

Univerzita Karlova v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Katedra vojenské tělovýchovy

Bakalářská práce

**Komparace srdeční frekvence a energetického výdeje při běhu na 5 km
a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží**

Vedoucí bakalářské práce:

npor. Mgr. Josef Fedák

Zpracoval:

čt. Jiří Kopřiva

Praha 2013

Abstrakt

Název práce: Komparace srdeční frekvence a energetického výdeje při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží

Cíl práce: Cílem práce bylo na základě naměřených výsledků odezvy organismu na konstantní zatížení při běhu na 5 km a při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží porovnat hodnoty srdeční frekvence a energetického výdeje, k jehož zjištění bylo využito spiroergometrického testu na běžeckém pásu.

Metody: Kvantitativní výzkum s využitím metody intrapersonální komparativní analýzy.

Výsledky: Na základě naměřených dat byl u probandů zjištěn rozdíl mezi hodnotami průměrného minutového energetického výdeje u běhu a zrychleného přesunu se zátěží při rychlostech 11 km.h⁻¹. Tento rozdíl se pohyboval od 14,19 kJ do 41,94 kJ a v průměru byl roven 23,87 kJ.

Klíčová slova: Zrychlený přesun, energetický výdej, srdeční frekvence.

Abstract

- Title:** The comparison of heart rate and energy expenditure during 5 km run and 5 km speeded-up transfer with load of 10 kg
- Objectives:** The aim of the work was to compare the results of heart rate and energy expenditure during 5 km run and 5 km speeded up transfer with load of 10 kg. The energy expenditure was found by spirometric test while running on a treadmill.
- Methods:** The method applied in this research was the quantitative research based on intra-individual comparative analysis.
- Results:** Based on the measured data of the average energy expenditure per minute of subjects during the run and the speeded-up transfer with load at 11 km.h⁻¹ there was some difference found. The energy expenditure spanned from 14.19 kJ to 41.94 kJ with the average value of 23.87 kJ.
- Keywords:** Speeded up transfer, energy expenditure, heart rate.

Poděkování: Chtěl bych touto cestou poděkovat npor. Mgr. Josefu Fedákovi za pomoc při vedení a zpracování této práce. Dále bych poděkoval Mgr. Davidu Gerychovi a CASRI za odborné konzultace, spolupráci a zajištění spiroergometrického testu na běžeckém pásu v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství.

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, za pomoci uvedené literatury a naměřených výsledků.

V Praze dne 15. 4. 2013

čet. Jiří Kopřiva

Podpis: _____

Obsah

1	Úvod	11
2	Teoretická východiska	13
2.1	Speciální tělesná příprava.....	13
2.2	Přesuny	15
2.3	Energetický metabolismus.....	17
2.3.1	<i>Energie</i>	17
2.3.2	<i>Zdroje energie pro pohybovou činnost</i>	18
2.3.3	<i>Úrovně metabolismu</i>	19
2.4	Měření energetického výdeje	20
2.4.1	<i>Metody měření energetického výdeje</i>	21
2.5	Kardiovaskulární systém	21
2.5.1	<i>Srdeční frekvence (SF)</i>	22
2.5.2	<i>Měření srdeční frekvence</i>	23
2.5.3	<i>Systolický objem srdeční (Q_s)</i>	25
2.5.4	<i>Minutový objem srdeční (Q)</i>	25
2.6	Fyziologie dýchání	26
2.6.1	<i>Ventilační parametry</i>	26
2.6.2	<i>Minutová spotřeba kyslíku (VO_2)</i>	27
2.6.3	<i>Kyslíkový deficit a kyslíkový dluh</i>	30
2.6.4	<i>Energetický ekvivalent kyslíku (EE_{O_2})</i>	31
3	Cíle a úkoly	32
3.1	Cíle	32
3.2	Úkoly	32
3.3	Výzkumná otázka	32
4	Metodika výzkumu	33
4.1	Výzkumné metody.....	33

4.2	Výzkumný soubor	34
4.3	Metoda získání dat.....	34
4.4	Organizace výzkumu	35
4.5	Analýza dat	36
4.6	Rozsah platnosti.....	37
4.6.1	<i>Vymezení studie</i>	37
4.6.2	<i>Omezení studie</i>	37
5	Výsledky	38
5.1	Výsledky spiroergometrického vyšetření	38
5.2	Běh na 5 km a zrychlený přesun na 5 km s 10 kg zátěží.....	40
5.2.1	<i>Trasa</i>	41
5.2.2	<i>Klimatické podmínky</i>	42
5.2.3	<i>Výsledky běhu na 5 km ve sportovním oblečení</i>	42
5.2.4	<i>Výsledky zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží ve vojenské obuvi a polním stejnokroji vz. 95</i>	43
5.3	Zjištěné hodnoty energetického výdeje	53
5.3.1	<i>Energetický výdej při běhu na 5 km ve sportovním oblečení</i>	53
5.3.2	<i>Energetický výdej při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží ve vojenské obuvi a polním stejnokroji vz. 95</i>	53
5.4	Souhrn výsledků u jednotlivých probandů	59
6	Diskuse.....	64
7	Závěr	66
	Seznam literatury	68
	Seznam obrázků	70
	Seznam tabulek	71
	Seznam grafů	72
	Seznam příloh.....	74

Seznam zkratek

AČR	- Armáda České republiky
aj.	- a jiné
ATP	- adenosintrifosfát
ADP	- adenosindifosfát
a – v dif. O ₂	- arterio-venózní diference pro kyslík
BM	- bazální metabolismus
BTPS	- korekční faktor (Body Temperature Press Saturated)
cal	- kalorie
CASRI	- Vědecké a servisní pracoviště tělesné výchovy a sportu (Sports Research Institute of Czech Armed Forces)
CO ₂	- oxid uhličitý
CP	- kreatinfosfát
DF	- dechová frekvence
EE _{O₂}	- energetický ekvivalent pro kyslík
EKG	- elektrokardiogram
EV	- energetický výdej
FTVS	- Fakulta tělesné výchovy a sportu
J	- Joule
kcal	- kilokalorie
kg	- kilogram
kJ	- kilojoule
KM	- klidový metabolismus
km	- kilometr
kol.	- kolektiv
l	- litr
h	- hodina
hPa	- hektopascal
m	- metr
min	- minuta
ml	- mililitr
mmol	- milimol
nál. BM	- náležitý bazální metabolismus
NV MO	- Normativní výnos Ministerstva obrany
O ₂	- kyslík
PM	- pracovní metabolismus
Q	- minutový objem srdeční
Q _s	- systolický objem srdeční
RQ	- respirační kvocient
s	- sekunda
s.	- stránka
SF	- srdeční frekvence
SF _{max}	- maximální srdeční frekvence
STP	- speciální tělesná příprava
t	- čas, doba činnosti
TF	- tepová frekvence
UK	- Univerzita Karlova
VE _{O₂}	- ventilační ekvivalent pro kyslík

VE	- minutová ventilace
VC	- vitální kapacita
VO	- Vojenský obor
$\dot{V}O_2$	- minutová spotřeba kyslíku
VO_2	- spotřeba kyslíku
VO_{2max}	- maximální spotřeba kyslíku
VT	- dechový objem
vz.	- vzor
°C	- stupeň Celsia

1 Úvod

Běh i přesuny jsou zařazeny do systému tělesné přípravy AČR, přičemž běh náleží do základní tělesné přípravy a přesuny do multitematické struktury speciální tělesné přípravy jako jedno z 8 témat. Zrychlený přesun se zátěží lze považovat za nejnáročnější celek z tematické oblasti pěších přesunů. Tato náročnost je dána hmotností nesené zátěže, způsobem nesené zátěže, relativně nevhodným oděvem a těžkou obuví.

Důvodem, který mě vedl ke zvolení tématu bakalářské práce z tematické oblasti pěších přesunů, je má zkušenost a kladný vztah k aktivitám vytrvalostního charakteru a vytrvalostním běhům vyplývající z mého dřívějšího aktivního a závodního provozování atletických běžeckých disciplín.

Zrychlený přesun se zátěží není typickou vytrvalostní disciplínou, u níž jsou důležitými charakteristikami aerobní kapacita a aerobní výkon, ale jedná se o pohybovou aktivitu silově-vytrvalostního charakteru, kde se do celkového výsledku promítá ve zvýšené míře i silová kapacita, vytrvalostní síla a vzhledem k nesené zátěži i síla maximální.

Předmětem výzkumu této práce bylo porovnání srdeční frekvence a energetického výdeje při běhu na 5 km ve sportovním oblečení a obuvi a při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží v polním stejnokroji vz. 95 a vojenské obuvi. Zrychlený přesun se zátěží je součástí tematické oblasti pěších přesunů spadající do speciální tělesné přípravy AČR.

K určení rozdílů hodnot energetického výdeje bylo zapotřebí zajištění laboratorního spiroergometrického vyšetření na běžeckém pásu pro určení závislosti minutové spotřeby kyslíku a srdeční frekvence a přepočtu dle následujícího vzorce:

$$EV [kJ] = \dot{V}O_2 [l \cdot min^{-1}] \times EE_{O_2} [kJ \cdot l^{-1} \cdot min^{-1}] \times t [min]$$

EV *energetický výdej*

\dot{V}O_2 *minutová spotřeba kyslíku*

EE_{O_2} *energetický ekvivalent kyslíku*

t *doba trvání činnosti*

Rychlost $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pro běh i zrychlený přesun byla stanovena na základě pretestu.

Výsledky této práce by měly poukázat na skutečnost, že při zrychleném přesunu není dominantní pouze složka vytrvalostních schopností, což se projevuje v naměřených hodnotách srdeční frekvence a energetického výdeje, ale že se významnou měrou zapojují i silové schopnosti.

2 Teoretická východiska

Při práci s literaturou byly prostudovávány diplomové a bakalářské práce, které se zabývaly energetickým výdejem u příslušníků AČR v jednotlivých oblastech speciální tělesné přípravy a hlavně diplomová práce Porovnání energetické náročnosti při plavání v oděvu a bez oděvu (Čáp, 2009). Autor ve své práci pracuje s komparací energetického výdeje v přirozených a ztížených podmínkách při pohybu ve vodě a v této práci je na ni volně navázáno srovnáním energetického výdeje v přirozených a ztížených podmínkách při nejpřirozenějším lokomočním pohybu, jakým je běh.

„Běhy jsou nejen základními atletickými disciplínami, ale tvoří i pohybový základ řady dalších sportovních odvětví. Jedná se o plně automatický cyklický pohyb, při němž se víceméně pravidelně opakuje běžecský dvojkrok jako základní pohybová struktura – dynamický stereotyp“, (Havlíčková a kol., 1993, s. 14).

Vzhledem k tomu, že zrychlené přesuny jsou součástí speciální tělesné přípravy, byly v této oblasti čerpány informace z Normativního výnosu Ministerstva obrany č. 12/2011.

