchto výzkumů spatřujeme v rozdílnosti jednotlivých protokolů testů, které byly použity, stejně tak jako v použití různého laboratorního přístrojového vybavení. Ve výzkumech, kde bylo uvedeno testování jak na běžeckém, tak cyklistickém ergometru, je ve všech případech uvedena vyšší hodnota VO_{2max} z běžeckého testu. Specialisté měli převážně lepší hodnoty VO_{2max} než triatlonisté (porovnání v jejich sportu). Stejná studie pak srovnává dostupné výzkumy publikující hodnoty VO_{2max} u různých skupin (dle dosažené výkonnosti) triatlonistů měřených na běhátku nebo na cyklistickém ergometru (tabulka 10). Pro porovnávání výsledků jednotlivých výzkumů však opět musíme brát na zřetel problematiku reliability a objektivity měření. Studie totiž opět neuvádí přesné protokoly testovacích postupů pro identifikaci VO_{2max} ani přístrojové vybavení, na kterém byly testy realizovány (Kovářová, 2012).

Tabulka 9: Maximální spotřeba O_2 v $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ dle výzkumů jednotlivých autorů u skupin triatlonistů a specialistů (běžců a cyklistů) (Suriano & Bishop, 2010, převzato z Kovářová, 2012)

Autor	Počet probandů	Věk (roky)	Sport	Charakteristika skupiny	VO_{2max} ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	
					Běh	Kolo
Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana & Préfaut, 2000	M = 6	$21,8 \pm 2,4$	Triatlon	Francouzská reprezentace	$78,5 \pm 3,6$	$75,9 \pm 5,2$
Schabert, Killian, St Clair Gibson, Hawley & Noakes, 2000	M = 5	$23,0 \pm 4,0$	Triatlon	Jihoafriická reprezentace	$74,7 \pm 5,3$	$69,9 \pm 4,5$
	F = 5	$25,0 \pm 7,0$			$63,2 \pm 3,6$	$61,3 \pm 4,6$
Millet & Bentley, 2004	M = 9	$24,8 \pm 2,6$	Triatlon	Účastníci MS kategorie elite	Neuvedeno	$74,3 \pm 4,4$
	F = 9	$27,9 \pm 5,0$				$61,0 \pm 5,0$

Laurenson, Fulcher & Korkia, 1993	F = 10	27,1 ± 3,5	Triatlon	Reprezentace Velké Británie	65,6 ± 6,0	Neuvedeno
Billat, Demarle, Slawinski, Paiva & Koralsztein, 2001	M = 5	33,4 ± 2,0	Maratónští běžci	Francouzský a portugalský OH výběr	79,6 ± 6,2	Neuvedeno
	F = 5	32,8 ± 2,8			61,2 ± 4,8	
Padilla, Mujika, Cuesta & Gioriena, 1999	M = 24	26,0 ± 3,0	Silniční cyklisté	Profesionální cyklistický tým	Neuvedeno	78,8 ± 3,7
Lucia, Hoyos, Perez & Chicharo, 2000	M = 13	24,0 ± 2,0	Silniční cyklisté	Profesionální cyklistický tým	Neuvedeno	75,2 ± 1,6

Tabulka 10: Maximální spotřeba O₂ v ml.min⁻¹.kg⁻¹ dle výzkumů jednotlivých autorů u různých skupin triatlonistů (Suriano & Bishop, 2010, převzato z Kovářová, 2012)

Autor	Počet probandů	Věk (roky)	Charakteristika skupiny	Běh		Cyklistika	
				VO _{2max} ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	v max (km.h ⁻¹)	VO _{2max} ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	W peak (W)
O'Toole, Douglas & Hiller, 1989	M = 14	40,0 ± 11,0	Dlouhý triatlon	neuvedeno		57,4 ± 7,5	340 ± 44 M
	F = 10	31,0 ± 8,0		neuvedeno		57,5 ± 5,6	304 ± 39 M
Schneider, Lacroix, Atkinson, Troped & Pollack, 1990	M = 10	27,6 ± 6,3	Elitní triatlonisté	75,4 ± 7,3	neuvedeno	70,3 ± 6,0	376 ± 34 M
Deitrick, 1991	M = 7	30,6 ± 5,2	Normální hmotnost	69,9 ± 5,5	neuvedeno	60,5 ± 6,2	429 ± 38 L
	M = 7	29,6 ± 4,4	Nadváha	55,6 ± 4,1	neuvedeno	51,9 ± 3,9	491 ± 45 L
Bunc, Heller, Horčic & Novotný, 1996	M = 23	17,7 ± 2,2	Juniorští reprezentanti	67,9 ± 5,9	15,2 ± 1,4*	Neuvedeno	
	F = 13	17,1 ± 1,4		56,1 ± 2,4	12,7 ± 0,7*	Neuvedeno	
Zhou, Robson, King & Davie, 1997	M = 10	27,4 ± 5,7	Rekreační triatlonisté	63,3 ± 2,8	21,1 ± 0,4	61,2 ± 3,2	418 ± 14 M
Bentley, Wilson, Davie & Zhou, 1998	M = 10	24,2 ± 4,2	Rekreační triatlonisté	neuvedeno		64,7 ± 5,1	352 ± 47 M
Brisswalter, Hausswirth, Smith, Vercruyssen & Vallier, 2000	M = 10	26,0 ± 2,0	Elitní triatlonisté	neuvedeno		66,4 ± 3,4	376,5 ± 20 S

Schabert, Killian, St. ClairGibson, Hawley & Noakes, 2000	M = 5	23,0 ± 4,0	Elitní triatlonisté	74,7 ± 5,3	20,9 ± 0,9	69,9 ± 4,5	385 ± 14 L
	F = 5	25,0 ± 7,0		63,2 ± 3,6	18,0 ± 0,9	61,3 ± 4,6	282 ± 19 L
	M + F	24,0 ± 5,5		68,9 ± 7,4	19,5 ± 1,8	65,6 ± 6,3	333 ± 57 L
Hauswirth et al., 2001	M = 10	25,6 ± 4,1	Elitní triatlonisté	73,3 ± 5,0	20 ± 1,2	Neuvedeno	
	Neuvedeno			neuvedeno		Neuvedeno	
Bernard et al., 2003	M = 9	24,9 ± 4,0	Elitní triatlonisté	neuvedeno		68,1 ± 6,5	398 ± 25 S
Hue, 2003	M = 8	24,7 ± 2,1	Elitní triatlonisté	71,8 ± 7,6	22,0 ± 0,7	70,5 ± 6,5	389 ± 38 S
Millet, Dreano & Bentley, 2003	M = 6	28,3 ± 4,5	Elitní triatlonisté, dlouhý triatlon	neuvedeno		72,3 ± 2,3	401 ± 47 L
Millet & Bentley, 2004	M = 9	24,8 ± 2,6	Elitní senioři	neuvedeno		74,3 ± 4,4	385 ± 50 O
	M = 7	19,1 ± 1,5	Elitní junioři	neuvedeno		74,7 ± 5,7	354 ± 21 O
	F = 9	27,9 ± 5,0	Elitní seniorky	neuvedeno		61,0 ± 1,8	268 ± 19 O
	F = 6	19,4 ± 1,3	Elitní juniorky	neuvedeno		60,1 ± 1,8	268 ± 19 O
Bernard et al., 2003	M = 10	25,2 ± 6,8	Elitní triatlonisté	neuvedeno		61,9 ± 4,1	380 ± 31 S
Bentley et al., 2007	M = 9	25,1 ± 5,8	Elitní triatlonisté	neuvedeno		69,3 ± 3,6	321 ± 28 O

Poznámky:

L – elektronicky brzděný cyklistický ergometr (Lode)

M – mechanicky brzděný cyklistický ergometr (Monark)

O – elektronicky brzděný cyklistický ergometr (Orion)

S – elektronicko - magneticky brzděný cyklistický ergometr (SRM)

* sklon běžeckého pásu 5 %

K výše uvedeným výsledkům výzkumů přidáváme i standardy VO_{2max} v kategorii juniorů a junierek v České republice (tabulka 11 a 12). Pro ukázkou můžeme posoudit skupinu elitních juniorů a junierek podle výzkumu Millet & Bentley, kde u juniorů se úroveň VO_{2max} při testu v cyklistice pohybovala na $74,7 \pm 5,7 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{kg}^{-1}$, což odpovídá dle našich standardů úrovni mírně nadprůměrný až nadprůměrný. VO_{2max} v kategorii junierek dle toho samého výzkumu je $60,1 \pm 1,8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{kg}^{-1}$. Tato hodnota v tabulce našich standardů nedosahuje ani průměrné hodnoty.

Tabulka č. 11: Standardy pro posouzení funkčních (VO_{2max}) předpokladů v kategorii juniorů (Kovářová, 2012)

Hodnocení		$VO_{2max} \cdot kg^{-1}$
T-body	Stupeň	$ml \cdot min^{-1} kg^{-1}$
30	Nedostatečný	59,6
35	Vysoce podprůměrný	62,4
40	Podprůměrný	65,1
45	Mírně podprůměrný	67,9
50	Průměrný	70,6
55	Mírně nadprůměrný	73,4
60	Nadprůměrný	76,1
65	Vysoce nadprůměrný	78,9
70	Vynikající	81,6

Tabulka č. 12: Standardy pro posouzení funkčních (VO_{2max}) předpokladů v kategorii juniorek (Kovářová, 2012)

Hodnocení		$VO_{2max} \cdot kg^{-1}$
T-body	Stupeň	$ml \cdot min^{-1} kg^{-1}$
30	Nedostatečný	53,9
35	Vysoce podprůměrný	56,8
40	Podprůměrný	59,7
45	Mírně podprůměrný	62,6
50	Průměrný	65,5
55	Mírně nadprůměrný	68,4
60	Nadprůměrný	71,3
65	Vysoce nadprůměrný	74,2
70	Vynikající	77,1

Výkonnostně lepší triatlonisté dosahují vyšších hodnot VO_{2max} , při porovnání hodnot získaných z běžeckého a cyklistického ergometru je opět ve všech případech uvedena vyšší hodnota VO_{2max} z běžeckého testu. Při porovnávání údajů mezi absolutním a relativním VO_{2max} je nutno si uvědomit, že vztah mezi VO_{2max} a tělesnou hmotností má podobu nelineární (alometrické) funkce, tedy že relativní VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) u rozměrných a těžších sportovců klesá (Kovářová, 2012).

Tabulka 13 uvádí VO_{2max} ($ml/kg \cdot min$) špičkových sportovců, které byly získány v průběhu jejich sportovní kariéry.