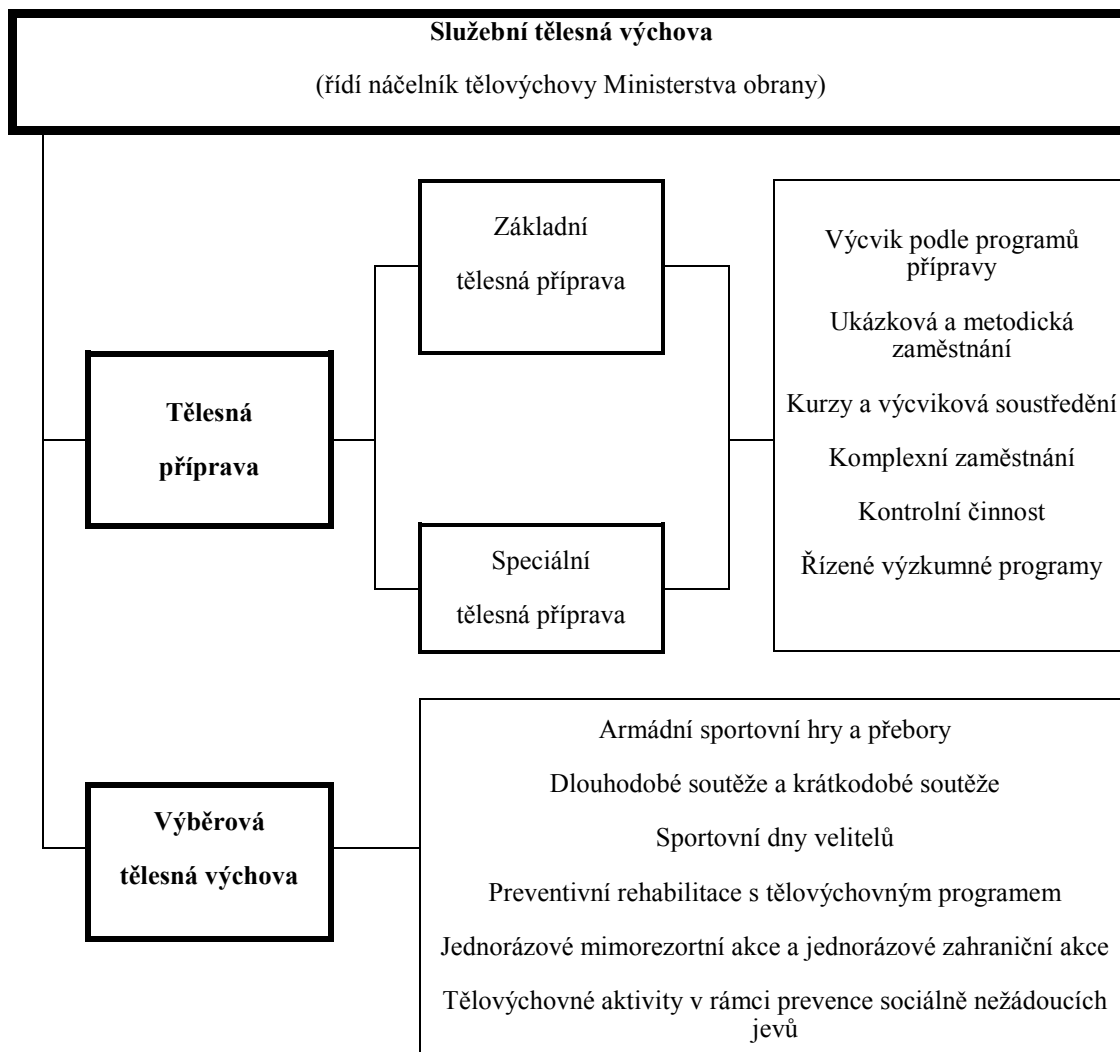
2.1 Speciální tělesná příprava

Speciální tělesná příprava je začleněna do systému služební tělesné výchovy AČR a společně se základní tělesnou přípravou patří do povinné formy tělesné přípravy v tomto systému (viz Obrázek 1).

Služební tělesná výchova vojáků je realizována praktickým výcvikem, který je uskutečňován podle služebního zařazení vojáka v rozsahu nejméně 4 hodin týdně a u výkonných vojenských letců a vojenského obsluhujícího personálu v rozsahu nejméně 6 hodin týdně a který je možno uskutečňovat pouze na základě schváleného rozvrhu zaměstnání zpracovaného podle programů přípravy a dalších výcvikových dokumentů. (NV MO č. 12/2011)

Obrázek 1

Členění služební tělesné výchovy a zásady jejího vedení (NV MO č. 11/2011)



„Speciální tělesná příprava se zaměřuje na cílevědomé vytváření tělesné a psychické připravenosti vojáků k plnění pohybově specializovaných úkolů ve vztahu k systemizovanému místu, na kterém jsou služebně zařazeni nebo pro které se připravují.“ (NV MO č. 12/2011)

Speciální tělesnou přípravu lze také chápat jako proces, ve kterém se utváří a rozvíjí speciální složka tělesné připravenosti vojáků k výkonu jejich služby.

Témata STP jsou:

- a) překonávání překážek;
- b) házení;
- c) přesuny;
- d) boj zblízka;
- e) vojenské plavání;
- f) vojenské lezení;
- g) základy přežití;
- h) vojenské víceboje.

Samotné zrychlené přesuny, které jsou předmětem výzkumu v této práci, spadají pod téma přesuny.

2.2 Přesuny

Cílem výcviku přesunů je připravit jednotlivce, skupiny nebo složky organizačního celku ke zvládnutí přesunu na větší vzdálenost bez použití dopravních prostředků a k překonávání krátkých i dlouhých úseků v obtížném terénu. (NV MO č. 11/2011)

Do obsahu výcviku v přesunech spadají:

- a) pěší přesuny;
- b) přesuny na sněhu a ledu;
- c) přesuny na vodě a v bažinách.

Obsahem výcviku pěších přesunů jsou pak zejména:

- a) chůze a běh terénem na různé vzdálenosti, bez nesené zátěže;
- b) přesuny s odlehčenou, popř. neúplnou výstrojí;
- c) přesuny s nesenou zátěží.

Přesuny se zátěží nejsou pouze izolovanou oblastí v STP, ale prolínají se s dalšími oblastmi, které tvoří komplex profesionální připravenosti vojáka vyplývajícího z výkonu jeho povolání.

Přesuny s nesenou zátěží jsou kromě pěších přesunů nedílnou součástí přesunů na sněhu a ledu, kdy je nesená zátěž pro danou činnost nezbytně nutná vzhledem

k potřebě většího množství materiálu pro činnost a pohyb v horském prostředí, kde se v drtivé většině přesuny na sněhu a ledu odehrávají.

Přesuny s nesenou zátěží jsou kromě fyzického přezkoušení také náplní celé řady soutěží a závodů, které se konají v rámci AČR. Mezi nejznámější a nejvýznamnější patří Summer Survival, Winter Survival a Krkomen.

Strukturu pohybového výkonu u pěších přesunů s nesenou zátěží lze charakterizovat následujícími 5 složkami:

- 1) Somatická – v této složce lze označit za podstatné délku dolních končetin, která ovlivňuje délku kroku. Čím méně kroků jedinec vykoná, tím méně vykoná svalové práce a jeho energetický výdej bude nižší. Důležitou roli hraje také poměr mezi nesenou zátěží, hmotností jedince a jeho tělesnou konstitucí.
- 2) Kondiční – mezi nejdůležitější faktory výkonu patří vytrvalostní a silové schopnosti. Z hlediska vytrvalostních schopností se jedná o celkovou, dynamickou, dlouhodobou vytrvalost (Dovalil a Perič, 2010), neboť se přesuny s nesenou zátěží v AČR provádí na tratích o délce 3 km a více, z čehož vyplývá, že pohybová činnost je delší jak 10 min a probíhá v aerobním pásmu. Proto je pro výkon při přesunech se zátěží důležitá vysoká hodnota aerobní kapacity. Silové schopnosti se projevují v důsledku nesené zátěže a její hmotnosti, projevuje se tak vliv maximální síly a silové kapacity. Přesuny se zátěží lze označit jako disciplínu silově-vytrvalostního charakteru.
- 3) Psychická – tato komponenta se projevuje při delších přesunech, kdy dochází k únavě a vyčerpání organismu a závisí na rysech osobnosti, jak se daný jedinec se situací vyrovná.
- 4) Taktická – vzhledem k nesené zátěži je třeba volit vhodné tempo přesunu, které musí být přizpůsobeno tempu nejslabšího jedince. S taktikou je spjata i volba trasy přesuny (ne vždy je nejkratší cesta nejrychlejší) a rozložení přestávek k doplnění tekutin a energie.
- 5) Technická – v této složce se projevuje hlavně práce s neseným materiálem, především s batohem, který je nutno umět dobře sbalit (nejtěžší věci co nejbliže zádům a lehce nad těžištěm batohu) a nosit (správně nastavené nosné popruhy, bederní a hrudní pás), a oblečením (odkládání svršků, výměna ponožek aj.).

Přesuny s nesenou zátěží jsou charakteristické oproti přesunům bez nesené zátěže větší metabolickou náročností, která se projevuje zvýšenou potřebou energie k úhradě fyziologických dějů probíhajících v pracujícím organismu.

Proto jsou v této práci zmíněny poznatky z oblasti energetického krytí čerpané především z Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech (Rokyta a kol., 2000), Kardiologie (Štejfá, 2007), Výživy v intenzivní péči (Zadák, 2009), Fyziologie člověka a tělesných cvičení. *Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených.* (Bartůňková, 2010) a Fyziologie tělesné zátěže I. *Obecná část.* (Havličková a kol., 2008). Také byla při sbírání informací z této oblasti využita zahraniční literatura, a to Nutrition for sport and exercise (Doyle a Dunford, 2012).

2.3 Energetický metabolismus

2.3.1 Energie

Ve výživě a fyziologii cvičení je energie často vyjadřována v kaloriích a vyskytuje se pod pojmem tepelná energie. 1 kalorie (označovaná také malá kalorie, cal) je definována jako množství energie potřebné k ohřátí 1 g vody o 1 °C z 14,5 °C na 15,5 °C. Protože teplo se vyjadřuje v joulech (J), využívá se následujících přepočtů: 1 cal = 4,1868 J a 1 J = 0,239 cal. Toto je však malé množství energie, ale v praxi, pokud hovoříme o energetickém obsahu v jídle nebo energetickém výdeji při fyzické aktivitě, byl zaveden termín kilokalorie (označován též velká kalorie, kcal) a 1 kcal = 1000 cal. Poté lze tedy 1 kilokalorii definovat jako množství energie potřebné k ohřátí 1 kg vody o 1 °C a je možno využít těchto přepočtů: 1 kcal = 4,1868 kJ a 1 kJ = 0,239 kcal. (Dunford a Doyle, 2012)

Celkové množství energie chemicky vázané v jednotlivých živinách posuzujeme podle spalného tepla, tj. podle množství uvolněné energie při oxidaci 1 g živiny v kalorické bombě. Pro látky sacharidové povahy se jedná o hodnotu 17 kJ, pro proteiny 23 kJ a pro lipidy 38 kJ. Tyto hodnoty jsou však označovány jako fyzikální spalné teplo a nejsou zcela totožné s hodnotami, které se uvolňují oxidací živin a které se nazývají fyziologické spalné teplo. (Trojan kol., 2003)

2.3.2 Zdroje energie pro pohybovou činnost

V lidském organismu jsou zdroje energie (viz Tabulka 1) uloženy buďto ve formě makroergních fosfátů – ATP, ADP a CP nebo ve formě makroergních substrátů – cukry (glycidy), tuky (lipidy) a bílkoviny (proteiny). (Bartůňková, 2010)

Tabulka 1 - Zdroje energetického krytí (Dovalil a Perič, 2010)

Systém	Způsob štěpení	Zdroje energetického krytí	Doba zapojení
ATP-CP	Anaerobně	CP	15 s
LA	Anaerobně	glykogen	2 – 3 min
LA-O ₂	aerobně-anaerobně	glykogen	5 – 10 min
O ₂	Aerobně	glykogen, tuky	hodiny

Makroergní substráty zaujímají primární postavení z hlediska energetického krytí. Pro získání energie dochází ke štěpení, eventuálně transformaci těchto substrátů v produkty intermediárního metabolismu. Nezastupitelné postavení pro získání energie má zejména oxidoredukce cukrů a tuků v organismu cvičícího. (Havličková a kol., 2008)

Zadák (2009) pak ve své práci zdůrazňuje, že makroergní fosfáty jsou, dá se říci, jediným okamžitým zdrojem energie pro životní děje v buňce. A dále tvrdí, že zásoby dostupného množství ATP jsou od několika sekund po několik minut. Z čehož vyplývá, že makroergní fosfáty musí být stále doplňovány oxidací nutričních substrátů.

Jestliže je lidský organismus v klidu nebo vykonává málo intenzivní práci, je čerpána energie ze všech živin, avšak při intenzivní svalové činnosti jsou hlavním, někdy i výhradním, zdrojem glycidy. Informace o právě metabolizovaných živinách nám poskytuje respirační kvocient (viz Tabulka 2), který představuje poměr mezi vydechaným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem. (Havličková a kol., 2008)

Tabulka 2 – Metabolizované živiny podle RQ (Havličková a kol., 2008)

Respirační kvocient (RQ)	Metabolizované živiny
0,7	tuky
0,8	bílkoviny
1,0	cukry

2.3.3 Úrovně metabolismu

Při pohybové činnosti především vyšší intenzity i objemu dochází ke zvýšení aktivity metabolických dějů s následným ovlivněním intermediárního metabolismu. (Havlíčková a kol., 2008)

Pokud hovoříme o metabolismu a jeho úrovních, pak jej lze rozlišit na bazální, klidový a pracovní metabolismus.

Bazální metabolismus (BM)

Podle Hellera a Vodičky (2011) je považován za nejnižší možnou úroveň energetického metabolismu jedince. Bartůňková (2010) pak dodává, že se jedná o základní látkovou a energetickou přeměnu nutnou pro zachování životně důležitých funkcí.

Hodnota BM se podle Havlíčkové a kol. (2008) pohybuje okolo 5000 - 6000 kJ.24 h⁻¹ (1200 – 1500 kcal.24 h⁻¹) a závisí nejvíce na těchto 3 faktorech:

- 1) povrch těla (dán výškou a hmotností);
- 2) věk;
- 3) pohlaví.

Při výpočtech energetického výdeje se také setkáváme s pojmem náležitý bazální metabolismus (nál. BM), který je tabulkovou hodnotou stanovenou na základě výše zmíněných faktorů a 100% nál. BM odpovídá bazálnímu metabolismu. (Bartůňková, 2010)

Klidový metabolismus (KM)

Jedná se o úroveň metabolismu při tělesném klidu a je o 1300 – 1700 kJ.24 h⁻¹ (300 – 400 kcal.24 h⁻¹) vyšší než BM. Pokud bychom KM vyjadřovali pomocí nál. BM, pak KM = 110 - 120 % nál. BM. (Havlíčková a kol., 2008)

Pracovní metabolismus (PM)

Udává úroveň metabolismu při určité tělesné práci. Jedná se o KM navýšený o pracovní přírůstky podle režimu denní práce a PM pak může dosahovat 150 – 30000 % nál. BM. (Bartůňková, 2010)

Při hledání informací k bakalářské práci bylo také využito internetových databází, kde byla pozornost směřována k odkazům a literatuře s tematikou zabývající se energetickým výdejem, jeho porovnáváním u různých činností, způsoby jeho výpočtů a odlišností, které se mohou u jednotlivých činností při výpočtech energetického výdeje vyskytnout. Autoři Heller a Vodička (2011) ve svém díle Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže uvádí, že jednoduché metody, které vedou ke stanovení energetického výdeje, využívají funkční parametry, které vykazují k výdeji energie, respektive spotřebě kyslíku při zatížení, těsný vztah a je možné je poměrně snadno sledovat. Kupříkladu vzestup srdeční frekvence při zatížení vykazuje těsnou závislost na spotřebě kyslíku.

Na základě této informace bylo rozhodnuto, jakými způsoby se postupovalo při zjišťování hodnot energetického výdeje v této studii.

2.4 Měření energetického výdeje

Kalorimetrie neboli energometrie slouží k stanovení energetické potřeby. Dělíme ji na přímou (direktivní), která pracuje se spotřebou kyslíku a teplem, jež je vydáváno živým organismem do okolí, a nepřímou (indirektivní), která využívá hodnot spotřeby kyslíku ke stanovení energetického výdeje. (Zadák, 2008)

Přímá (direktivní) kalorimetrie

Je měřena spotřeba kyslíku (VO_2) a zároveň i výdej tepla organismem. Měření jsou finančně a materiálně náročná a provádějí se v kalorimetrických komorách. (Heller a Vodička, 2011)

Nepřímá (indirektivní) kalorimetrie či energometrie

Stanovuje množství vydané energie při tělesné zátěži na základě zjišťování spotřeby kyslíku (VO_2). (Heller a Vodička, 2011)

Nepřímou kalorimetrii podle autorů Hellera a Vodičky (2011) dělíme na:

- a) Uzavřený systém – bez spojení s venkovní atmosférou;
- b) Otevřený systém – jedinec vdechuje atmosférický vzduch, spotřeba kyslíku (VO_2) se analyzuje na základě vydechovaného vzduchu.

2.4.1 Metody měření energetického výdeje

Jednodušší metody využívají funkčních parametrů, které mají těsný vztah k spotřebě kyslíku $\dot{V}O_2$ – jedná se o výpočet výdeje energie na základě srdeční frekvence SF či ventilace V pomocí energetického ekvivalentu pro kyslík EE_{O_2} . (Heller a Vodička, 2011)

Vzorec pro výpočet energetického výdeje využívající těsnou závislost SF a $\dot{V}O_2$ podle autorů Hellera a Vodičky (2011):

$$EV [kJ] = \dot{V}O_2 [l \cdot min^{-1}] \times EE_{O_2} [kJ \cdot l^{-1} \cdot min^{-1}] \times t [min]$$

EV *energetický výdej*

$\dot{V}O_2$ *minutová spotřeba kyslíku*

EE_{O₂} *energetický ekvivalent kyslíku*

t *doba trvání činnosti*

Další metody pro výpočet energetického výdeje jsou tabulkové či dotazníkové, které jsou založeny na průměrných hodnotách zvýšení metabolismu (% náležitého metabolismu) u dané činnosti. (Heller a Vodička, 2011)

Jak je možno vidět, vzorec pro výpočet energetického výdeje využívající těsnou závislost SF a $\dot{V}O_2$ podle autorů Hellera a Vodičky (2011), pracuje s hodnotami, které velmi úzce souvisí s kardiovaskulárním a dýchacím systémem. Z toho důvodu byly další poznatky k této práci studovány z literatury týkající se anatomie a fyziologie výše zmíněných systémů, a to především z Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech (Rokyta a kol., 2000), Fyziologie člověka a tělesných cvičení. *Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. (Bartůňková, 2010) a Fyziologie tělesné zátěže I. *Obecná část*. (Havlíčková a kol., 2008). Ze zahraniční literatury bylo v této oblasti citováno z Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance - 5th edition (McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2006).

2.5 Kardiovaskulární systém

„Předpokladem pro svalovou práci, s výjimkou velmi krátkého výkonu, je zajištění přísunu kyslíku a živin do činných svalů, stejně jako odsun katabolitů.“ (Havlíčková a kol., 2008, s. 19)

Podle Havlíčkové a kol. (2008) patří mezi hlavní ukazatele srdeční činnosti:

- a) srdeční frekvence (SF);
- b) systolický objem srdeční (Q_s);
- c) minutový objem srdeční (Q).

A tyto ukazatele jsou ve vzájemném vztahu:

$$Q [ml \cdot min^{-1}] = SF [tepy \cdot min^{-1}] \times Q_s [ml]$$

2.5.1 Srdeční frekvence (SF)

Řízení srdeční frekvence je podle Trojana a kol. (2003) téměř výlučně nervové. Autor vychází z faktu, že sino-atriální uzlík, který je za normálních podmínek za srdeční frekvenci zodpovědný, je pod neustálým tonickým vlivem autonomního nervového systému.

Zvýšení tonu sympatiku působí pozitivně chronotropně (zrychlí SF), zvýšení tonu parasympatiku působí naopak negativně chronotropně (zpomalí SF). U zdravého jedince převažuje v klidových podmínkách vliv parasympatiku. (Trojan a kol., 2003)

Srdeční frekvence může být také ovlivněna změnou tlaku krve, jehož vliv na SF je zprostředkován baroreceptorovými reflexy. Pokud dojde k zaznamenání zvýšení tlaku krve baroreceptory v oblouku aorty a v karotických sinech, nastane tlumení sympatiku a jedním z důsledků je i snížení srdeční frekvence. (Trojan a kol., 2003)

Ke zvýšení srdeční frekvence dochází také v důsledku zvýšení intravaskulární tekutiny, tento reflex se nazývá Bainbridgeův reflex. (Štejfa, 2007)

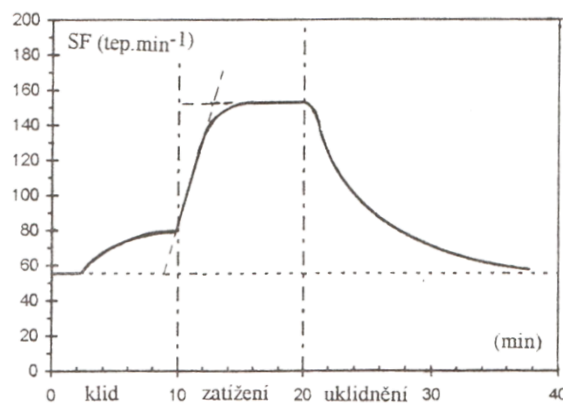
Dynamiku změn srdeční frekvence lze sledovat před, v průběhu i po fyzické zátěži (viz Obrázek 2) a na tomto základě hodnotíme 3 fáze:

- 1) Fáze úvodní – dochází ke zvýšení SF před samotným výkonem vlivem podmíněných reflexů a emocí. Tyto změny spolu s dalšími vyvolávají komplex změn, které se nazývají startovní či předstartovní stavy. U netrénovaných osob jsou vyvolány spíše emocemi. U osob trénovaných jsou tyto změny vyvolány více podmíněnými reflexy. (Havlíčková a kol., 2008)

- 2) Fáze průvodní – pokračování změn při vlastním výkonu. V části iniciální stoupá zprvu SF rychleji, poté se zpomaluje, až dojde k ustálení na hodnotách odpovídajících podávanému výkonu - část homeostatická. V této fázi se kromě podmíněných reflexů majících vztah ke svalové činnosti uplatňují také reflexy nepodmíněné, které vycházejí ze svalových proprioreceptorů, z volných nervových zakončení v extracelulární tekutině a z cévních baroreceptorů. Na změnách SF se dále podílejí i faktory, jako je hormonální a látková změna v krvi a tělesná teplota. (Havlíčková a kol., 2008)
- 3) Fáze následná – v této fázi dochází k návratu SF k výchozím hodnotám. Křivka návratu je nejdříve strmá a později pozvolnější. Rychlost návratu závisí na převaze dané části autonomního nervového systému. U vagotoniků dochází k návratu ke klidovým hodnotám SF rychleji. Během této fáze se uplatňují nepodmíněné reflexy, různé vlivy látkové, které vycházejí ze svalů a signalizují potřebu rychlého odplavení katabolitů a doplnění zásob energie. (Havlíčková a kol., 2008)

Obrázek 2

Změny srdeční frekvence před, při a po zatížení (Havlíčková a kol., 2008)



2.5.2 Měření srdeční frekvence

Při měření srdeční frekvence se setkáváme s pojmem tepová frekvence (TF).

Tepová frekvence udává počet tepů srdce za minutu a je měřitelná na několika místech na těle, mezi nejznámější patří arteria radialis a arteria carotis. (Hoeger a Hoeger, 2008)

„Odpovídá srdečnímu tepovému objemu, vypuzenému do arteriálního řečiště. Závisí na objemu krve, tlaku, rychlosti proudu. Pulsová vlna je rychlejší než rychlost krevního proudu, je hmatná na periférii.“ (Bartůňková, 2010, s. 58)

Dále Bartůňková (2010) tvrdí, že tepová frekvence u zdravého člověka odpovídá jeho srdeční frekvenci (v klidu $70 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$).