Tabulka 13: VO_{2max} (ml/kg.min) špičkových sportovců (Taussig, 2010)

96.0	Espen Harald Bjerke	Nor běh na lyžích
96.0	Bjørn Dæhlie	Nor běh na lyžích
92.5	Greg LeMond	profesionální cyklista
92.0	Matt Carpenter	Pikes Peak marathon
92.0	Tore Ruud Hofstad	Nor běh na lyžích
91.0	Harri Kirvesniemi	Fin běh na lyžích
88.0	Miguel Indurain	profesionální cyklista
87.4	Marius Bakken	Nor běžec 5000 metrů
85.0	Dave Bedford	běžec 10 000 m
85.0	John Ngugi	mistr světa v krosu
84.4	Steve Prefontaine	běžec USA
84.0	Lance Armstrong	profesionální cyklista
82.7	Gary Tuttle	běžec USA
82.0	Kip Keino	olympijský vítěz 1500 m
81.1	Craig Virgin	dvojnásobný mistr světa v krosu
81.0	Jim Ryun	USA držitel světového rekordu na 1 míli
80.1	Steve Scott	USA mílař s časem 3:47
78.6	Joan Benoit	1984 olympijský vítěz v maratonu
78.5	Bill Rodgers	2:09:27 maratonec
77.4	Don Kardong	2:11:15 maratonec
77.0	Sebastian Coe	olympijský vítěz a mistr světa na 1500 m
76.6	John Landy	světový rekord na 1500 m
76.0	Alberto Salazar	maratonec s časem 2:08:51
74.3	Amby Burfoot	USA maratonec
74.4	Johnny Halberstadt	maratonec s časem 2:11:44
74.2	Kenny Moore	USA maratonec s časem 2:11:36
73.5	Grete Waitz	Nor maratonec
73.3	Bruce Fordyce	ultramaratonec
73.0	Buddy Edelen	maratonec držitel nejlepšího času v roce 1963 (2:14:28)
73.0	Jeff Galloway	USA běžec

72.8	Jarmila Kratochvílová	400m/800m mistryně světa a držitelka dodnes platného světového rekordu na 800 m
72.0	Zithulele Sinqe	maratonec s časem 2:08:05
71.3	Frank Shorter	USA Olympijský vítěz v maratónu 1972
71.2	Ingrid Kristiansen	bývalá vynikající běžkyně s nejlepším ženským časem v maratónu (2:21:06).
71.0	Paula Ivan	olympijská vítězka na 1500 m v roce 1988
70.3	Willie Mtolo	maratonec s časem 2:08:15
69.7	Derek Clayton	bývalý držitel nejlepšího světového času v maratónu 2:08:35

Poznámka: tučně jsou zvýrazněné hodnoty VO_{2max} nad 90 ml/kg.min

Měření VO_{2max} se realizuje v laboratorních podmínkách. Při zvyšování zátěže spotřeba kyslíku lineárně roste. Až při maximální zátěži je průběh VO_2 nelineární. Proto je možné při menší zátěži odhadnout kyslíkovou spotřebu (pro 100 W cca 1,6 l/min; pro 200 W cca 2,7 l/min; pro 300 W cca 3,8 l/min; pro 400 W cca 4,9 l/min) (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

Jestliže vyšetřovaná osoba ukončí zátěž s pocitem vyčerpání, ale růst spotřeby kyslíku je stále lineární se vzrůstající zátěží, pak se nejedná o maximální VO_2 . Jestliže spotřeba kyslíku zůstává přechodně na stejné úrovni při stoupající zátěži, pak lze označit tuto hodnotu za VO_{2max} . Kritériem VO_{2max} je tedy dosažení kyslíkové stabilní hladiny. VO_{2max} závisí na těchto faktorech:

- ventilace,
- alveolo - kapilární difuze kyslíku,
- minutový objem srdce,
- množství erytrocytů a hemoglobinu,
- arterio - venózní diference kyslíku – rozdíl mezi množstvím kyslíku v arteriální a venózní krvi, vyjadřuje vlastně extrakci kyslíku tkáněmi,
- množství mitochondrií ve svalových buňkách, kde probíhají oxidační procesy a množství a aktivita oxidačních enzymů,

(Reguli, 2011).

Důležitým ukazatelem je i spotřeba kyslíku při submaximální zátěži, tréninkovou adaptací dosáhne sportovec nižší spotřeby kyslíku při stejném výkonu, což dokazuje zlepšení svalové práce. Další ukazatel, který lze využít, je procentuální podíl VO_{2max} . Lze určit, jaká část z maximální spotřeby kyslíku je spotřebována za aerobního metabolismu (přibližně do laktátu 2 mmol/l). Výkonnostní sportovec dosáhne této hodnoty laktátu až při 80 - 85 % VO_{2max} (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

Na závěr je třeba upozornit, že vysoká úroveň VO_{2max} je důležitým předpokladem špičkového sportovce, ale rozhodně to nestačí. Pro dosažení a udržení výkonnosti na vrcholové úrovni je zapotřebí určité morální a taktické schopnosti a dobrá úroveň aerobní kapacity.

4.2.2 Dechová frekvence

Dechová frekvence znamená množství vdechů za jednu minutu. Průměrně u netréované populace jsou obvyklé hodnoty 12 – 16 vdechů/min, u sportovců vlivem zvýšeného dechového objemu to může být i méně než 10 vdechů/min. Při maximální zátěži sportovci dosahují až 60 vdechů/min a spotřebují 10 – 11 % celkové množství energie na dýchání.

U dechové frekvence lze říct, že je vůlí snadněji ovlivnitelná. U sportovní činnosti je dýchání často vázáno na pohyb v určitém poměru ke krokům, záběrům apod. Když se jedná o nižší a střední intenzitu zatížení, dechová frekvence je určována právě rytmem zátěže, méně se to týká intenzity zatížení. Čím se však zátěž zvyšuje, tím intenzita zátěže ve vztahu k dechové frekvenci hraje důležitější roli.

U vytrvalostních sportovců dosahuje minutová ventilace vyšších hodnot zejména díky vyšší dechové frekvenci, která se pohybuje kolem 50 dechů/min. U mládežnických kategoriích zpravidla platí, že s věkem minutová ventilace stoupá, ale je to na úkor nižší dechové frekvence (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

4.2.3 Dechový objem

Dechový objem je množství vzduchu vydechnutého jedním dechem. V klidu to je přibližně 0,5 l, u trénovaných jedinců to bývá více. Při tělesné práci se dechový objem zvedne na 2 – 3 l (Bartůňková, 2006).

Po ukončení klidného výdechu lze ve výdechu ještě pokračovat. Jde o tzv. rezervní expirační objem, který většinou tvoří 1,1 l. To samé platí u vdechu, kdy po ukončení klidného vdechu lze vdechnout ještě dalších 3 l vzduchu, tento ukazatel nazýváme rezervní inspirační objem. Není možné konstatovat, že po maximální expiraci není v plicích žádný vzduch, plíce

obsahují ještě přibližně 1,2 l, což je označováno za tzv. reziduální objem. Tento ukazatel je důležitý pro vyšetření plicních funkcí (Trojan, 2003).

Dechový objem lze vypočítat tak, že minutovou ventilaci dělíme dechovou frekvencí. U dechového objemu nejsou tak velké rozdíly mezi sportovci a nesportovci jako u dechové frekvence. Dechový objem činí při maximální zátěži 50 – 60 % vitální kapacity plic. Na základě toho vyplývá, že není využita celá vitální kapacita plic. Důvodem je poloha dýchacích svalů (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

4.2.4 Vitální kapacita plic

Je základním spirometrickým ukazatelem, který představuje maximální dechový objem plic. Její velikost je dána především tělesnou výškou, věkem a pohlavím, méně je ovlivněna tělesnou hmotností a trénovaností. Absolutní hodnota vitální kapacity plic u zdravých mužů české populace činí v průměru 5 – 5,3 l, u žen 3,2 – 3,3 l. Dechový objem při vysokých intenzitách zatížení dosahuje zhruba 50 % vitální kapacity.

Vitální kapacita je součtem dechového objemu a inspiračního a expiračního rezervního objemu. Pokud bychom k této hodnotě přičetli reziduální objem, získáme celkovou plicní kapacitu.

4.2.5 Minutová ventilace

Minutová ventilace je dynamický ukazatel, který představuje objem vzduchu, který je prodýchán za jednu minutu. Je určena velikostí dechového objemu s dechovou frekvencí. Minutová ventilace je v klidu 5 - 10 l za minutu. Při zátěži stoupá až na 150 l za minutu. Maximální změřené hodnoty se pohybovaly kolem 200 l/min. Maximální minutová ventilace pozitivně koreluje s maximální spotřebou kyslíku.

Minutová ventilace je především závislá na intenzitě činnosti. U vyšších intenzit je možné pozorovat i hyperventilaci nebo-li vyšší ventilaci, než by odpovídala spotřebě kyslíku. Začátek hyperventilace lze označit za anaerobní práh, pohybuje se kolem intenzity zatížení 50 - 60 % VO_{2max} . Skutečné využití kyslíku z dané ventilace je dáno ukazatelem ventilační ekvivalent kyslíku, který se vypočítává z podílu minutové ventilace a minutové spotřeby kyslíku. Mluvíme o množství vzduchu, které je potřebné pro spotřebu 1 l O_2 . Při maximálním zatížení činí u mužů tato hodnota 28 l, u žen 33 l na 1 l O_2 . Čím je hodnota nižší, tím je využití kyslíku vyšší (Havlíčková, 1999).

Pokud měříme minutovou ventilaci při submaximálním zatížení, hodnoty trénovaných a netrénovaných se příliš neliší. Rozdíl se projeví především nad úrovní anaerobního prahu a při maximální zátěži. S rostoucím věkem se při stejném výkonu hodnoty plicní ventilace začnou zvyšovat. Limitujícím faktorem je především centrální oběhový systém (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

4.2.6 Jednovteřinová vitální kapacita

Jednovteřinová vitální kapacita je maximální množství vzduchu, který je vydechnutý za 1 vteřinu. Hodnoty jednovteřinové vitální kapacity plic a vitální kapacity plic je možné převést na normované hodnoty (%) vzhledem k věku, pohlaví, výšce a váze v rámci porovnání s běžnou populací. 100 % znamená normu, oproti které probíhá srovnání. Pro sportovce je důležité, aby jejich výsledky byly vyšší než 100 %.

4.2.7 Respirační kvocient

Respirační kvocient vyjadřuje poměr mezi vyloučeným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem za jednotku času a ustáleného stavu. V klidu se energie spotřebovává ze všech živin, hodnota respiračního kvocientu závisí na složení stravy. Při submaximálním zatížení respirační kvocient nejprve klesá, protože spotřeba kyslíku se zvýší, ale ventilace zareaguje až později. S dalším zatížením respirační kvocient stoupá a tím méně závisí na složení živin. Při intenzivní činnosti se stávají hlavním a někdy i výhradním zdrojem sacharidy.

Respirační kvocient je jeden z parametrů pro neinvazivní určení anaerobního prahu. Klidové hodnoty se pohybují kolem 0,82 – 0,85. Při maximální výkonu mohou vyšplhat k hodnotám 1,15 až 1,25.

Tabulka 14: Hodnoty respiračního kvocientu (Bartůňková, 2006)

Hodnoty respiračního kvocientu
RQ celkem = 0,82
RQ sacharidů = 1,00
RQ tuků = 0,70
RQ proteinů = 0,82

4.2.8 Tepový kyslík

Tepový kyslík VO_2/TF (ml/min.) udává množství kyslíku přeneseného jedním srdečním stahem do krevního oběhu. Je důležitým parametrem transportní kapacity oběhového systému. Vypočítává se ze spotřeby kyslíku a srdeční frekvence. Klidové hodnoty jsou kolem 5 ml O_2 , maxima u netrénovaných mužů dosahují zátěžové hodnoty asi 15 – 16 ml, u žen 10 – 11 ml. U vytrvalostních sportů s velkým srdečním objemem (maratónci, veslaři) dosahuje tepový kyslík hodnot 30 – 35 ml O_2 .

Tepový kyslík se využívá jako ukazatel výkonnosti oběhového ústrojí. Umožňuje identifikovat rozdíly ve výkonnosti kardiorepiračního systému – k dosažení stejného vytrvalostního výkonu je třeba stejný energetický výdej, kterého lze dosáhnout díky stejné kyslíkové spotřebě, jež lze dosáhnout při stejném minutovém srdečním výdeji. Stejný minutový srdeční výdej mají různí jedinci s rozdílným tepovým kyslíkem (Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004).

4.3 Spirometrické hodnoty na úrovni anaerobního prahu

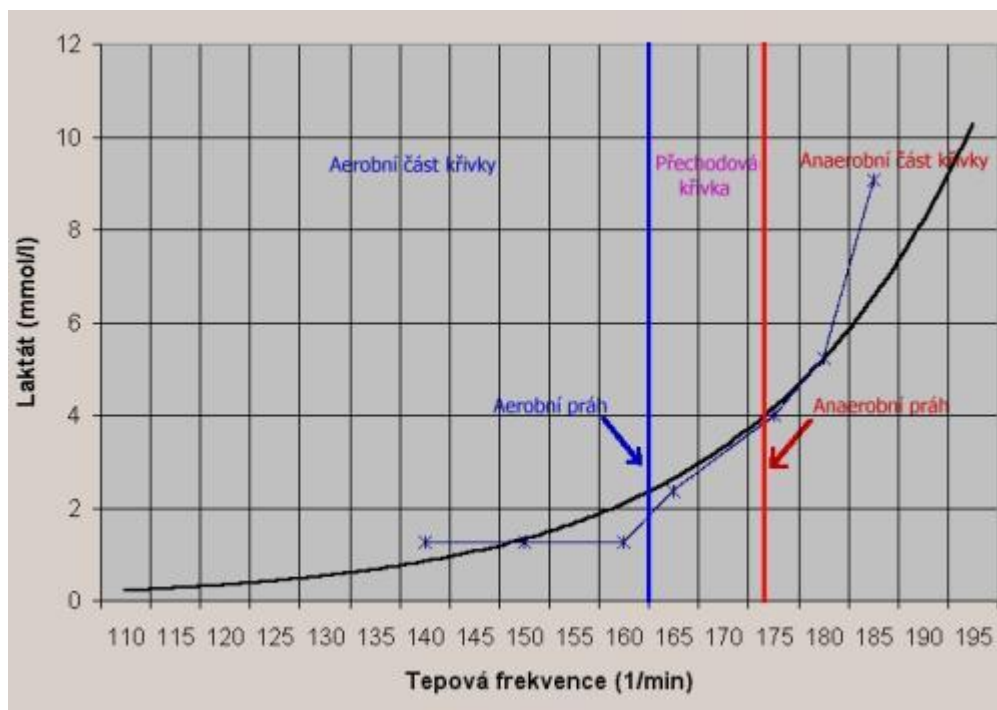
Anaerobní práh je možné definovat jako nejvyšší možnou intenzitu zatížení vyjádřenou % maximální srdeční frekvence či % VO_{2max} a rychlostí pohybu, kdy ještě organizmus pracuje v podmínkách setrvalého nebo rovnovážného stavu. Začínají se uplatňovat anaerobní procesy, ale tvorba laktátu zůstává ještě v dynamické rovnováze (Formánek, Horčic, 2003).

Nad hranicí anaerobního prahu je energetickým zdrojem pouze glukóza, a to energeticky velmi nevýhodným způsobem. Trénování v oblasti anaerobního prahu je velmi obtížné, ale díky tomuto typu tréninků se pak může rozhodnout o dobrém výsledku v závodě.

Spirometrické hodnoty na úrovni anaerobního prahu je důležité sledovat především u krátkého triatlonu, kde je intenzita pohybu mnohem vyšší než u dlouhého triatlonu. Vyšší hodnoty na této úrovni jsou signálem lepší trénovanosti triatlonistů. Nejčastěji se na úrovni anaerobního prahu hodnotí ukazatel VO_2 .

Obrázek 4 zobrazuje část anaerobní křivky a kdy je dosaženo anaerobního prahu. V tabulce 15 a 16 je pak uveden přehled standardů % VO_{2max} na úrovni ANP. Čím vyšší je % VO_{2max} na úrovni ANP, tím se jedná o lepší trénovanost.

Obrázek 4: Stanovení AEP a ANP (Taussig, 2010)



Tabulka 15: Standardy pro posouzení funkčních (% VO_{2max} na ANP) předpokladů v kategorii juniorů (Kovářová, 2012)

Hodnocení		% VO_{2max} .kg ⁻¹ na ANP
T-body	Stupeň	%
30	Nedostatečný	78,5
35	Vysoce podprůměrný	79,6
40	Podprůměrný	80,6
45	Mírně podprůměrný	81,7
50	Průměrný	82,7
55	Mírně nadprůměrný	83,8
60	Nadprůměrný	84,8
65	Vysoce nadprůměrný	85,9
70	Vynikající	86,9

Tabulka 16: Standardy pro posouzení funkčních (% VO_{2max} na ANP) předpokladů v kategorii juniorek (Kovářová, 2012)

Hodnocení		% VO_{2max} .kg ⁻¹ na ANP
T-body	Stupeň	%
30	Nedostatečný	77,6
35	Vysoce podprůměrný	78,8
40	Podprůměrný	79,9
45	Mírně podprůměrný	81,1
50	Průměrný	82,2
55	Mírně nadprůměrný	83,4
60	Nadprůměrný	84,5
65	Vysoce nadprůměrný	85,7
70	Vynikající	86,8

4.4 Změny ventilačních parametrů při zatížení

Již před zahájením činnosti se spolu s dalšími předstartovními projevy objevuje vzestup některých ventilačních parametrů. Právě při zatížení jsou změny nejvýraznější. Spotřeba kyslíku a produkce oxidu uhličitého se proti klidovým podmínkám zvyšuje až 20krát. Zvýšení plicní ventilace je úměrné zvýšené spotřebě kyslíku. Zvýšit plicní ventilaci je možné zvýšením dechové frekvence i prohloubením dechu. Statický ukazatel dechových funkcí je vitální kapacita plic, její hodnota závisí na pohlaví, věku, tělesném povrchu, trénovanosti a typu zátěže (Bartůňková, 2006).

Se zvyšující se intenzitou zatížení roste potřeba získávat kyslík. Minutová ventilace je přímo úměrná intenzitě zatížení. Toto však platí pouze do hodnoty anaerobního prahu. Vyšší intenzita cvičení vede totiž k vyšší produkci laktátu.

Z dlouhodobého pohledu mluvíme o adaptačních změnách, které vznikají v důsledku tréninku a pravidelného zatěžování. Nejvýraznějších změn si lze všimnout právě u vytrvalostních sportovců např. triatlonistů. Triatlonista v porovnání s jedincem, který se nezaměřuje na rozvoj vytrvalosti, má lepší mechaniku dýchání a plicní difúzi. K dalším znakům patří nižší dechová frekvence, vyšší maximální dechový objem, vyšší vitální kapacita a nižší minutová ventilace. U triatlonistů lze naměřit i vyšší maximální aerobní výkon a anaerobní práh lze stanovit při vyšší intenzitě zatížení a vyšší spotřebě kyslíku (Havlíčková, 1999).

Praktická část

5 CÍL A ÚKOLY

Hlavním cílem diplomové práce je analyzovat vzájemné vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u triatlonistů, kteří byli zařazeni do SCM. Dalším cílem bude zjistit, zda analyzované parametry vykazují statisticky významně vyšší hodnoty u skupiny výkonnostně lepších triatlonistů (skupina reprezentace) oproti ostatním zařazeným triatlonistům do systému SCM. Pro dosažení hlavních cílů jsme si stanovili následující dílčí úkoly a hypotézy:

Dílčí úkoly

- 1 Na základě rešerše literatury zjistit, jaké ukazatele se nejčastěji používají při diagnostice funkčních předpokladů.
- 2 Metodika a stanovení spirometrických parametrů, které budou hodnoceny.
- 3 Určit vhodné testy, pomocí kterých bude měření realizováno.
- 4 Stanovit výzkumný soubor a design testu a uvést podrobnou charakteristiku probandů, kteří se zúčastní měření.
- 5 Realizace samotného měření.
- 6 Zpracování získaných dat pomocí statistických metod – korelační analýza, neparametrické testy.
- 7 Vyhodnocení a stanovení závěrů.

Hypotézy

H1: „Hodnoty spirometrických ukazatelů budou u skupiny reprezentantů statisticky významně vyšší než u ostatních zařazených sportovců do SCM v triatlonu.“

H2: „Existují statisticky významné vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými parametry.“

6 METODIKA

Podle Hendla (2008) se metodologie zabývá systematizací, posuzováním a navrhováním strategií a metodami výzkumu. Předmětem této disciplíny jsou nástroje vědy.

Za účelem dosažení hlavního cíle byl stanoven vzorek probandů a proveden sběr dat pro zadanou analýzu. Získaná data byla statisticky zpracována a vyhodnocena. Výsledky měření budou představeny a shrnuty v samostatné kapitole této práce. Jednalo se o realizaci kvantitativního výzkumu. Předpokladem tohoto výzkumu je to, že lze lidské chování měřit (Hendl, 2008).

6.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor, na kterém bylo provedeno testování, se skládal z 55 triatlonistů a triatlonistek, kteří jsou zařazení v rámci SCM. Konkrétně se jednalo o 37 mužů a 18 žen z kategorie dorostenců, juniorů a K23. V rámci SCM se sportovci ještě rozdělují do dalších tří výkonnostních kategorií. První z nich je reprezentace, další dvě budeme nazývat pro účely této práce jako SCM. V reprezentaci bylo zařazeno 24 probandů, v SCM 31 probandů. Probandi se připravují v oddíle, který je součástí SCM nebo trénují pod osobním trenérem. Tabulka 17 nám podává přehled, v jaké věkovém rozpětí se probandi pohybují.

Tabulka 17: Věk probandů

Kategorie	M + SD
Muži	17,2 +/- 1,8 let
Muži reprezentace	18,1 +/- 2,1 let
Muži SCM	16,4 +/- 1 let
Ženy	17 +/- 1,9 let
Ženy reprezentace	17,2 +/- 2,7 let
Ženy SCM	16,4 +/- 1 let

Výkonnostní kritéria pro zařazení do systému ČTA se odvíjí jednak od výsledku v celkovém hodnocení Českého poháru v triatlonu, dále dle pohybových předpokladů a výsledků testů realizovaných v rámci RTC ČTA. Do triatlonové reprezentace se dostanou sportovci, kteří splní nominační kritéria na mezinárodní soutěže, zejména mistrovství Evropy nebo mistrovství světa.

Probandi pochází z celé České republiky a spadají do věkového rozpětí 15 až 22 let. Od 98 % oslovených probandů se podařilo získat potřebná data, která byla zařazena do analýzy.

V souboru bylo zahrnuto celkem 37 mužů. Z celkového počtu mužů 18 z nich (hmotnost 70,1 +/- 6,8 kg a výška 181,9 +/- 5,2 cm) patřilo do reprezentace a 19 z nich (hmotnost 69,3 +/- 6,4 kg a výška 182 +/- 4,6 cm) do SCM. Průměrná hmotnost, která byla naměřena ve skupině všech mužů, byla 69,1 kg.

Je zřejmé, že jak v reprezentaci, tak v SCM je rozložena hmotnost stejně rovnoměrně, medián je téměř shodný. V rámci reprezentace se 50 % hodnot nachází mezi 66,72 kg a 73,49 kg, zatímco v SCM je dolní kvartil na hodnotě 66,27 kg a horní kvartil na hodnotě 72,41 kg. Co se týče výšky, u reprezentační skupiny je větší rozptyl než u SCM. U SCM skupiny lze konstatovat, že je ve skupině více vyšších mužů než v reprezentaci. U věku jsou mezi reprezentací a SCM největší rozdíly. V SCM se nachází polovina sportovců do 16 let, zatímco v reprezentaci jsou v průměru triatlonisté o 2 roky starší. To je samozřejmě dáno i tím, že u reprezentačních sportovců se očekává více zkušeností než u triatlonistů z SCM.

Počet triatlonistek, které se zúčastnily zátěžového testu, je 18, z toho je 12 žen (hmotnost 62,8 +/- 6 kg a výška 169,1 +/- 5 cm) zařazených do SCM a 6 žen (hmotnost 58,4 +/- 4,4 kg a výška 166,4 +/- 4 cm) do reprezentace. Průměrná hmotnost v celé skupině žen je 61,5 kg, průměrná výška žen 168 cm.

Hmotnost u žen ve srovnání reprezentace a SCM se velmi liší. Průměrná hmotnost u reprezentačních triatlonistek je 58,4 kg, u SCM je to o 4 kg více. Na rozdíl od mužů nelze v případě žen tvrdit, že reprezentační sportovkyně jsou starší a tím pádem zkušenější než skupina SCM. Co se týče výšky, rozptyl u SCM je mnohem větší než u reprezentace. Na závěr popisu skupiny žen lze konstatovat, že odlišnosti mezi reprezentací a SCM jsou jiné než u mužů. Ženy v SCM mají vyšší hmotnost, věk i výšku. Z daného srovnání však nelze vyvodit nějaké standardní závěry. Skupina SCM je mnohem více početně zastoupena než reprezentační skupina, kde je pouze 6 triatlonistek.

6.2 Sběr dat

Sběr dat, která jsou potřebná pro realizaci analýzy, byl proveden na jednom z pravidelných zátěžových testů, který triatlonisté absolvují. Klidový i zátěžový test se konal na Fakultě tělesné výchovy a sportu v Praze v dubnu 2013 v době, kdy probíhalo přípravné období. Zátěžový test byl realizován dle protokolu Bunce.