Srdeční frekvenci lze měřit pomocí elektrokardiografie, která je založená na snímání elektrických potenciálů z myokardu. (Bartůňková, 2010)

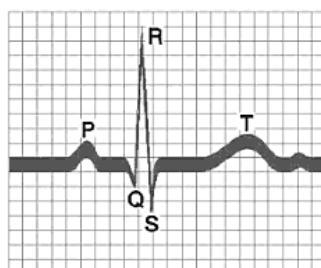
Ve sportovní praxi a terénních měřeních se využívá především různých modifikací EKG registrace. Nejznámější a nejčastěji využívaný je v praxi sporttester. (Bartůňková, 2010)

Sporttester

Jedná se o telemetrickou metodu registrující srdeční cykly pomocí R vln (viz Obrázek 3). Slouží ke stanovení změn SF či posouzení úrovně tréninkového zatížení. Skládá se z hrudního pásu, který obsahuje elektrody a hodinek s digitálním záznamem SF. (Bartůňková, 2010)

Obrázek 3

Elektrokardiogram (Douglas, 2007)



Tepovou frekvenci můžeme získat z veličin, které vznikají při aktivitě srdce. A jedná se o následující veličiny - akustický signál, změny tlaku krve v oběhovém systému, změny objemu tkáně jako důsledek změn objemu v oběhovém systému, změny impedance tkáně související se změnou množství krve v daném úseku tkáně a změny rychlosti proudění krve (důsledek změn tlaku krve v oběhovém systému). (Chmelař, 1995)

2.5.3 Systolický objem srdeční (Q_s)

Systolický objem srdeční (Q_s) bývá také označován jako tepový objem (SV) a jedná se o objem krve, který je vypuzen do periferie v průběhu jedné systoly. V klidu je jeho hodnota 60 – 80 ml. Na konci systoly zůstává v srdci 50 ml krve. (Bartůňková, 2010)

V průběhu výkonu Q_s stoupá na hodnoty 120 – 150 ml, nejdříve je vzestup rychlý, později je pomalejší a maxima dosahuje při SF okolo 110 – 120 tepů.min⁻¹. Do maximálního zatížení už pak zůstává konstantní. Vyšší SF než 190 tepů.min⁻¹ není ekonomická a hodnota systolického objemu se může snižovat. (Havlíčková a kol. 2008)

Hodnota Q_s při výkonu je závislá na rozměrech srdce, kontraktilitě myokardu, plnění dutin a periferní rezistenci. (Havlíčková a kol., 2008)

2.5.4 Minutový objem srdeční (Q)

Jedná se o množství krve, které jedna komora přečerpá za minutu. (Trojan a kol., 2003)

„Představuje důležitý parametr srdeční práce a odpovídá 5 l.min⁻¹. Je násobkem srdeční frekvence a systolického objemu srdečního.“ (Bartůňková, 2010, str. 52)

$$Q [ml.min^{-1}] = SF [tepy.min^{-1}] \times Q_s [ml]$$

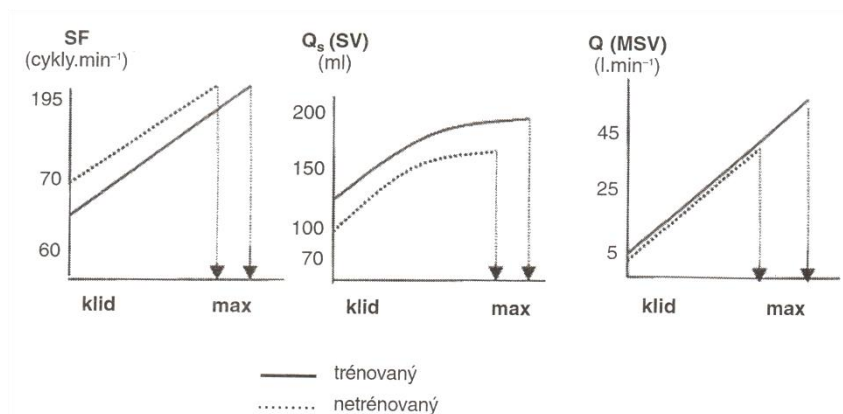
Trojan a kolektiv (2003) ve svém díle uvádí, že zdravé srdce má schopnost měnit množství přečerpané krve v poměrně velkém rozsahu. Q se může v případě potřeby zvýšit více než 5x oproti klidové hodnotě až na hodnoty 20 – 25 l.min⁻¹. Při jednom stahu komora v klidu vypudí přibližně 70 ml a SF v klidu je zhruba 70 – 80 tepů.min⁻¹, což dává klidovou hodnotu 5 l.min⁻¹.

Hodnota Q se zvyšuje s intenzitou zatížení a citlivě reaguje na zvyšující se požadavky kyslíkové potřeby. Pokud však stoupne SF nad kritickou hodnotu, minutový objem srdeční už nestoupá a může se i snížit. Vztah mezi Q a VO_2 je lineární. (Havlíčková a kol., 2008)

Při zatížení kardiovaskulárního systému dochází především ke zvýšení hodnot srdeční frekvence, systolického objemu srdečního a zároveň minutového objemu srdečního (viz Obrázek 4). (Havlíčková a kol., 2008)

Obrázek 4

Změny oběhových parametrů při fyzické zátěži u trénovaných a netrénovaných osob (Bartůňková, 2010)



2.6 Fyziologie dýchání

„Živé organismy potřebují energii k zajišťování aktivního transportu látek přes membrány, k pohybu, pro syntézu vlastních látek a k produkci tepla. Tuto energii většinou získávají oxidací cukrů, tuků a aminokyselin, ve kterých je konzervována sluneční energie, Chemická energie se z těchto živin uvolňuje sériemi reakcí, při kterých se spotřebovává kyslík a vzniká oxid uhličitý, kyslík je přijímán z okolí a oxid uhličitý se do okolí uvolňuje.“ (Trojan a kol., 2003, str. 295)

Transport dýchacích plynů je u člověka zajišťován dýchacím a oběhovým systémem. Tyto systémy zajišťují přenos kyslíku z okolní atmosféry k buňkám, ve kterých je kyslík využíván k oxidaci živin a uvolnění energie, přičemž vzniká oxid uhličitý. Ten je z tkání odváděn do ovzduší opět oběhovým a dýchacím systémem. (Trojan a kol., 2003)

Podle Bartůňkové (2010) rozlišujeme dýchání:

- Vnější (ventilace) – výměna vzduchu mezi plicemi a zevním prostředím;
- Vnitřní (respirace) – výměna plynů mezi plicemi, krví a tkáněmi (buňkami).

2.6.1 Ventilační parametry

„Ventilace plic zajišťuje výměnu vzduchu mezi okolní atmosférou a alveoly. Tuto výměnu umožňuje proudění vzduchu v dýchacích cestách ve směru tlakových gradientů.“ (Trojan a kol., 2003, s. 295)

Bartůňková (2010) ve své práci rozlišuje následující ventilační parametry:

- a) Dechová frekvence (DF) – střídání expirace s inspirací, klidová hodnota 14 – 16 dechů.min⁻¹.
- b) Dechový objem (VT) – množství vzduchu vydechnutého jedním dechem. V klidu činí 0,5 l.
- c) Minutová ventilace (V_E) – množství vzduchu vydýchaného za jednu minutu. Klidová hodnota je přibližně 8,0 l.min⁻¹.

Vzorec pro určení minutové ventilace:

$$V_E [l.min^{-1}] = V_T [l] \times DF [dechů.min^{-1}]$$

- d) Vitální kapacita (VC) – množství vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu. Jedná se o součet dechového, inspiračního a expiračního rezervního objemu.
- e) Ventilační ekvivalent kyslíku (VE_{O₂}) – vyjadřuje poměr mezi ventilací a spotřebou kyslíku. Tento parametr vyjadřuje ekonomiku dýchání, ukazuje, jaká musí být ventilace, aby se získal 1 l O₂. (Bartůňková, 2010)

Vzorec:

$$VE_{O_2} [l] = VE [l.min^{-1}] \times VO_2 [ml.min^{-1}]$$

2.6.2 Minutová spotřeba kyslíku (VO₂)

Jedná se o množství kyslíku, které je dopravováno do tkání a lze jej vyjádřit za pomoci Fickovy rovnice, kdy hodnotu minutového srdečního výdeje, který je dán hodnotou srdeční frekvence a systolického objemu, vynásobíme hodnotou arterio-venózní difference kyslíku. (Štejfa, 2007)

Fickova rovnice:

$$\dot{V}O_2 [ml.min^{-1}] = Q [ml] \times a - v \text{ dif. } O_2$$

Autor Štejfa (2007) dále uvádí, že k zajištění klidové energetické potřeby, která činí $1,3 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$, je třeba přibližně 250 ml kyslíku, neboť 1 l O_2 uvolní průměrně $5 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$. Při maximální zátěži, kdy energetická potřeba stoupá na $10 - 25 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ se spotřeba kyslíku pohybuje mezi 2 – 5 l. Organismus tak musí být schopen zvládnout široké rozpětí požadavků na kyslík od 250 ml v klidu až po hodnoty dvacetinásobně vyšší při maximálním zatížení.

Častěji se však setkáváme s termínem maximální spotřeba kyslíku ($\text{VO}_{2\text{max}}$).

Maximální spotřeba kyslíku ($\text{VO}_{2\text{max}}$)

Je to maximální možné množství kyslíku, které může být dopraveno do tkání v průběhu dynamické zátěže a které se i přes pokračující zátěž dále nezvyšuje. (Štejfa, 2007)

Havličková a kol. (2008) doplňují, že se jedná o schopnost organismu zužitkovat co možná nejvyšší množství kyslíku, aby došlo k zajištění vysokého stupně oxidativních pochodů (vytrvalostní výkon).

Naproti tomu jsou tyto dva autoři v rozporu ohledně termínu maximální aerobní kapacity, kdy jí Štejfa (2007) vyjadřuje maximální spotřebou kyslíku, kdežto Havličková a kol. (2008) pomocí maximální spotřeby kyslíku vyjadřují maximální aerobní výkon a o aerobní kapacitě tvrdí, že je nepřímo charakterizovaná časem, po který je jedinec schopen udržet co nejvyšší hodnotu $\dot{V}\text{O}_2$.

Maximální spotřeba kyslíku ($\text{VO}_{2\text{max}}$) lze vyjádřit dvěma způsoby:

- 1) Absolutně – v litrech za minutu ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$);
- 2) Relativně – v mililitrech za minutu na jeden kilogram ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Průměrné hodnoty $\text{VO}_{2\text{max}}$ dospělé populace v 18 letech jsou $46,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ u mužů a $37 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ u žen. $\text{VO}_{2\text{max}}$ postupně s věkem klesá. (Havličková a kol., 2008)

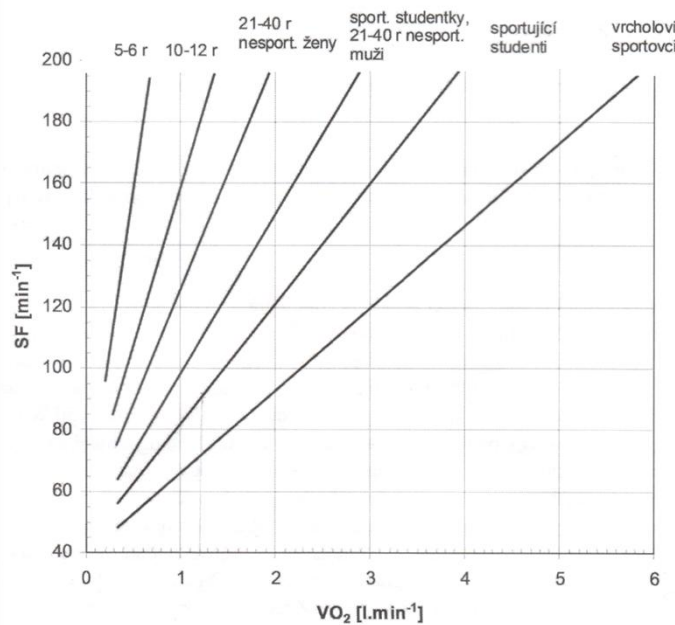
Mezi hlavní faktory, které $\text{VO}_{2\text{max}}$ ovlivňují, patří věk, pohlaví a fyzická kondice. (Štejfa, 2007)

Maximální spotřeba kyslíku může být dále limitována ventilací, alveolokapilární difuzí, transportem oběhového systému, tkáňovou difuzí a buněčnými oxidacemi. (Havlíčková a kol., 2008)