Vlastnímu testu na běžeckém pásu předchází zjištění tělesné hmotnosti a výšky. Hodnoty kardiorespiračních ukazatelů jsou sledovány nejprve ve dvou čtyřminutových rozcvičovacích zatíženích, a to vždy každou poslední minutu. U triatlonistů se volí rychlost rozcvičovacích zatížení 11 a 13 km/hod u mužů, resp. 10 a 12 km/hod u žen bez sklonu běžeckého pásu. Po ukončení rozcvičovacích zatížení se přistupuje k vlastnímu stupňovanému testu do maxima. Na běhacím koberci je nastaven sklon 5 % (abychom více zatížili vyšetřovaného a nelimitovali jeho výkon nebezpečně vysokou rychlostí posunu koberce) a test je zahájen rychlostí poslední rozcvičovací zátěže. Každou započatou minutu se rychlost zvyšuje o 1 km/hod až do vita maxima, tj. do subjektivního vyčerpání. Průběžně je registrován nárůst srdeční frekvence i ventilačně - respiračních ukazatelů (minutová ventilace, dechová frekvence, spotřeba kyslíku, poměr respirační výměny RER).

Po ukončení testu je třeba posoudit, zda vyšetřovaná osoba splnila kritéria požadovaná pro dosažení maximální spotřeby kyslíku:

- plató v hodnotách VO_2 ,
- dosažení maximálních hodnot srdeční frekvence,
- vzestup hodnot RER na 1,1 či výše.

Následně se dopočítávají hodnoty dalších ukazatelů – relativní hodnota VO_{2max} , dechový objem, tepový kyslík, ventilační ekvivalent. Při hodnocení spirometrických ukazatelů je třeba vždy počítat s možnou chybou měření (Kovářová, 2012).

Pro analýzu klidových spirometrických dat byl použit přístroj MicroGP ruční spirometr (obrázek 5). Maximální zátěžový test probíhal na běhacím koberci HP Cosmos pulsar a pro sběr maximálních spirometrických parametrů byl využit přístroj Metalyzer® (obrázek 6). Výhodou tohoto přístroje je přesnost měření v důsledku senzorové technologie a jednoduché, rychlé kalibrace.

Obrázek 5: Ruční spirometr



Obrázek 6: Spirometr použitý při zátěžovém testu



V tabulce 18 najdeme všechny parametry, které byly naměřeny a které se budou hodnotit. Je zde uveden název i krátká definice každého parametru.

Tabulka 18: Přehled analyzovaných parametrů

Parametr	Definice	Zkratka
Maximální spotřeba kyslíku	Maximální spotřeba kyslíku na kg váhy	VO _{2max}
Jednovteřinová vitální kapacita	Objem usilovného výdechu za 1 sekundu	FEV ₁

Vitální kapacita plic	Maximální objem vzduchu, který vyšetřovaný usilovně vydechne po maximálním nádechu	FVC
Normovaný objem usilovného výdechu za 1 s	Hodnota FEV1 převedená na výšku a věk probanda	FEV ₁ norm
Normovaná vitální kapacita plic	Hodnota FVC převedená na výšku a věk probanda	FVCnorm
Dechová frekvence	Počet vdechů za 1 minutu	BF
Minutová ventilace	Objem vzduchu, který je vyměněn v plicích za 1 minutu	VE
Hodnota využití klidového výdechu v rámci maximálního výdechu	Poměr mezi maximálním výdechem při maximálním zátěžovém testu a klidovým výdechem (%)	Ekonomika
Dechový objem	Poměr mezi minutovou ventilací a dechovou frekvencí	VE/BF

6.3 Statistické zpracování dat

Do statistického zpracování dat byly zařazeny nezávislé soubory dat. Skupina žen i skupina mužů byla rozdělena na dvě výkonnostní skupiny (dva nezávislé soubory), které byly mezi sebou porovnány. Byla stanovena hladina významnosti 0,05, což představuje pravděpodobnost 5 %, že nesprávně přijmeme alternativní hypotézu (Chráška, 2000).

Pro zpracování dat jsme vybrali dvě metody. Pro zjištění vztahu mezi jednotlivými parametry byla použita korelační analýza. Výstupem korelační analýzy je korelační matice. Pearsonův součinný korelační koeficient zůstává nejdůležitější mírou síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných X a Y. Nerozlišuje mezi závisle a nezávisle proměnnou (Hendl, 2004).

U vybraných parametrů, kde nalezneme nejvyšší závislost, provedeme posléze regresní analýzu a její grafické znázornění.

Tabulka 19 nás seznamuje s interpretací hodnot korelačního koeficientu. Je třeba uvést, že vyhodnocení vztahu z pohledu toho, zda je závislost vysoká či nízká, záleží především na počtu osob, které byly testovány.

Tabulka 19: Interpretace hodnot korelačního koeficientu (Chráska, 2000)

Koeficient korelace	Interpretace
$ r = 1$	naprostá závislost (funkční závislost)
$1,00 > r \geq 0,90$	velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	střední závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	slabá (nepoužitelná) závislost
$ r = 0$	naprostá nezávislost

Kromě ověření vztahů mezi jednotlivými parametry je úkolem zjistit, zda existují statisticky významné rozdíly v závislosti na výkonnosti v jednotlivých skupinách. Výzkumný soubor byl rozdělen na dvě výkonnostní skupiny (SCM, reprezentace). Pro výpočet statisticky významných rozdílů v hodnocených parametrech byl (vzhledem k nesplnění podmínek normality rozložení dat a malému počtu probandů) použit neparametrický test. Mann-Whitneyův test byl realizován samostatně pro ženy a pro muže. Jedná se o neparametrickou obdobu T-testu pro neparametrická data. Slouží ke srovnání mediánů dvou nezávislých proměnných. Předpokladem je pouze skutečnost, že obě proměnné pocházejí ze dvou různých souborů. V porovnání s parametrickými testy jsou neparametrické testy univerzálně použitelnější.

Do výzkumu byli zařazeni triatlonisté z reprezentace a SCM, a tím bylo možné získat údaje od dostatečně velkého vzorku probandů. Je s tím však spojené omezení, a to takové, že test

proběhl již na předvybraném vzorku probandů z SCM a reprezentace (Fajfer, 2000). Vzhledem k jisté homogenitě v analyzované skupině může být validita testu snížena. Je možné předpokládat, že pokud by byli do vzorku zařazeni triatlonisté z celé populace, dosáhli bychom větších rozdílů.

7 VÝSLEDKY ŠETŘENÍ

Výstupem zpracování získáme potřebná data pro ověření stanovených hypotéz. Analýza je provedena zvlášť pro soubor mužů a pro soubor žen, proto se každé skupině bude věnovat samostatná kapitola.

7.1 Analýza spirometrických ukazatelů u mužů

Základní charakteristiku jednotlivých analyzovaných parametrů (samostatně pro skupinu reprezentace a SCM) popisuje tabulka 20, výstupem jsou průměrné hodnoty, medián a směrodatná odchylka.

Tabulka 20: Výsledky spirometrických ukazatelů - muži

ANALYZOVANÝ PARAMETR	Výkonnostní skupina	Průměr	95 % konfidenční interval průměru		Medián	Směrodatná odchylka
			Dolní mez	Horní mez		
VO _{2max}	Reprezentace	71,27	69,15	73,40	70,70	4,27
	SCM	64,03	62,00	66,05	64,40	4,20
FEV1	Reprezentace	4,92	4,58	5,27	4,92	,70
	SCM	4,57	4,40	4,75	4,56	,37
FVC	Reprezentace	5,26	4,86	5,67	5,11	,82
	SCM	4,77	4,56	4,98	4,69	,43
FEV1norm	Reprezentace	107,41	100,59	114,23	109,71	13,72
	SCM	99,72	95,47	103,96	98,67	8,81
FVCnorm	Reprezentace	95,24	89,03	101,45	93,99	12,49
	SCM	86,85	82,24	91,46	83,68	9,57
VE/BF	Reprezentace	2,89	2,70	3,07	2,85	,38
	SCM	2,77	2,51	3,03	2,65	,54
Ekonomika	Reprezentace	55,49	51,74	59,25	55,25	7,56
	SCM	58,16	53,24	63,09	54,94	10,21
BF	Reprezentace	50,83	47,75	53,91	49,00	6,20
	SCM	51,63	47,67	55,60	52,00	8,23
VE	Reprezentace	145,63	135,99	155,27	142,60	19,39
	SCM	139,98	132,25	147,71	142,10	16,03

Poznámka: použité zkratky interpretuje tabulka 18.

7.1.1 Klidové spirometrické ukazatelé

Co se týče jednovteřinové vitální kapacity plic, v reprezentaci je průměrná hodnota 4,92 l za sekundu, v SCM 4,57 l za sekundu. Medián je u obou skupin téměř shodný s průměrnou hodnotou. Pokud se podíváme na průměrnou normovanou hodnotu, která je převedená na věk

a výšku probandů, u reprezentace je na úrovni 107,4 %, v SCM na 99,7 %. Probandi v reprezentaci se pohybují nad stanovenou normou.

V případě hodnot vitální kapacity plic si opět můžeme všimnout vyšší průměrné hodnoty 5,26 l u reprezentace, v SCM je průměrná hodnota 4,77 l. V SCM byla nejvyšší naměřená hodnota pod hranicí 5 l, zatímco v reprezentaci byla nejvyšší hodnota hodně přes hranici 5 l. Tím pádem je i rozdíl ve skupinách v mediánu, hodnota v reprezentaci je 5,11 l (SD 0,8 l) a v SCM 4,69 l (SD 0,4 l). Převedením těchto hodnot na věk a výšku probandů zjistíme, že průměrně se skupina reprezentace pohybuje na úrovni 95,2 % a SCM na 86,8 %.

7.1.2 Maximální spirometrické ukazatelé

Průměrná hodnota maximální spotřeby kyslíku u reprezentace činí $71,27 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, zatímco u SCM je hodnota o něco nižší. V podstatě lze říci, že stejné srovnání dokazuje i medián, kdy hodnota u reprezentace je $70,7 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, u SCM je to $64,4 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. Směrodatná odchylka je v obou dvou skupinách přibližně na stejné hodnotě, což potvrzuje přibližně stejné hodnoty průměru a mediánu u obou dvou skupin.

Další hodnoty byly naměřeny také při zátěžovém testu. Průměrná dechová frekvence u reprezentace se pohybuje kolem 50,83 vdechů za minutu, u SCM je to o něco vyšší, a to 51,63 vdechů za minutu. Medián u reprezentace je 49 vdechů za minutu, u SCM 52 vdechů za minutu. V případě minutové ventilace byla u reprezentace vypočtena průměrná hodnota 145,63 l a medián 142,6 l. U SCM to bylo o něco nižší, průměrná hodnota je 139,98 l a medián 142,1 l. Dechový objem, naměřený při zátěžovém testu, který se vypočítá poměrem minutové ventilace a dechové frekvence, odpovídá popsaným hodnotám minutové ventilace a dechové frekvence v jednotlivých skupinách. Reprezentace má vyšší průměrný dechový objem (2,89 l) než SCM (2,77 l).

Posledním hodnoceným parametrem je poměr mezi maximálním výdechem při zátěži a klidovým výdechem. Zde je možné si všimnout, že průměrná hodnota reprezentace je na 55,49 %, u SCM je to 58,16 %. V SCM je průměrná hodnota vyšší z důvodu větší směrodatné odchylky, nejvyšší hodnota je až na 63,09 %. Proto pak není překvapení, že medián je u reprezentace vyšší (55,25 %) než u SCM (54,94 %).

7.2 Analýza vztahů mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u mužů

Přesné korelační vztahy mezi jednotlivými parametry jsou zobrazeny v tabulce 21. V prvním řádku je uveden Pearsonův korelační koeficient, hodnota v druhém řádku ukazuje, na jaké hladině významnosti je výsledek stanoven.

Tabulka 21: Korelační matice – muži

MUŽI		VO _{2max}	FEV1	FVC	FEV1norm	FVCnorm	Ekonomika	VE/BF	BF	VE
VO _{2max}	Pearsonův korelační koef.	1								
	Sig. (2-tailed)									
FEV1	Pearsonův korelační koef.	,410*	1							
	Sig. (2-tailed)	,012								
FVC	Pearsonův korelační koef.	,437**	,905**	1						
	Sig. (2-tailed)	,007	,000							
FEV1norm	Pearsonův korelační koef.	,497**	,911**	,804**	1					
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	,000						
FVCnorm	Pearsonův korelační koef.	,527**	,819**	,913**	,888**	1				
	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000	,000					
Ekonomika	Pearsonův korelační koef.	-,141	-,234	-,353*	-,143	-,293	1			
	Sig. (2-tailed)	,407	,163	,032	,399	,078				
VE/BF	Pearsonův korelační koef.	,213	,513**	,452**	,512**	,436**	,668**	1		
	Sig. (2-tailed)	,206	,001	,005	,001	,007	,000			
BF	Pearsonův korelační koef.	-,044	-,155	-,037	-,169	-,030	-,661**	-,667**	1	
	Sig. (2-tailed)	,795	,361	,826	,318	,859	,000	,000		
VE	Pearsonův korelační koef.	,268	,501**	,587**	,496**	,588**	,087	,540**	,254	1
	Sig. (2-tailed)	,109	,002	,000	,002	,000	,607	,001	,129	

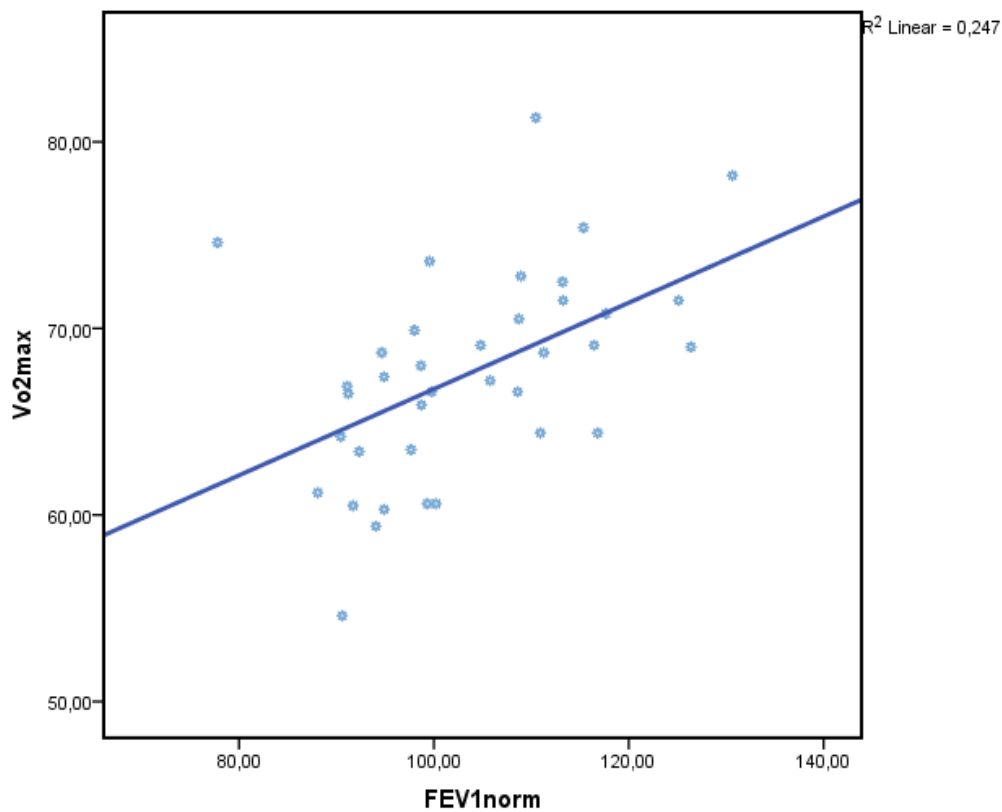
Poznámka: **statistická významnost na hladině 0,01, * statistická významnost na hladině 0,05

Když se podíváme hned na první parametr, kterým je VO_{2max}, největší závislost je s FVCnorm ($p = 0,001$; $r = 0,527$). To znamená, že čím blíže bude sportovec k normované vitální kapacitě plic, tím efektivnější bude jeho spotřeba kyslíku. Další závislost na stejné hladině významnosti je prokázána u parametrů FEV1norm ($p = 0,002$; $r = 0,497$) a FVC ($p = 0,007$; $r = 0,437$). U FEV1 je závislost s VO_{2max} na hladině významnosti mezi 0,01 a 0,05 ($p=0,012$). Na základě výsledků lze potvrdit, že existuje střední závislost mezi klidovými hodnotami

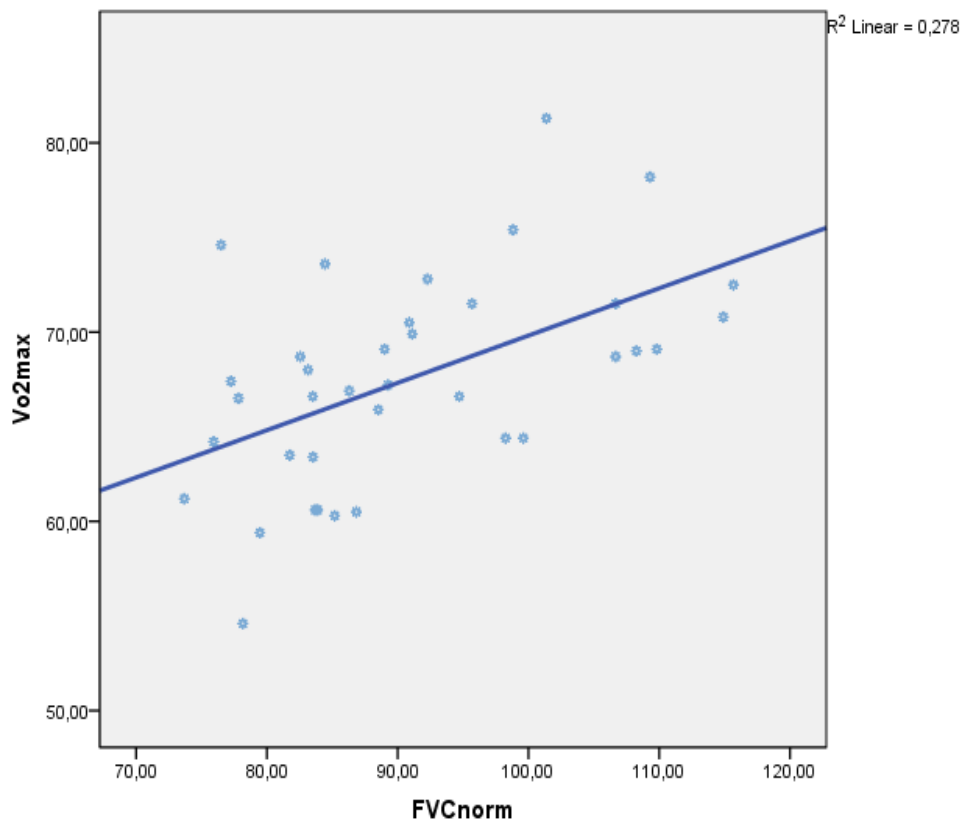
objemu výdechu a VO_{2max} . Za zmínku pak stojí nízká závislost s ukazatelem minutové ventilace VE, kde je hodnota 0,268, ale hladina významnosti na úrovni 0,109. U ostatních parametrů je velmi slabá závislost. Jde však o absolutní ventilaci, jiných výsledků bychom zřejmě dosáhli při přepočtu na ventilaci relativní.

Následující dva grafy nám pomohou ukázat, zda existuje závislost mezi VO_{2max} a klidovými spirometrickými ukazateli. Graf 1 zobrazuje vztah mezi FEV1norm a VO_{2max} , graf 2 vztah mezi FVCnorm a VO_{2max} . Na ose x jsou hodnoty nezávislé proměnné (klidový parametr), na ose y závislé proměnné (maximální parametr).

Graf 1: Korelace hodnot parametrů FEV1norm a VO_{2max}



Graf 2: Korelace hodnot parametrů FVCnorm a VO_{2max}



U parametru FEV1 evidujeme velmi vysokou závislost s ukazateli FVC a normovanými hodnotami ($p = 0,000$). Tuto závislost lze i vyvodit logicky bez korelační analýzy. Střední závislost je možné potvrdit i s ukazatelem dechového objemu při maximální zátěži ($p = 0,001$; $r = 0,513$). Čím větší je klidová hodnota FEV1, tím větší je pak maximální dechový objem. Vzhledem k tomu, že dechový objem vypočítáme jako poměr minutové ventilace a dechové frekvence, je otázkou, s jakým z ukazatelů je FEV1 v přímé závislosti. Závislost je prokázána s VE ($p=0,002$). U dechové frekvence je závislost minimální.

Vzhledem k tomu, že klidové hodnoty FEV1 a FVC mají velmi vysokou závislost, výsledky u parametru FVC jsou velmi podobné jako u FEV1. Velmi úzká závislost je prokázána s FEV1 s normovanými hodnotami FEV1norm a FVCnorm na hladině významnosti 0,000. U FVCnorm se jedná o $r = 0,913$ u FEV1 $r = 0,804$. Stejně jako u FEV1 i FVC je v přímé závislosti s dechovým objemem při maximální zátěži, což vyplývá ze závislosti s minutovou ventilací ($p = 0,000$; $r=0,587$). Závislost s parametrem Ekonomika lze potvrdit na hladině významnosti 0,032, jedná se o nízkou závislost. Platí, že čím menší je poměr mezi maximálním výdechem při zátěži a klidovým výdechem, tím větší je FVC.

Z hodnot FVCnorm a FEV1norm opět vyplývá vysoká závislost. Na obou normovaných hodnotách je středně závislý dechový objem při zátěži. Rozdíl je u parametru Ekonomika, kde je možné říci, že alespoň nízká závislost je s FVCnorm ($p = 0,078$; $r = -0,293$). Čím vyšší je hodnota FVCnorm, tím menší je parametr Ekonomika.

Dosud se u ukazatele Ekonomika nepodařilo prokázat vyšší závislost s jiným parametrem. Závislý vztah lze uvést u dechového objemu při zátěži. Čím vyšší je VE/BF, tím vyšší je Ekonomika ($p = 0,000$; $r = 0,668$). Opačnou závislost pozorujeme právě s ukazatelem dechové frekvence ($p = 0,000$; $r = -0,661$). U VE/BF lze opět bez hlubší analýzy tvrdit, že je závislost s ukazateli VE a BF. Čím menší je BF a čím větší je VE, tím větší je VE/BF.

Závěrem k výstupu korelační matice můžeme konstatovat, že klidové hodnoty spirometrických ukazatelů mají vliv jak na VO_{2max} , tak na spirometrické parametry při maximální zátěži. Na druhou stranu je překvapivé, že zde není prokázán vztah s ukazatelem Ekonomika. Pokud byla dokázána minimálně střední závislost, tak v naprosté většině na hladině významnosti menší než 0,01.

7.3 Hodnocení parametru dle dosažené výkonnosti u mužů

U vybraných parametrů jsme navíc zkoumali, zda existují statisticky významné rozdíly mezi skupinami reprezentace a SCM. Pro dosažení výsledků byl vybrán neparametrický Mann-Whitneyův test. Prostřednictvím tohoto testu jsme zjistili, že statisticky významný rozdíl je u parametru VO_{2max} , FVC a FVCnorm.

Jak bylo uvedeno v první části práce, VO_{2max} je klíčovým ukazatelem vytrvalosti, která je základním předpokladem pro triatlonový výkon. Proto není překvapujícím výsledkem, že u reprezentace v případě VO_{2max} jsou statisticky významně vyšší hodnoty. Statisticky významné rozdíly byly prokázány i u FVC i FVCnorm. Může to být dáno tím, že u těchto parametrů byla ověřena závislost s VO_{2max} . Kompletní výsledky jsou zobrazeny na obrázku 7.

Kromě výše uvedených ukazatelů, kde je p nižší než 0,05, je nižší hladina významnosti i u FEV1 a FEV1norm, ale vzhledem ke stanovené hladině významnosti 0,05 je musíme z platných výsledků vyloučit. U ostatních ukazatelů je p velmi vysoké, což může znamenat, že data analyzovaných souborů jsou si velmi podobná.

Obrázek 7: Výsledky Mann Whitney Test - muži

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Vo2max is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of FEV1 is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.092	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of FVC is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.037	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of FEV1norm is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.060	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of FVCnorm is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.027	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of Ekonomika is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.649	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of VE/BF is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.242	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of BF is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.807	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of VE is the same across categories of Výkonnostní skupina.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.574	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

7.4 Analýza spirometrických ukazatelů u žen

Stejný postup šetření byl realizován i u skupiny žen. Testování se zúčastnilo 18 triatlonistek, proti skupině mužů je to menší počet. Tabulka 22 zobrazuje výsledky stejných parametrů jako u mužů.