„Hodnota srdeční frekvence (SF) je při submaximálním zatížení v setrvalém stavu přímo úměrná intenzitě tohoto zatížení i spotřebě kyslíku (VO_2).“ (Heller a Vodička, 2011, str. 13)

Obrázek 5

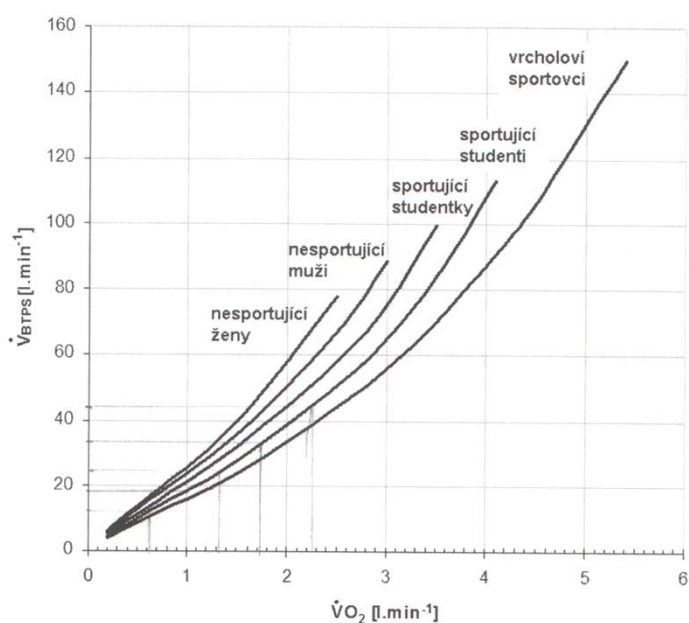
Vzájemná lineární závislost spotřeby kyslíku (VO_2) a srdeční frekvence (SF) při zatížení u různých skupin populace (Heller a Vodička, 2011)



Podle autorů Hellera a Vodičky (2011) je také možné stanovit hodnoty spotřeby kyslíku při zatížení i z hodnot minutové ventilace, korigované faktorem BTPS, kdy závislost minutové ventilace na spotřebě kyslíku odpovídá exponenciální funkci (viz Obrázek 6).

Obrázek 6

Vzájemná závislost spotřeby kyslíku ($\dot{V}O_2$) a minutové ventilace (\dot{V}_{BTPS}) při zatížení u různých skupin populace (Heller a Vodička, 2011)



2.6.3 Kyslíkový deficit a kyslíkový dluh

Kyslíkový deficit

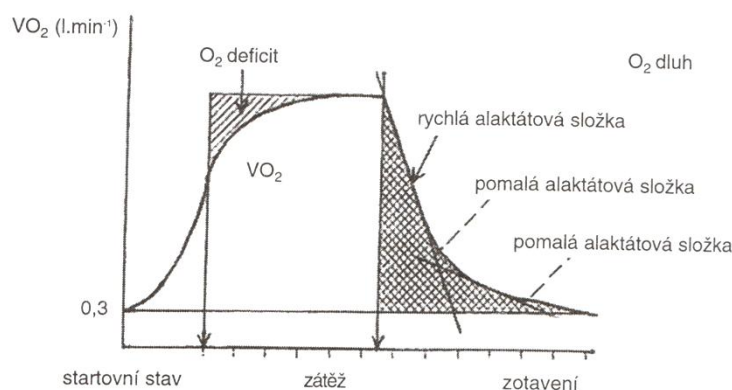
Vyjadřuje rozdíl mezi potřebou a spotřebou kyslíku na začátku anaerobně prováděné práce. (Bartůňková, 2010)

Kyslíkový dluh

Označuje nadspotřebu kyslíku, která je splácena většinou až po skončení práce prováděné s podílem anaerobního metabolismu. Má části – rychlou laktátovou (resyntéza ATP, CP), pomalou laktátovou (odbourávání laktátu) a pomalou laktátovou (návrat ostatních parametrů k výchozím hodnotám). Kyslíkový dluh je větší než kyslíkový deficit (o zásoby kyslíku) a může být splácen již v průběhu práce. U nesportujících jsou maximální hodnoty kyslíkového dluhu 5 – 7 l, u sportovců však mohou tyto hodnoty dosahovat až 15 – 18 l. (Bartůňková, 2010)

Obrázek 7

Kyslíkový deficit a dluh (Bartůňková, 2010)



2.6.4 Energetický ekvivalent kyslíku (EE_{O₂})

Energetický ekvivalent kyslíku (EE_{O₂}) odpovídá energetickému výdeji, který vznikne při spotřebě 1 litru kyslíku. Jeho hodnota se mění podle intenzity zatížení a druhu metabolizovaných živin. (Heller a Vodička, 2011)

Energie, která se uvolní při spotřebě 1 l kyslíku, je u různých živin různá. Pro sacharidy je to 21,1 kJ, pro lipidy 19 kJ a pro proteiny něco málo přes 18 kJ. Tato čísla jsou však jakýmsi idealizovaným průměrem, protože vzhledem k variabilitě proteinů a lipidů se mohou lišit. Při smíšené stravě (50 – 60 % sacharidů, 15 – 20 % proteinů a zbytek lipidů) je energetický ekvivalent 20,1 kJ (4,82 kcal). (Trojan a kol., 2010)

Tabulka 3 - Hodnoty energetického ekvivalentu pro kyslík v závislosti na hodnotách srdeční frekvence (Heller a Vodička, 2011)

EE _{O₂} [kJ]	Přibližná úroveň intenzity zatížení dle SF [tepů.min ⁻¹]
19,8	90 a méně
20,1	91 až 110
20,3	111 až 140
20,6	141 až 160
20,9	161 až 180
21,1	181 a více

3 Cíle a úkoly

3.1 Cíle

- Porovnání srdeční frekvence při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.
- Zjištění energetického výdeje u výše zmíněných činností.

3.2 Úkoly

- Studium literatury k danému tématu.
- Zvolení vhodného terénu pro běh a zrychlený přesun.
- Pilotní měření pro zvolení stejné konstantní rychlosti pro běh a zrychlený přesun.
- Zajištění a provedení spiroergometrického vyšetření.
- Provedení měření srdeční frekvence při rychlostech $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ při běhu na 5 km a při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.
- Zpracování a vyhodnocení výsledků.

3.3 Výzkumná otázka

- Jaký je energetický výdej u jednotlivých probandů při běhu na 5km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží při průměrné rychlosti stanovené na $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$?

4 Metodika výzkumu

Metody výzkumu byly nastudovány v díle Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace (Hendl, 2005) a ke statistickému zpracování dat byl vybrán Přehled statistických metod zpracování dat (Hendl, 2004).

4.1 Výzkumné metody

- a) Popisná analýza – využita při sběru informací o dané problematice vycházejících z poznatků získaných studiem literatury.
- b) Měření – proběhla 3 měření. Z toho první měření v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI. Jednalo se o spiroergometrický test na běžeckém pásu. Zbýlá dvě měření proběhla v terénu za pomoci sporttesteru Garmin Forerunner 310 XT.
- c) Intrapersonální komparativní metoda – využita při porovnání srdeční frekvence a energetického výdeje u běhu a zrychleného přesunu se zátěží.

K výpočtu průměrných hodnot srdeční frekvence, maximální srdeční frekvence a energetického výdeje bylo využito směrodatné odchylky.

„Směrodatná odchylka je odmocnina z rozptylu a vrací míru rozptýlenosti do měřítka původních dat.“ (Hendl, 2004)

Obecný vzorec:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

4.2 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládal z 9 probandů, posluchačů prezenčního studia Vojenského oboru při FTVS UK Praha. Věkové rozmezí se pohybovalo od 20 do 26 let. Jednalo se většinou o probandy, kteří v dřívější době provozovali závodně různá sportovní odvětví a v dnešní době se věnují rozvoji své fyzické kondice pomocí kondičního běhu či posilování (viz Příloha 22)

Probandi byli vybíráni cíleně. Mezi vybrané probandy mohli být zařazeni pouze studenti, kteří dosáhli při výročním fyzickém přezkoušení AČR na hodnocení 1 ve vytrvalostním testu (tj. ve vytrvalostním testu Běhu na 12 minut uběhli nejméně 3000 m). Důvodem tohoto cíleného výběru bylo zvládnutí terénních měření všemi probandy.

4.3 Metoda získání dat

Sběr dat probíhal ve třech částech:

- 1) Spiroergometrický test na běžeckém pásu pro získání hodnot $\dot{V}O_2$ a jejich těsné závislosti na SF;
- 2) Terénní měření SF při běhu na 5 km v běžeckém oblečení;
- 3) Terénní měření SF při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.

1) Spiroergometrický test na běžeckém pásu probíhal v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI. Tento test sloužil k zjištění minutové spotřeby kyslíku u jednotlivých probandů a její těsné závislosti na srdeční frekvenci. Minutová spotřeba kyslíku byla zjišťována spiroergometrem a současně byla snímána srdeční frekvence pomocí sporttesteru. Vzájemná závislost $\dot{V}O_2$ a SF byla vypočítána pomocí lineární regrese v programu Microsoft Office Excel 2007.

Spiroergometrický test se skládal z 3 minut rozběhání na běžeckém pásu rychlostí $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pro zapracování organismu. Následovala minutová pauza a poté byl zahájen samotný test pro zjištění vzájemné závislosti $\dot{V}O_2$ a SF. Test na běžeckém pásu trval 10 minut a byl stupňovitého charakteru, začínal rychlostí $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, každou minutu se rychlost zvyšovala o $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a test končil na rychlosti $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Sklon běžeckého pásu byl nastaven na 2 %. Tento spiroergometrický test na běžeckém pásu byl zvolen po konzultaci s pracovníky CASRI.

2) Během terénního měření SF při běhu na 5 km v běžeckém oblečení byla snímána u probandů SF pomocí sporttesteru Garmin Forerunner 310 XT, který také sloužil k udržování rychlosti $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. SF byla snímána po celých 5 km a každých 500 m byly analyzovány průměrné hodnoty SF a maximální SF.

3) Sběr dat u terénního měření SF při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží probíhal stejným způsobem jako sběr dat u terénního měření SF při běhu na 5 km v běžeckém oblečení.

4.4 Organizace výzkumu

Ve dnech 1. a 2. 9. 2012 proběhlo pilotní měření v Šenově u Nového Jičína, na jehož základě byla stanovena rychlost pro běh na 5 km a zrychlený přesun na 5 km s 10 kg zátěží. Pilotní měření proběhlo v obou případech při rychlosti $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na trati o délce 5 km. Pro samotný výzkum pak byla pro jistotu zvolena rychlost o $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nižší, to jest $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, aby došlo ke zvládnutí měření všemi probandy. Trať pro pilotní měření byla vybrána tak, aby se svým profilem co nejvíce podobala trati, na které potom probíhala samotná měření s probandy v Praze.

1. 10. 2012 proběhla kontrola a proběhnutí vytypované trati v Praze s předběžným vytyčením trasy. Tato trať musela splňovat požadavky na co největší možné odstínění kvůli měření pomocí sporttesteru Garmin Forerunner 310 XT, aby docházelo k co nejmenšímu zkreslení dat.

16. 10. 2012 proběhlo osobní jednání s panem Mgr. Davidem Gerychem na CASRI, kde došlo k domluvě a volbě spiroergometrického testu na běžeckém pásu v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI. Testování bylo domluveno kvůli většímu počtu probandů na 2 dny.

Ve dnech 25. a 26. 10. 2012 proběhlo laboratorní vyšetření pomocí spiroergometrického testu, na jehož základě byla stanovena těsná závislost $\dot{V}O_2$ a SF. První den byli vyšetřeni 4 probandi, druhý den bylo vyšetřeno zbývajících 5 probandů.

Samotné terénní měření poté muselo proběhnout do 14 dnů, aby nedocházelo k výrazným změnám u zjištěných funkčních parametrů.

Dne 5. 11. 2012 proběhla opětovná kontrola trati a vytyčení její vzdálenosti.