Tabulka 22: Výsledky spirometrických ukazatelů – ženy

ŽENY	Výkonnostní skupina	Průměr	95% konfidenční interval průměru		Medián	Směrodatná odchylka
			Dolní mez	Horní mez		
Vo _{2max}	Reprezentace	57,62	54,11	61,12	56,85	3,34
	SCM	52,63	49,42	55,83	51,55	5,05
FEV1	Reprezentace	3,77	3,24	4,31	3,77	0,51
	SCM	3,65	3,37	3,93	3,70	0,44
FVC	Reprezentace	3,98	3,39	4,58	4,10	0,57
	SCM	3,82	3,56	4,08	3,82	0,41
FEV1norm	Reprezentace	124,12	106,40	141,83	125,48	16,88
	SCM	119,47	112,29	126,65	123,18	11,31
FVCnorm	Reprezentace	115,79	98,63	132,94	118,86	16,35
	SCM	109,73	103,99	115,47	112,46	9,04
VE/BF	Reprezentace	2,37	1,93	2,80	2,47	0,42
	SCM	1,99	1,83	2,15	1,96	0,25
BF	Reprezentace	48,83	39,39	58,28	47,50	9,00
	SCM	55,58	51,99	59,17	56,50	5,65
VE	Reprezentace	113,17	98,59	127,74	116,25	13,89
	SCM	109,70	103,15	116,25	107,70	10,31
Ekonomika	Reprezentace	59,13	56,19	62,08	59,57	2,80
	SCM	52,29	48,64	55,95	52,94	5,75

7.4.1 Klidové spirometrické ukazatelé

U jednovteřinové kapacity plic je průměr i medián u reprezentace na stejné hodnotě, a to 3,77 l za sekundu. Ve skupině SCM je FEV1 o něco nižší, průměr 3,65 l za sekundu a medián 3,7 l za sekundu. Směrodatná odchylka je u reprezentace větší než u SCM.

Podobné výsledky lze nalézt i u FVC. Skupina SCM má průměrnou hodnotu i medián na hodnotě 3,82 l, průměr u reprezentace je 3,98 l a medián, 4,1 l. Větší rozptýl dat je opět u reprezentační výkonnostní skupiny.

Pokud se podíváme blíže na normované FEV1 a FVC, lze zjistit, že průměrné hodnoty i medián jsou na vyšší hodnotě, než je 100 %. Průměr normované FEV1 u reprezentace 124,12

%, u SCM 119,47 %. Medián je u obou výkonnostních skupin vyšší než průměr. Podle výsledků měly všechny triatlonistky hodnoty FEV1 převedené na konkrétní výšku a věk vyšší, než je norma. Vyšší hodnoty než je normovaná hodnota jsou i u FVC. Průměrná hodnota FVCnorm u reprezentace je 115,79 %, u SCM je 109, 73 %.

7.4.2 Maximální spirometrické ukazatelé

Průměrná hodnota VO_{2max} u reprezentace je $57,62 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, medián je o něco nižší, a to $56,85 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. U SCM jsou hodnoty o něco nižší, což byl i náš předpoklad, protože triatlonisté v SCM nemusí splnit takové výkonnostní limity jako u reprezentace. Průměrná hodnota u SCM je $52, 63 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Mezi parametry měřené při maximální zátěži patří dechový objem, minutová ventilace a dechová frekvence. U VE/BF je průměr u reprezentace 2,37 l a medián 2,47 l, zatímco u SCM jsou hodnoty pod hranici 2 l. Rozdíl mezi reprezentací a SCM jsou dány jak rozdílem u VE, tak u BF. Minutová ventilace činí u reprezentační skupiny 113,17 l za minutu, zatímco u SCM je 109,7 l za minutu. Poměrně výrazné rozdíly jsou u BF, kde průměrná hodnota 48,83 vdechů za minutu byla naměřena u reprezentace. U SCM to bylo 55,58 vdechů za minutu. U dechové frekvence je potřeba říct, že odlišnost je i v tom, že rozptyl dat u reprezentace je výrazně vyšší než u SCM. Odhadujeme, že je to dáno tím, že v souboru reprezentace bylo zařazeno jen 6 probandů.

Posledním ukazatelem je Ekonomika, kde průměrná hodnota u reprezentace 59,13 % je výrazně vyšší než průměrná hodnota 52,29 %. Stejným hodnotám odpovídá u obou skupin i medián. Je to dáno tím, že nižší hranice je položena výrazně níže u SCM než u reprezentace.

7.5 Analýza vztahů mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u žen

Stejně jako u mužů i u žen je pro vyhodnocení dat použita korelační analýza. Výsledky prezentuje tabulka 23 se stejnou strukturou jako u mužů.

Tabulka 23: Korelační matice – ženy

ŽENY		VO_{2max}	FEV1	FVC	FEV1norm	FVCnorm	Ekonomika	BF	VE	VE/BF
VO_{2max}	Pearsonův korelační koef	1								
	Sig. (2-tailed)									
FEV1	Pearsonův korelační koef	,283	1							
	Sig. (2-tailed)	,256								

FVC	Pearsonův korelační koef	,254	,954**	1						
	Sig. (2-tailed)	,309	,000							
FEV1norm	Pearsonův korelační koef	,333	,805**	,741**	1					
	Sig. (2-tailed)	,177	,000	,000						
FVCnorm	Pearsonův korelační koef	,233	,780**	,819**	,920**	1				
	Sig. (2-tailed)	,353	,000	,000	,000					
Ekonomika	Pearsonův korelační koef	,558*	-,041	-,002	,211	,234	1			
	Sig. (2-tailed)	,016	,873	,992	,401	,351				
BF	Pearsonův korelační koef	-,214	-,392	-,518*	-,534*	-,718**	-,595**	1		
	Sig. (2-tailed)	,393	,107	,028	,022	,001	,009			
VE	Pearsonův korelační koef	,623**	,464	,394	,345	,202	,341	,103	1	
	Sig. (2-tailed)	,006	,052	,106	,160	,421	,166	,685		
VE/BF	Pearsonův korelační koef	,573*	,640**	,704**	,666**	,738**	,706**	-,782**	,528*	1
	Sig. (2-tailed)	,013	,004	,001	,003	,000	,001	,000	,024	

Poznámka: **statisticky významný rozdíl (0,01), * statisticky významný rozdíl (0,05)

V případě ukazatele VO_{2max} lze najít střední korelaci s Ekonomikou ($p = 0,016$; $r = 0,558$). Na hladině významnosti 0,006 koreluje VO_{2max} také s parametrem VE, což ovlivňuje i závislost s VE/BF ($p = 0,013$; $r = 0,573$). Co se týče klidových spirometrických ukazatelů korelace s VO_{2max} je spíše slabá. U FEV1 se jedná o hodnotu 0,283, u FVC 0,254, ale hladina významnosti je v obou dvou případech vyšší než 0,05. O něco silnější je korelace u FEV1norm ($r = 0,333$), ale hladina významnosti také nesplňuje hranici 0,05.

U klidových spirometrických ukazatelů lze opět konstatovat vysokou závislost. FEV1 koreluje s FVC ($p = 0,000$; $r = 0,954$) i s normovanými hodnotami FEV1norm ($p = 0,000$; $r = 0,805$) a FVCnorm ($p = 0,000$; $r = 0,780$). Poměrně vysokou závislost je možné prokázat i u FEV1 a VE/BF ($p = 0,004$; $r = 0,640$), která je podpořena tím, že FEV1 je ve střední závislosti s oběma ukazateli VE i BF. U Ekonomiky je závislost s FEV1 téměř nulová.

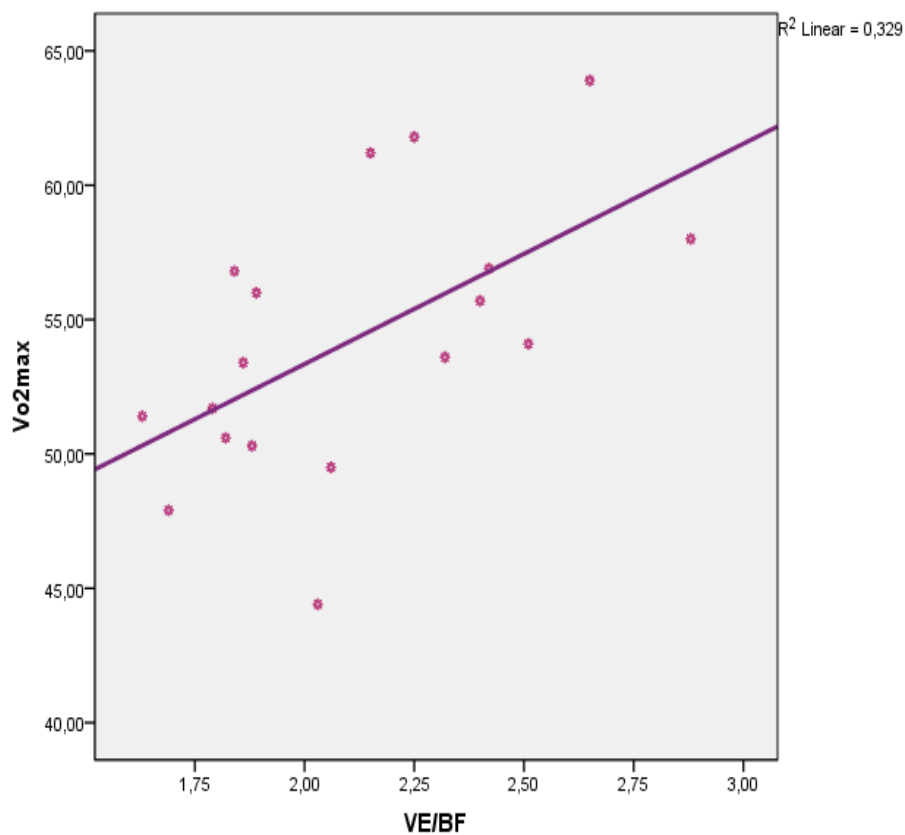
Korelaci hodnoty FVC s dalšími klidovými spirometrickými hodnotami tj. FEV1 a normované hodnoty FEV1norm a FVCnorm, lze posuzovat podobně jako u FEV1. Na hladině významnosti 0,000 je naměřen korelační koeficient vyšší než 0,7. U VE/BF koreluje FVC s korelačním koeficientem 0,704, ale zatímco u FEV1 je silnější korelace s VE, tady je to podpořeno silnější korelací s BF ($p = 0,028$; $r = 0,518$). Čím větší FVC, tím nižší BF při zátěži. Stejně lze hodnotit normované parametry FEV1norm a FVCnorm.

U ukazatele Ekonomika je závislý vztah o střední intenzitě s parametrem BF ($p = 0,009$; $r = 0,595$) a tím pádem i u VE/BF ($p = 0,001$; $r = 0,706$). Nižší závislost lze najít u VE ($r =$

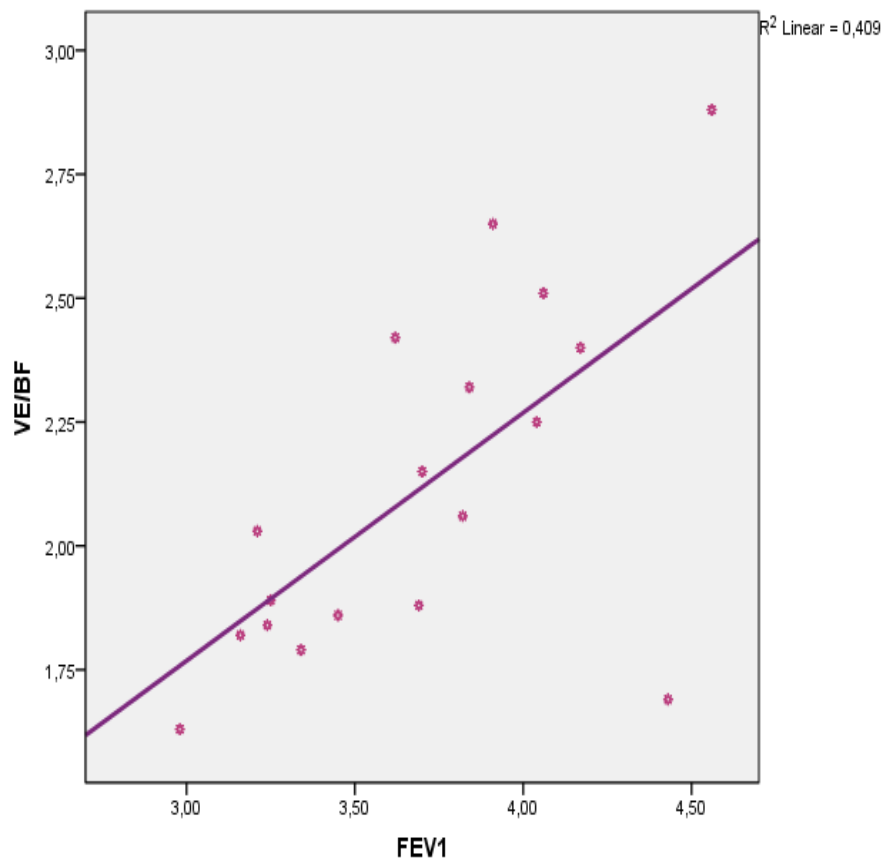
0,341), hladina významnosti je však vyšší než stanovená 0,05. Nakonec nám zbývají parametry dechového objemu a dechové frekvence. VE a BF mezi sebou koreluje nevýznamně.

Níže uvedené grafy (graf 3 a graf 4) zobrazují korelaci VO_{2max} a VE/BF ($r = 0,573$) a korelaci klidové hodnoty FEV1 a maximální hodnoty VE/BF ($r = 0,640$). I přesto, že korelace mezi uvedenými hodnotami je zřejmá, není v grafickém zobrazení úplně čitelná. Je to dáno tím, že skupina žen čítá menší vzorek probandů než u mužů.

Graf 3: Korelace hodnot parametrů VE/BF a VO_{2max}



Graf 4: Korelace hodnot parametrů VE/BF a FEV1



7.6 Hodnocení parametru dle dosažené výkonnosti u žen

Stejně jako u mužů i u skupiny žen byl proveden neparametrický Mann Whitney test. Na základě tohoto testu lze konstatovat, že statisticky významné rozdíly mezi reprezentací a SCM jsou u parametrů VO_{2max} , VE/BF a Ekonomika.

V podstatě lze výsledky zhodnotit stejným způsobem jako u mužů. U žen byla prokázána nejsilnější závislost mezi VO_{2max} a VE/BF, VO_{2max} a Ekonomikou. To dokazuje, že pokud jsou statisticky významné vyšší hodnoty VO_{2max} u reprezentace než u SCM, tak stejný závěr je i u parametrů VE/BF a Ekonomiky.

Nulová hypotéza byla odmítnuta i u BF na hladině významnosti 0,074, což nespĺňuje naše kritérium 0,05, takže nelze mezi potvrzené výsledky zařadit. FEV1, FVC a jejich normované hodnoty mají p velmi vysoké.

Obrázek 8: Výsledky Mann Whitney Test - ženy

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Vo2max is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.019	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of FEV1 is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.574	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of FVC is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.373	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of FEV1norm is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.574	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of FVCnorm is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.174	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of ekonomika is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.005	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of BF is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.074	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of VE is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.512	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of VE_BF is the same across categories of repre.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.039	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

8 DISKUZE

Cílem této práce bylo analyzovat vzájemné vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli u triatlonistů. Za účelem dosáhnutí cíle této práce byly také stanoveny dvě hypotézy.

H1: „Hodnoty spirometrických ukazatelů budou u skupiny reprezentantů statisticky významně vyšší než u ostatních zařazených sportovců do SCM v triatlonu.“

V našem případě nelze hypotézu zcela potvrdit ani zcela zamítnout. Statisticky významné rozdíly byly dosaženy pouze u některých ukazatelů, u mužů se jednalo o VO_{2max} , FVC a FVCnorm, takže částečně lze hypotézu potvrdit. U výsledku FEV1 a FEV1norm by hypotéza měla být zamítnuta, ale výsledek jsme nakonec museli vyloučit kvůli hladině významnosti, která byla o něco vyšší než ta, která byla pro analýzu stanovená ($p = 0,05$).

Fakt, že vyšších hodnot VO_{2max} je dosaženo u výkonnostně lepších skupin, v našem případě se jedná o reprezentaci, není výsledek pouze této práce, ale již řady výzkumů, které se tímto tématem zabývaly např. Suriano a Bishop (2010). Tato studie mimo jiné potvrzuje, že vyšší VO_{2max} lze registrovat u specialistů jednotlivých disciplín než u triatlonistů.

U žen dopadly výsledky neparametrického testu podobně. Hypotézu lze potvrdit pouze částečně. Opět lze říci, že u reprezentace je VO_{2max} vyšší než u SCM. Není důvod, proč by měl výsledek u žen vypadat jinak. Byly však prokázány jiné korelační vztahy, takže další ukazatelé, u kterých je hypotéza potvrzena, jsou Ekonomika a VE/BF.

Druhá hypotéza se týká analýzy vztahů mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli:

H2: „Existují statisticky významné vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými parametry.“

Pokud nejprve zhodnotíme kategorii mužů, můžeme konstatovat, že hypotéza je z velké části potvrzena. Kromě BF a Ekonomiky lze mluvit o tom, že mezi klidovými a maximálními ukazateli je statisticky významný korelační vztah. Jiného výstupu je dosaženo u žen, kde statisticky významný vztah existuje především mezi klidovými spirometrickými ukazateli a VE/BF a BF a korelace je rozhodně silnější než u mužů. Překvapením je, že klidové spirometrické hodnoty korelují s VO_{2max} u žen velmi slabě.

Výše uvedené rozdíly mezi ženami a muži u stejných indikátorů mohou být dány odlišným složením souboru probandů. U mužů zátěžový test podstoupil mnohem větší vzorek probandů

a projevila se zde i větší konkurence. Předpokládá se, že u řady z nich se očekává v budoucnosti vysoká výkonnost. Zatímco u žen byl počet probandů mnohem nižší, a to především ve skupině reprezentace. Na základě toho je pravděpodobné, že u mužů získaná data jsou mnohem více homogenní než u žen.

Výzkumy z posledních let se shodují, že vysoká hladina VO_{2max} je nezbytným předpokladem pro vrcholovou výkonnost v triatlonu. Když se podíváme blíže na výstupy zahraničních výzkumů v tabulce 10 (Schneider, Lacroix, Atkinson, Troped & Pollack, 1990; Schabort, Killian, St. ClairGibson, Hawley & Noakes, 2000; Hausswirth et al., 2001; Hue, 2003), můžeme konstatovat, že VO_{2max} u elitních triatlonistů osciluje mezi 70 – 75 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ s tím, že testování proběhlo na běžeckém trenažéru. Hodnoty VO_{2max} elitních triatlonistů se dle našich standardů pro juniory (tabulka 11) pohybují na úrovni průměrný až nadprůměrný (50 – 60 T-bodů). V případě výsledků naší analýzy skupina reprezentace dosáhla na běžeckém trenažéru průměrné hodnoty 71,27 +/- 4,27 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ s tím, ve skupině SCM to bylo 64,03 +/- 4,20 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ s tím.

U žen se výsledky VO_{2max} dle zahraničního výzkumu Schabort, Killian, St. ClairGibson, Hawley & Noakes, 2000 (tabulka 10) pohybovaly na průměru 63,2 +/- 3,2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, což odpovídá dle našich standardů pro juniorky (tabulka 12) úrovni podprůměrný až průměrný (45 – 50 T-bodů). V naší analýze ženy dosáhly ve skupině reprezentace průměrného VO_{2max} 57,62 +/- 3,34 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, v SCM 52, 63 +/- 5,05 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, tyto hodnoty se řadí hluboko pod průměr dle hodnocení v tabulce 12.

Srovnání těchto hodnot dokazuje, že v naší analýze byli zahrnuti v kategorii mužů především probandi s vyšší výkonností, kterou lze porovnávat s konkurencí ze zahraničí, zatímco u žen nelze tento předpoklad potvrdit. Pro srovnání jsme vybrali data, která byla získána na základě testu z běžeckého trenažéru, protože dle některých výzkumů (např. Suriano a Bishop, 2010) byly získány všechny hodnoty na běžeckém trenažéru o něco vyšší než na trenažéru cyklistickém. Vzhledem k tomu, že náš zátěžový test byl realizován pouze na běžeckém trenažéru, lze považovat výše uvedené srovnání za objektivní.

Kromě VO_{2max} je za důležitý parametr pro vytrvalostní výkon považován aerobní výkon na anaerobním prahu. I přesto, že u trénovaných sportovců se VO_{2max} příliš nemění a jen lehce osciluje, pro účely hodnocení trénovanosti sportovce se využívá především VO_2 na ANP. U netrénovaných jedinců se VO_2 na ANP pohybuje kolem 60 % VO_{2max} , vysoce trénovaní jedinci pak mohou dosáhnout hodnot až 95 % VO_{2max} (Kovářová, 2012).

Za další možný indikátor funkčních vytrvalostních předpokladů lze označit minutovou ventilaci. Význam tohoto indikátoru však nebyl zcela prokázán, hlavní důvod je jeho závislost na tělesné stavbě (Kovářová, 2012). Minutová ventilace byla součástí naší analýzy a v podstatě jsme dospěli ke stejnému závěru jako jiné výzkumy. U mužů jsme neprokázali nijak silnou závislost mezi minutovou ventilací a VO_{2max} a nebyl potvrzen ani statisticky významný rozdíl mezi skupinami reprezentace a SCM. U žen byly výsledky trochu odlišné. Mezi VO_{2max} a minutovou ventilací byla stanovena poměrně velká závislost, ale statisticky významný vztah mezi výkonnostními skupinami nebyl potvrzen ani zde. Na základě toho lze shrnout, že minutovou ventilaci není možné považovat za jednoznačný parametr pro vytrvalostní výkon.

Výzkumy Basset a Howley (2000) a Grasgruber a Cacek (2008, převzato z Kovářová, 2012) se zabývaly studováním toho, zda může být kapacita plic limitujícím činitelem VO_{2max} , a tím pádem i omezením pro vytrvalostní výkon. Pokud bychom měli na tuto otázku odpovědět v rámci naší analýzy, je možné tvrdit, že u mužů byl prokázán závislý vztah mezi FVC a VO_{2max} a dokonce i statisticky významný rozdíl mezi výkonnostními skupinami, což by mohlo potvrdit závěr výše uvedených výzkumů. Na druhou stranu není možné tento výsledek potvrdit v kategorii žen.

Závěrem lze říci, že určité vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými parametry byly ověřeny, ale rozhodně by bylo vhodné analýzy pravidelně opakovat, aby mohly být výsledky definitivně potvrzeny. Dalším doporučením je zátěžový test provést na vzorku probandů, kteří nejsou zařazeni v SCM, protože se předpokládá, že bude možné lépe obhájit statisticky významné rozdíly u jednotlivých spirometrických parametrů.

Kromě dosažení stanoveného cíle nám výsledky testů pomohly odhalit u malého počtu probandů zdravotní komplikace. Na základě toho bylo těmto probandům doporučeno podstoupit speciální vyšetření, na kterém bylo následně diagnostikováno astma.

9 ZÁVĚR

Triatlon je jeden ze skupiny mladých a dynamicky se rozvíjejících sportů. Ve stejném tempu je nutné sledovat i možnosti, jaké faktory ovlivňují výkonnost a jakým způsobem ji lze podpořit, aby mohl být triatlonista konkurenceschopný. Výkonem v triatlonu se zabývala i tato práce, konkrétně jsme se zaměřili na spirometrické ukazatele. Cílem bylo analyzovat vztahy mezi klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli a zjistit, zda existují statisticky významné rozdíly mezi výkonnostními skupinami. Analýza byla provedena zvlášť na kategorii mužů a kategorii žen.

Analýzy se zúčastnilo celkem 55 triatlonistů, z toho bylo 37 mužů a 18 žen. Důležitým ukazatelem výkonnosti u triatlonistů je VO_{2max} , který je nezbytným funkčním parametrem pro vytrvalostní výkon. Na základě srovnání se zahraničními studii lze tvrdit, že průměrná výkonnost dle VO_{2max} u probandů, kteří se zúčastnili naší analýzy, konkuruje elitním triatlonistům v zahraničí. V případě žen je průměrná hodnota VO_{2max} pod úrovní triatlonistek, které byly součástí zahraničních výzkumů.