Dne 6. 11. 2012 se konalo první terénní měření, a to běh na 5 km ve sportovním oblečení rychlostí $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Probandi byli kvůli velkému počtu rozděleni do dvou skupin po 4 a 5 členech. Probandům v první skupině byly rozdány nastavené a zkontrolované sporttestery a byla jim vysvětlena manipulace s nimi. Po prvním měření byly sporttestery vysbírány, data z nich stažena do PC a byly přenastaveny pro probandy druhé skupiny. Probandům druhé skupiny poté byly rozdány nastavené a zkontrolované sporttestery a byla jim vysvětlena manipulace s nimi. Druhá skupina začala měření 30 min po první skupině. Po měření byly sporttestery opět sesbírány a data z nich byla stažena do PC.

Další den 7. 11. 2012 proběhlo druhé terénní měření, a to zrychlený přesun na 5 km s 10 kg zátěží ve vojenské obuvi a polním stejnokroji vz. 95. Probandi byli rozděleni do stejných skupin jako během prvního terénního měření a měření probíhala stejným způsobem s následným stažením dat do PC.

4.5 Analýza dat

Ke zpracování dat bylo využito programu Microsoft Office Excel 2007 a služby Garmin Connect.

Nejprve bylo třeba zjistit vzájemnou závislost mezi minutovou spotřebou kyslíku a srdeční frekvencí u jednotlivých probandů. Tato závislost byla zjištěna pomocí lineární regrese ve výše zmíněném programu Microsoft Office.

Průměrná SF a maximální SF v jednotlivých úsecích běhu a zrychleného přesunu byla získána díky službě Garmin Connect.

Ke statistickému zpracování dat byl využit program Microsoft Office 2007.

K následným výpočtům a zjištění energetického výdeje bylo využito energetického ekvivalentu kyslíku (EE_{O_2}), který se měnil podle hodnot SF v rozmezí 20,3 – 21,1 kJ. Stěžejním vzorcem pro výpočet energetického výdeje pak byl vzorec, který ve svém díle uvádějí autoři Heller a Vodička (2011):

$$EV [kJ] = \dot{V}O_2 [l \cdot min^{-1}] \times EE_{O_2} [kJ \cdot l^{-1} \cdot min^{-1}] \times t [min]$$

EV *energetický výdej*

$\dot{V}O_2$ *minutová spotřeba kyslíku*

EE_{O_2} *energetický ekvivalent kyslíku*

t *doba trvání činnosti*

4.6 Rozsah platnosti

4.6.1 Vymezení studie

Výsledky studie budou platit pouze pro studenty VO při FTVS UK Praha, kteří dosahují hodnocení 1 ve vytrvalostním testu Běh na 12 minut při fyzickém přezkoušení.

4.6.2 Omezení studie

- Relativně malý počet probandů.
- Vysoké náklady spojené s měřením sledovaných hodnot a zajištěním měřicí techniky.
- Nedostupnost vhodnější měřicí techniky pro měření v terénních podmínkách.

5 Výsledky

Výsledky měření jsou zde prezentovány ve 3 částech:

- 1) výsledky spiroergometrického vyšetření na běžeckém pásu;
- 2) SF naměřená v průběhu běhu na 5 km a zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží;
- 3) zjištěné hodnoty energetického výdeje dle přepočtu podle Hellera a Vodičky (2011) v průběhu běhu na 5 km a zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.

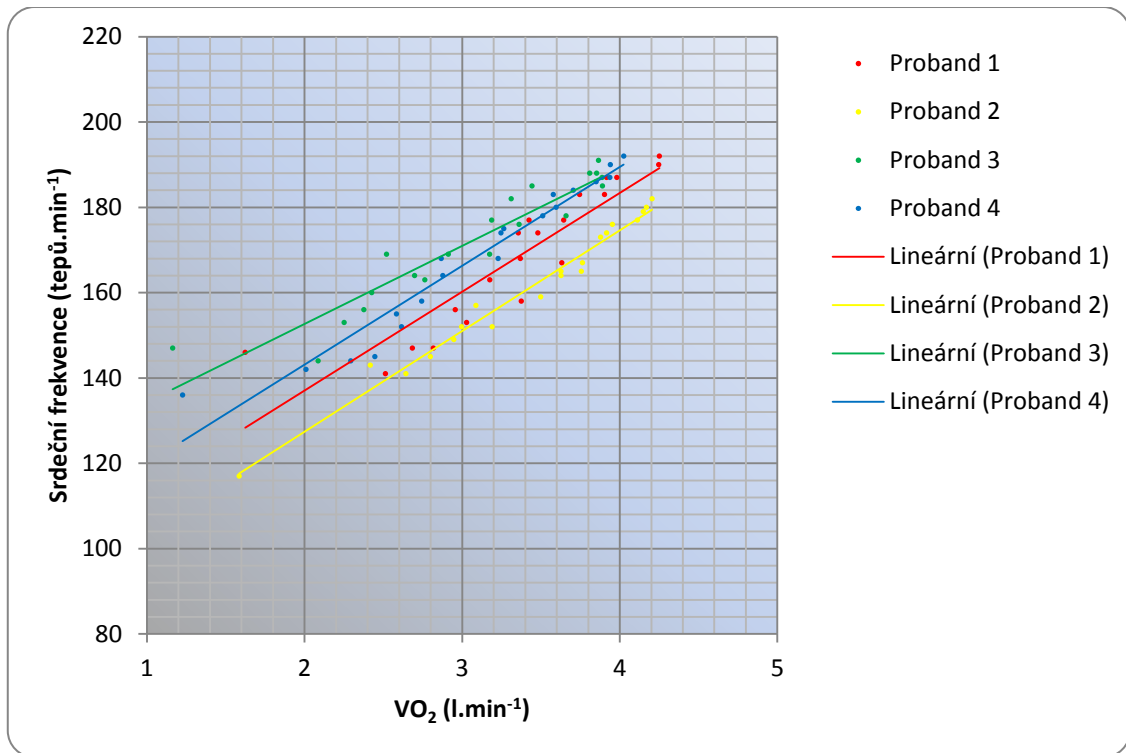
5.1 Výsledky spiroergometrického vyšetření

Spiroergometrie probíhala kvůli většímu počtu probandů ve 2 dnech. Vyšetření první skupiny, která čítala 4 probandy, se konalo 12 dní před první terénním měřením. Laboratorní vyšetření u druhé skupiny čítající 5 probandů proběhlo 11 dní před samotným terénním měřením. Spiroergometrický test probíhal na běžeckém pásu v CASRI (viz Obrázek 8).

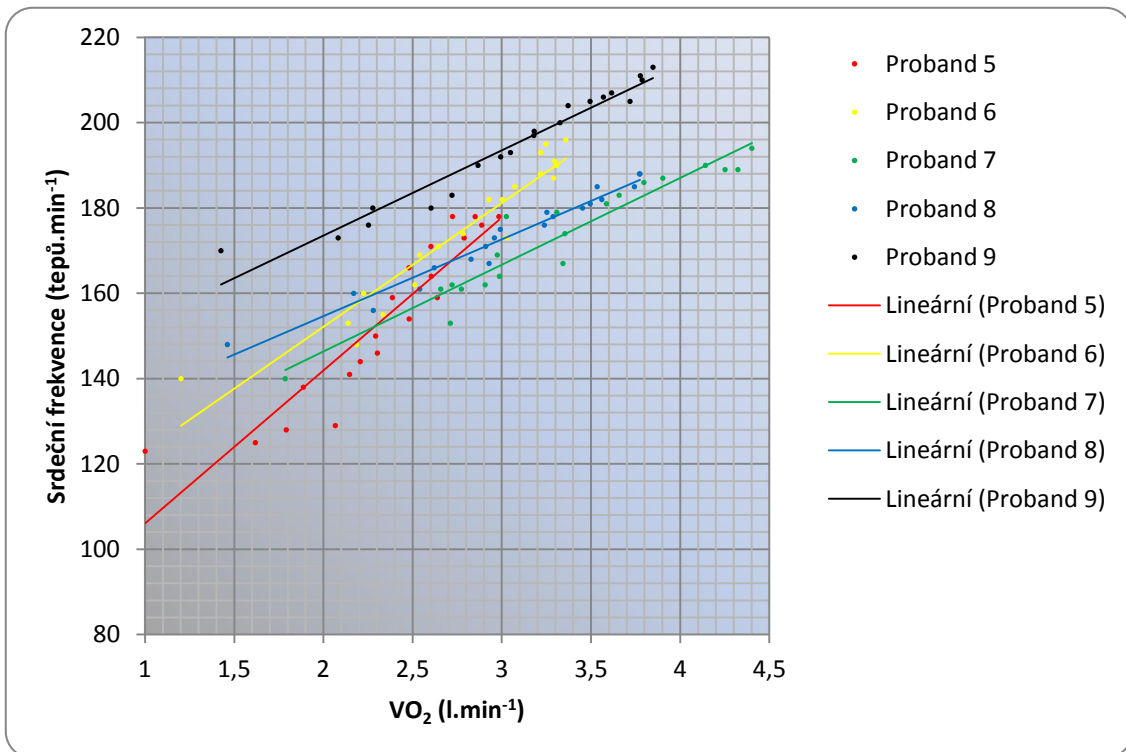
Cílem tohoto testu nebylo dostat probandy do vita maxima a zjistit tak jejich $\dot{V}O_{2max}$, ale zjistit vzájemnou závislost $\dot{V}O_2$ a SF pomocí stupňovitého spiroergometrického testu na běžeckém pásu, přičemž se zatížení v průběhu testu mělo podobat zatížení, které následovalo v terénních měřeních.

Závislost $\dot{V}O_2$ a SF u jednotlivých probandů byla zjištěna za pomoci lineární regrese a je znázorněna v následujících Grafech 1 a 2 ve skupinách a pořadí, jak byli jednotliví probandi testováni.

Graf 1 - Vzájemná závislost $\dot{V}O_2$ a SF u 4 probandů v první testované skupině zjištěná během spiroergometrického vyšetření na běžecím pásu



Graf 2 - Vzájemná závislost $\dot{V}O_2$ a SF u 5 probandů v druhé testované skupině zjištěná během spiroergometrického vyšetření na běžecím pásu



Obrázek 8

Jeden z probandů v průběhu spiroergometrického vyšetření na běžecím pásu (zdroj: archiv)

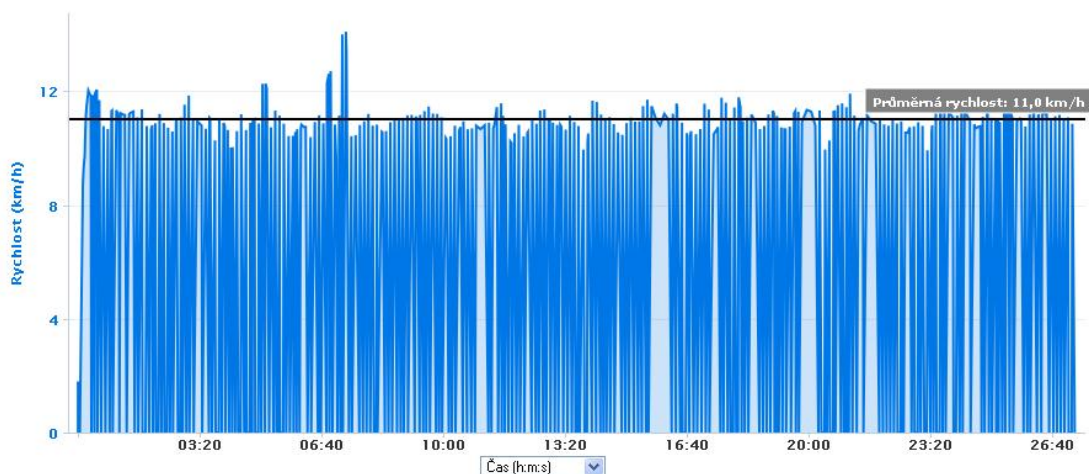


5.2 Běh na 5 km a zrychlený přesun na 5 km s 10 kg zátěží

Běh a zrychlený přesun se konaly ve dnech 6. a 7. 11. 2012 v Praze – Ruzyni. Obě výše uvedená terénní měření probíhala při průměrné rychlosti $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (viz. Obrázek 9).