K výstupu korelační matice, která hodnotila vzájemné vztahy mezi spirometrickými ukazateli, můžeme konstatovat, že klidové hodnoty spirometrických ukazatelů mají vliv jak na VO_{2max} , tak na další spirometrické parametry při maximální zátěži (dechový objem, minutová ventilace nebo dechová frekvence). Pokud byla dokázána minimálně střední závislost, tak v naprosté většině na hladině významnosti menší než 0,01. Zajímavostí je výsledek v kategorii žen, kdy byla stanovena pouze velmi slabá korelace mezi klidovými spirometrickými hodnotami a VO_{2max} .

V druhé části analýzy byly zkoumány statisticky významné vztahy mezi výkonnostními skupinami. V naší analýze byla zařazena v každé kategorii skupina probandů z reprezentace a skupina probandů z SCM. U mužů i u žen bylo shodně zhodnoceno, že ukazatel VO_{2max} má statisticky významně vyšší hodnoty v reprezentaci. Dále se výsledky lišily, u mužů byly statisticky významně vyšší hodnoty u ukazatelů FVC a FVCnorm. U žen se jednalo o ukazatele VE/BF a Ekonomika.

I přesto, že ve všech případech nebylo možné prokázat, že některé ukazatele spolu výrazně korelují nebo jsou statisticky významně vyšší u skupiny reprezentace, jsme přesvědčeni, že spirometrické ukazatele hrají významnou roli v hodnocení výkonnosti v triatlonu. Na závěr práce lze shrnout, že se nesmí žádný spirometrický ukazatel podceňovat a pro získání přesnějších výsledků je vhodné analýzu opakovat častěji. Každopádně náš výzkum podpořil

tvrzení řady jiných studií, že za hlavní indikátor predikce výkonu v triatlonu lze považovat maximální aerobní výkon. I přesto, že vytrvalostní schopnosti jsou v triatlonu pro predikci výkonu určitě na prvním místě, nesmíme zapomenout ani na jiné schopnosti a faktory, bez kterých nelze podat maximální výkon.

LITERATURA

Monografické publikace

1. BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 978-80-246-187-3
2. BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1990. ISBN 80-7066-214-X
3. BUNC, V. *Funkční diagnostika triatlonu. Fyziologie tělesné zátěže*. In SUCHÝ, J A KOLEKTIV. *Skripta pro trenéry triatlonu III*. Třídy. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Český svaz triatlonu, 2008. 117 s. ISBN 978-80-86317-60-1
4. CARMICHAEL, CH., RUTBERG, J. *Rozhodující jízda*. Praha: PRAGMA, 2003. ISBN 80-7205-129-6
5. CINGLOVÁ, L. *Vybrané Kapitoly z tělovýchovného lékařství pro studenty FTVS*. Praha: Karolinum, 2002. 199 s. ISBN: 80-246-0492-2.
6. DOVALIL, J. *Výkon a trénink*. 3. vyd. Praha: Olympia, 2009. 336 s.
7. DOVALIL, J., PERIČ, T. *Sportovní trénink*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. 160 s. ISBN 978-80-247-2118-7
8. FAJFER, Z. *Predikce spotovního výkonu – zkreslení validity počátečním přijímáním lepších uchazečů*. Česká kinantropologie, 2000, 4 (1), 99–103.
9. FORMÁNEK, J., HORČIC, J. *Triatlon*. Praha: Olympia, 2003. ISBN 80-7033-567-X.
10. HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže I*. 2.vyd.Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1
11. HELER, J., VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1976-7
12. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004.
13. HORČIC, J. *Řízení a objektivizace tréninkového procesu ve vytrvalostních vícebojích*. Disertační práce. Praha: UK FTVS, 2004.
14. HUE, O. *Prediction of drafted-triathlon race time from submaximal laboratory testing in elite triathletes*. Canadian Journal of Applied Physiology, 2003. 28 (4).

15. CHALOUPKA, V., ELBL, L. *Zátěžové metody v kardiologii*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 293 s. ISBN 80-247-0327-0.
16. CHOUTKA, M., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. 2. vyd. Praha: Olympia, 1991. ISBN 80-7033-099
17. CHRÁSKA, M. *Základy výzkumu v pedagogice*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2000.
18. KOVÁŘOVÁ, L. *K identifikaci předpokladů v triatlonu*. 1.vyd. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2124-1
19. KUČERA, M., DYLEVSKÝ, I. A KOLEKTIV. *Sportovní medicína*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Grada Publishing, 1999. 284 s. ISBN 80-7169-725-7
20. NEUMANN, G. *Zum zeitlichen Ablauf der Anpassung beim Ausdauertraining. Leistungssport* 1993, 23 (5)
21. NEUMANN, G., PFÜTZNER, K., HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0947-3
22. PERIČ, T., SUCHÝ, J. *Identifikace sportovních talentů*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-4
23. SCHABORT, E. J., KILLIAN, S. C., ST CLAIR GIBSON, A., HAWLEY, J. A., & NOAKES, T. D. *Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, 32
24. SEKERA, J., VOJTĚCHOVSKÝ, O. *Cyklistika průvodce tréninkem*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2911-4
25. SURIANO, R., BISHOP, D. *Physiological attributes of triathletes*. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2010.
26. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5
27. VAN SCHUYLENBERGH, R., VANDEN EYNDE, B., & HESPEL, P. *Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests*. *European Journal of Applied Physiology*, 2004, 91.
28. VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P., NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0821-9

Elektronické zdroje

29. BERNACÍKOVÁ, M., KAPOUNKOVÁ, K., NOVOTNÝ, J. A KOL. *Fyziologie sportovních disciplín*. [online]. 2010. [cit. 2011-08-01]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsp/ps10/fyziol/web/index.html>

30. ČESKÁ TRIATLONOVÁ ASOCIACE. *Pravidla triatlonu, duatlonu, kvadriatlonu, zimního triatlonu a aquatlonu*. [online]. 2012. [cit. 2013-06-07]. Dostupné z: http://www.triatlon.cz/upload/708_710.pdf
31. MATULA, M. *Co je triatlon a Ironman*. [online]. 2010. [cit. 2011-07-07]. Dostupné z: <http://www.martinmatula.cz/co-je-triatlon-ironman>).
32. REGULI, Z. *Aplikovaná sportovní edukace bezpečnostních složek*. [online]. 2011. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/zatezove-testy>
33. TAUSSIG, J. *VO_{2max} - měřítko naší kondice*. [online]. 2010. [cit. 2011-06-30]. Dostupné z: <http://www.sportvital.cz/sport/trenink/vo2-max-meritko-nasi-kondice/>

Diplomové práce

34. BABICA, M. *Vypracování metodiky stavby vzorových jízd v tréninku cyklistické části triatlonu pomocí měřiče výkonu*. Praha, 2008. 88 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce PaedDr. Josef Horčic, Ph.D.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Délky tratí v triatlonu (km)	13
Tabulka 2: Podmínky pro použití neoprenu	14
Tabulka 3: Max. délka tratě a max. doba pobytu ve vodě při použití neoprenu	14
Tabulka 4: Podmínky pro povolení jízdy v háku.....	15
Tabulka 5: Základní dělení vytrvalosti podle doby trvání pohybové činnosti a způsobu energetického krytí	20
Tabulka 6: Podrobnější dělení vytrvalosti využitelné z pohledu triatlonu.....	20
Tabulka 7: Fyziologické determinanty hraničních závodních výkonů v disciplínách triatlonu	27
Tabulka č. 8: Hodnocení maximální spotřeby O ₂ v ml. min ⁻¹ .kg ¹ na běhacím koberci	32
Tabulka 9: Maximální spotřeba O ₂ v ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹ dle výzkumů jednotlivých autorů u skupin triatlonistů a specialistů (běžců a cyklistů).....	33
Tabulka 10: Maximální spotřeba O ₂ v ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹ dle výzkumů jednotlivých autorů u různých skupin triatlonistů.....	34
Tabulka č. 11: Standardy pro posouzení funkčních (VO _{2max}) předpokladů v kategorii juniorů	36
Tabulka č. 12: Standardy pro posouzení funkčních (VO _{2max}) předpokladů v kategorii juniorek	36
Tabulka č. 13: VO _{2max} (ml/kg.min) špičkových sportovců.....	37
Tabulka 14: Hodnoty respiračního kvocientu	41
Tabulka 15: Standardy pro posouzení funkčních (% VO _{2max} na ANP) předpokladů v kategorii juniorů.....	43
Tabulka 16: Standardy pro posouzení funkčních (% VO _{2max} .kg ⁻¹ na ANP) předpokladů v kategorii juniorek	44
Tabulka 17: Věk probandů	46
Tabulka 18: Přehled analyzovaných parametrů.....	49

Tabulka 19: Interpretace hodnot korelačního koeficientu.....	51
Tabulka 20: Výsledky spirometrických ukazatelů – muži	53
Tabulka č. 21: Korelační matice – muži.....	55
Tabulka 22: Výsledky spirometrických ukazatelů – ženy	60
Tabulka 23: Korelační matice – ženy	61

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Faktory ovlivňující výkon v triatlonu	17
Obrázek 2: Schéma řízení sportovního tréninku	22
Obrázek 3: Maximální kyslíková spotřeba u sportovců různých sportovních disciplín	32
Obrázek 4: Stanovení AEP a ANP	43
Obrázek 5: Ruční spirometr.....	49
Obrázek 6: Spirometr použitý při zátěžovém testu	49
Obrázek 7: Výsledky Mann Whitney Test – muži	59
Obrázek 8: Výsledky Mann Whitney Test – ženy.....	65

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Korelace hodnot parametrů FEV1norm a VO _{2max}	56
Graf 2: Korelace hodnot parametrů FVCnorm a VO _{2max}	57
Graf 3: Korelace hodnot parametrů VE/BF a VO _{2max}	63
Graf 4: Korelace hodnot parametrů VE/BF a FEV1	64

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Žádost o vyjádření etické komise	79
Příloha 2: Informovaný souhlas	80

Příloha 1



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Vztah mezi VO₂max a klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli v triatlону

Forma projektu: diplomová

Autor: Zdeněk Kučera

Školitel: Mgr. Lenka Kovářová

Popis projektu:

Projekt se zabývá funkční diagnostikou, kdy 70 probandů absolvuje spirometrické vyšetření. Zajímá mě vztah VO₂max a výsledných spirometrických klidových a maximálních hodnot. Test bude realizován v laboratoři sportovní motoriky a bude přítomen odborný dohled. Veškeré testování proběhne dle Statutu Etické komise UK FTVS.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky

Nebudou použity žádné invazivní metodiky

Etické aspekty výzkumu

Výsledky ani osobní data nebudou zneužity

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 26. 3. 2013

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.

Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Prof. PhDr. Pavel Šlepička, DrSc.

Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0101/2013

dne: 26.3.2013

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

1


podpis předsedy EK

INFORMOVANÝ SOUHLAS

1. PROHLÁŠENÍ

Já, níže podepsaný(á), souhlasím s účastí na prováděném testu. Byl (a) jsem informován(a) o způsobu a postupu při všech měřících procedurách, včetně jejich rizik a možnosti následného použití naměřených dat. Všechny výzkumné aktivity budou provedeny v souladu s Helsinskou deklarací Světové lékařské asociace (2000) a v souladu se Statutem Etické komise FTVS UK.

Výběr probandů proběhl na základě zařazení do SCM. Cílem výzkumu je vztah mezi VO₂max a klidovými a maximálními spirometrickými ukazateli v triatlonu. Výzkum je použit pro diplomovou práci studenta Zdeňka Kučery. Časová náročnost vyšetření je jednorázové testování na cca 5 minut, kdy proband 2x vydechne do spirometru. Test je neinvazivního charakteru a je bezbolestný. Testování je bez rizika a bez nároků na odměnu. Získané výsledky nebudou zneužity a osobní data nebudou zveřejněna.

Testování probíhalo v laboratoři sportovní motoriky FTVS UK pod dohledem odborného personálu jako součást provádění testů zátěžové diagnostiky členů SCM. Testování probíhalo na základě smlouvy mezi UK FTVS a ČTA (Prováděcí protokol Dohody o vzájemné spolupráci, Čl. II Oblast vědeckometodického servisu, odstavce b Metodika).