Obrázek 9

Ukázka průměrné rychlosti při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)

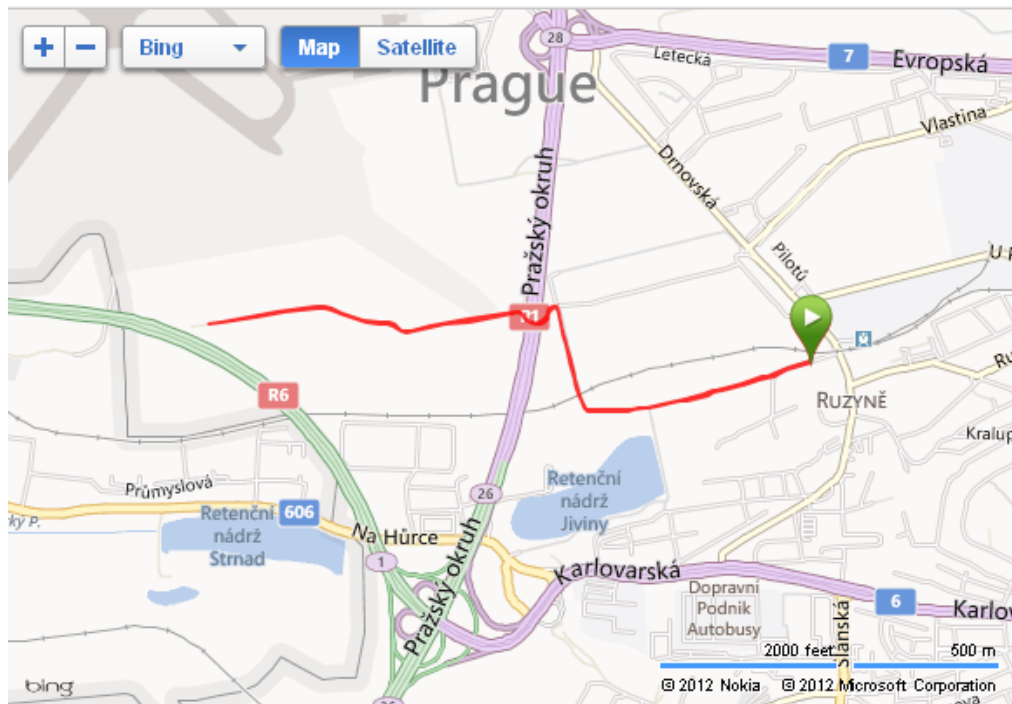


5.2.1 Trasa

Trasa, na které probíhalo terénní měření běhu na 5 km a zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (viz Obrázek 10), byla mírně zvlněná a její převýšení činilo 40 m (viz Obrázek 11). První polovina trati vedla mírně do kopce, druhá polovina naopak.

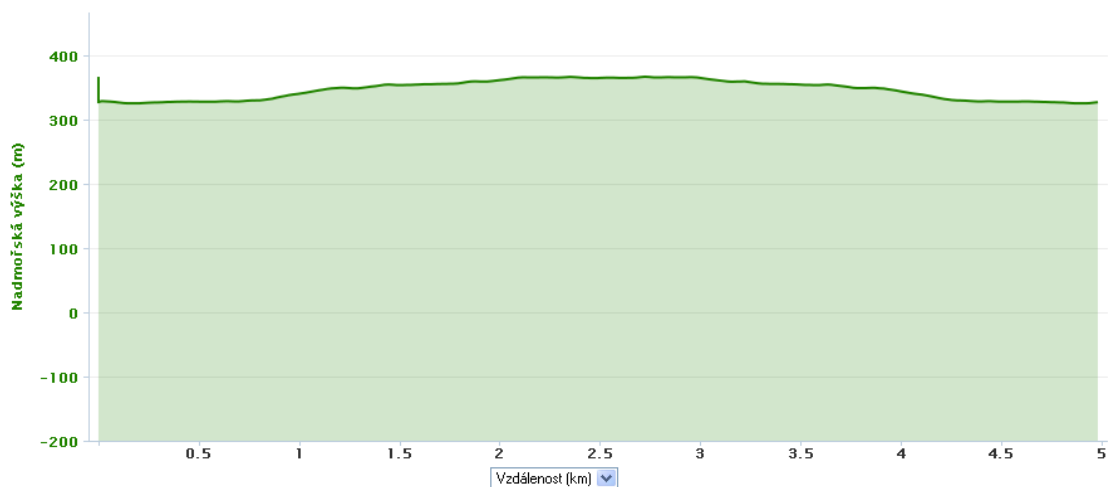
Obrázek 10

Trasa přesunu pro běh a zrychlený přesun (zdroj: služba Garmin Connect)



Obrázek 11

Převýšení během terénních měření (zdroj: služba Garmin Connect)



5.2.2 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky, v nichž byla prováděna jednotlivá terénní měření, jsou uvedeny v Tabulce 4. Terénní měření byla volena ve dvou po sobě následujících dnech z důvodu zachování co nejidentičtějších podmínek pro obě měření.

Tabulka 4 - Klimatické podmínky během měření v terénu

Datum	Teplota	Tlak	Rychlost větru	Směr větru
6. 11. 2012	7 °C	1016 hPa	6 m.s ⁻¹	západní - severozápadní
7. 11. 2012	8 °C	1022 hPa	8 m.s ⁻¹	západní - severozápadní

5.2.3 Výsledky běhu na 5 km ve sportovním oblečení

Průměrné hodnoty srdeční frekvence se u probandů pohybovaly v rozmezí od 135 do 173 tepů.min⁻¹, což činí rozdíl 38 tepů.min⁻¹. U probandů 1, 2, 3, 5 a 7 byla naměřena průměrná SF menší než 144 tepů.min⁻¹, u probandů 4, 6 a 8 se průměrná SF pohybovala v rozmezí 152 – 154 tepů.min⁻¹ a u probanda 9 byla zjištěna průměrná SF 173 tepů.min⁻¹. Maximální srdeční frekvence zjištěná u probandů v průběhu běhu se pohybovala od 154 do 188 tepů.min⁻¹, rozdíl byl tedy roven hodnotě 34 tepů.min⁻¹. U probandů 1, 2, 5 a 7 byla naměřena SF_{max} menší než 161 tepů.min⁻¹, u probandů 3, 4, 6 a 8 se SF_{max} pohybovala mezi 167 – 173 tepů.min⁻¹ a u probanda 9 dosáhla SF_{max} hodnoty 188 tepů.min⁻¹. V Tabulce 5 jsou přehledně zobrazeny výše uvedené hodnoty. Průběhy průměrné srdeční frekvence a maximální srdeční frekvence zjištěné v průběhu běhu na 5 km ve sportovním oblečení jsou zobrazeny společně v porovnání s daty získanými při zrychleném přesunu v Grafech 3 - 20.

Tabulka 5 - Průměrné SF a SF_{max} u jednotlivých probandů při běhu na 5 km

Běh na 5 km	Průměrná SF [tepů.min ⁻¹]	Směrodatná odchylka	SF _{max} [tepů.min ⁻¹]	Směrodatná odchylka
Proband 1	135	7,04	154	7
Proband 2	141	6,73	157	6,16
Proband 3	142	8,8	167	7,78
Proband 4	152	10,95	168	7,24
Proband 5	143	8,81	161	8,28
Proband 6	154	8,46	173	8,02
Proband 7	144	5,96	161	6,55
Proband 8	153	9,06	169	7
Proband 9	173	10,26	188	5,34

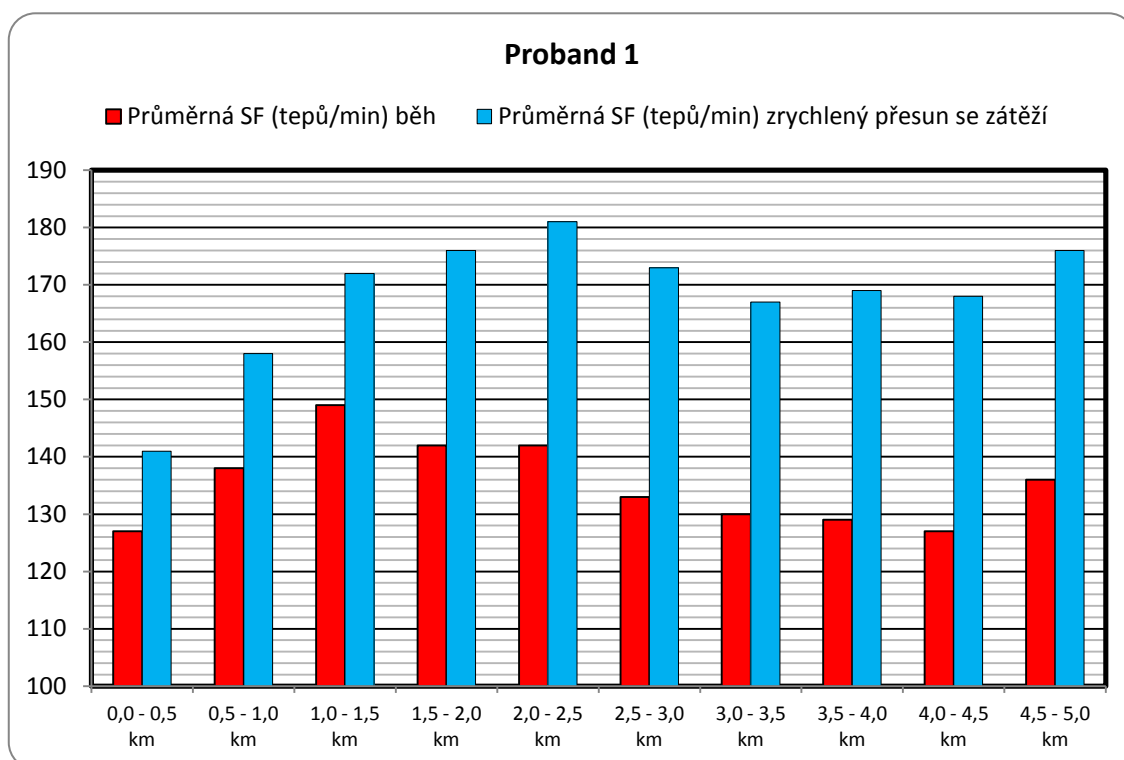
5.2.4 Výsledky zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží ve vojenské obuvi a polním stejnokroji vz. 95

Během zrychleného přesunu byly u probandů zjištěny hodnoty průměrné srdeční frekvence v rozmezí 166 – 195 tepů.min⁻¹, což činí rozdíl 29 tepů.min⁻¹. U šesti probandů (1, 2, 4, 5, 7 a 8) se pohybovaly hodnoty průměrné SF od 166 do 170 tepů.min⁻¹, u zbylých tří probandů (3, 6 a 9) se hodnoty průměrné SF rovnaly hodnotám 179, 186 a 195 tepů.min⁻¹ ve stejném pořadí, jako jsou uvedeni probandi. Maximální srdeční frekvence naměřené při zrychleném přesunu u probandů dosahovaly hodnot v rozmezí 176 – 209 tepů.min⁻¹. Rozdíl byl tedy roven 33 tepů.min⁻¹. U probandů 1, 2, 4, 5, 7 a 8 se SF_{max} pohybovala mezi 176 – 185 tepů.min⁻¹, u probandů 3, 6 a 9 SF_{max} nabývala hodnot 194, 198 a 209 tepů.min⁻¹ v pořadí, v jakém jsou probandi uvedeni. Pro přehlednost jsou výše uvedená získaná data zobrazena v Tabulce 6. Průběhy průměrné srdeční frekvence a maximální srdeční frekvence naměřené během zrychleného přesunu na 5 km s 10 kg zátěží jsou znázorněny společně v porovnání s výsledky u běhu na 5 km v Grafech 3 - 20.

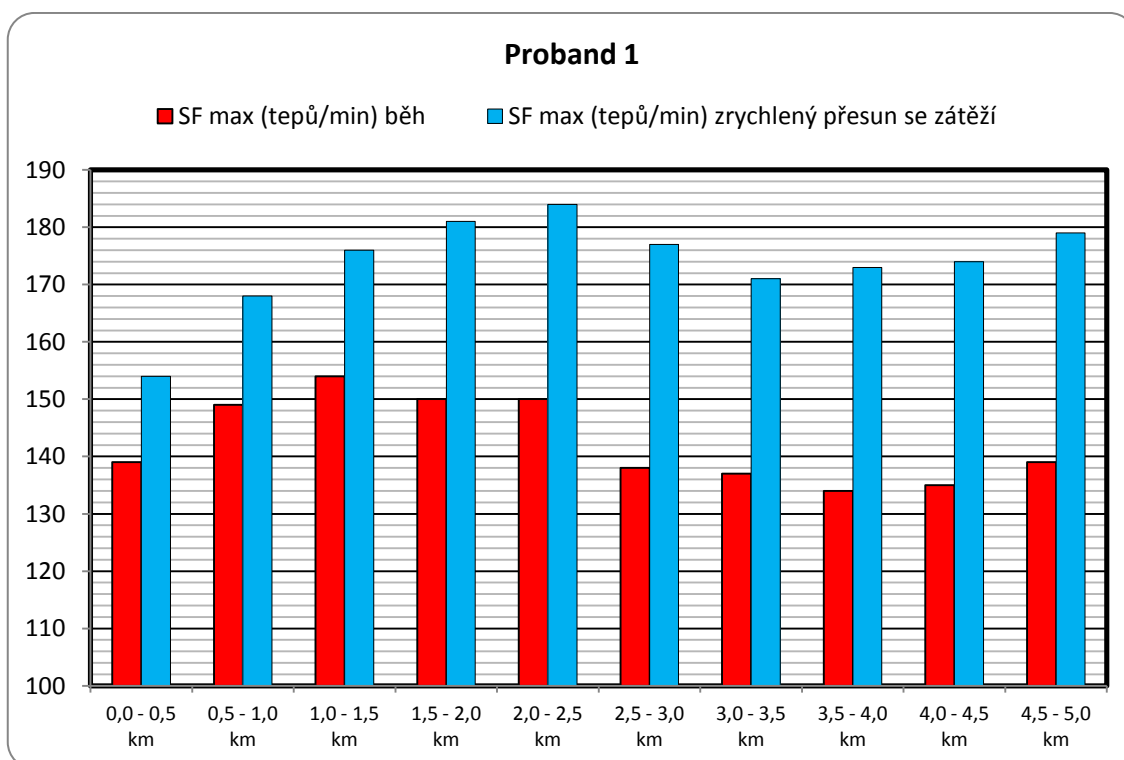
Tabulka 6 - Průměrné SF a SF_{max} u jednotlivých probandů při zrychleném přesunu na 5 km

Zrychlený přesun na 5 km	Průměrná SF [tepů.min ⁻¹]	Směrodatná odchylka	SF _{max} [tepů.min ⁻¹]	Směrodatná odchylka
Proband 1	168	10,81	184	7,95
Proband 2	166	9,43	176	6,31
Proband 3	179	8,8	194	5,43
Proband 4	170	8,47	181	5,48
Proband 5	167	8,1	179	5,23
Proband 6	186	9,07	198	5,22
Proband 7	170	7,8	185	5,74
Proband 8	169	7,23	181	4,86
Proband 9	195	10,63	209	7,19

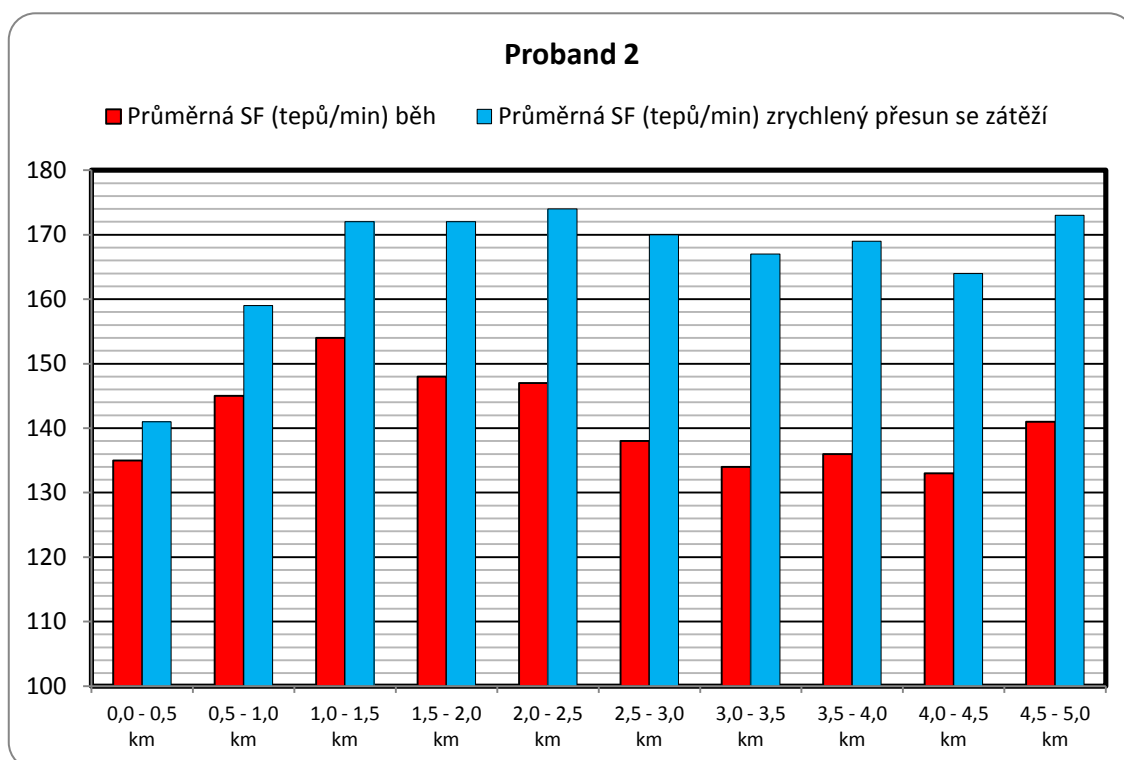
Graf 3 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 1



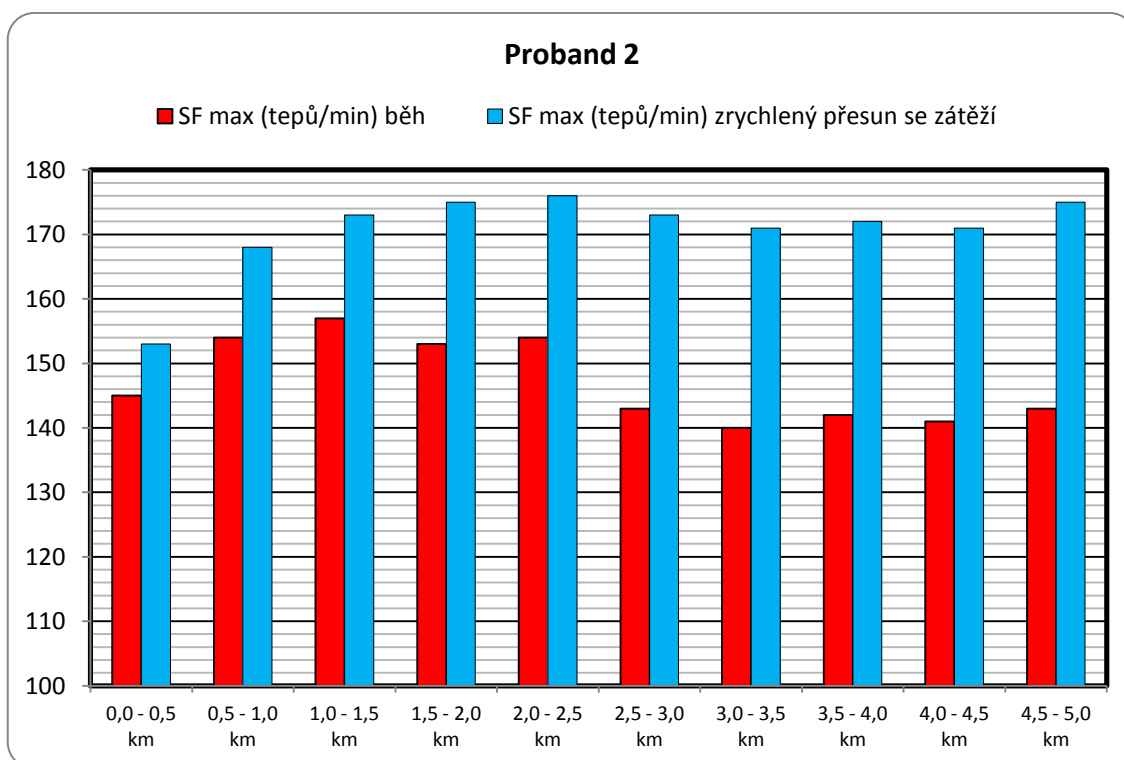
Graf 4 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 1



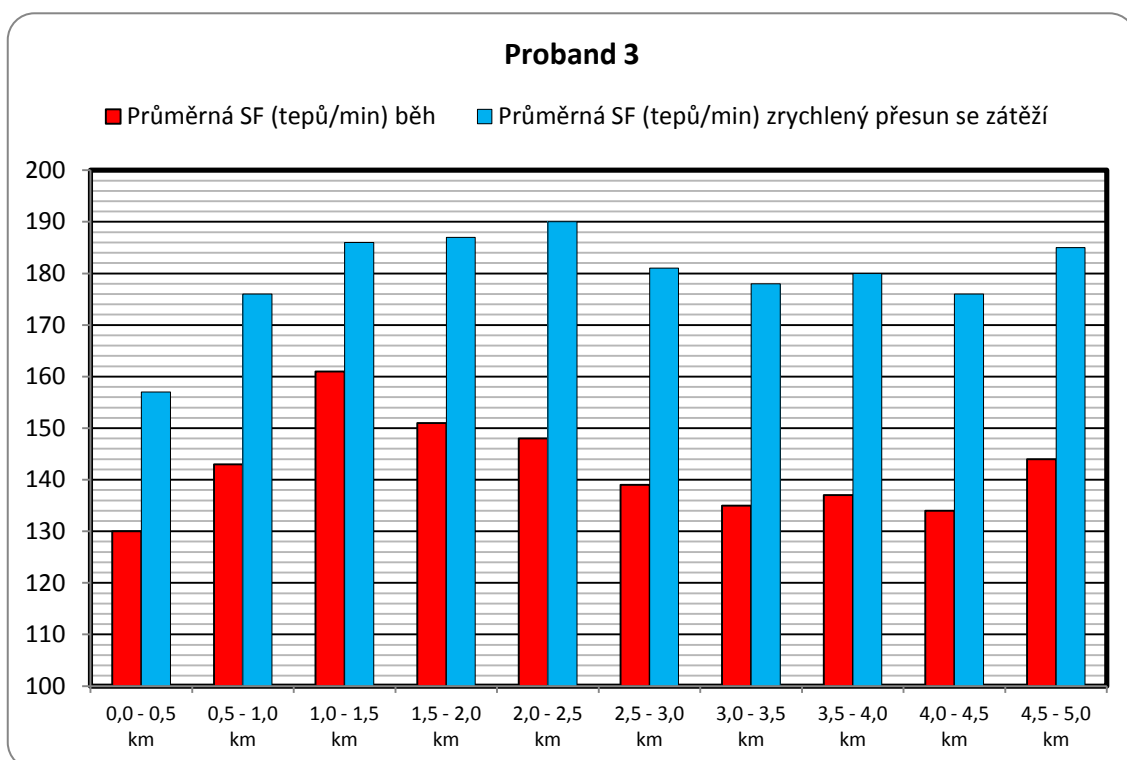
Graf 5 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 2



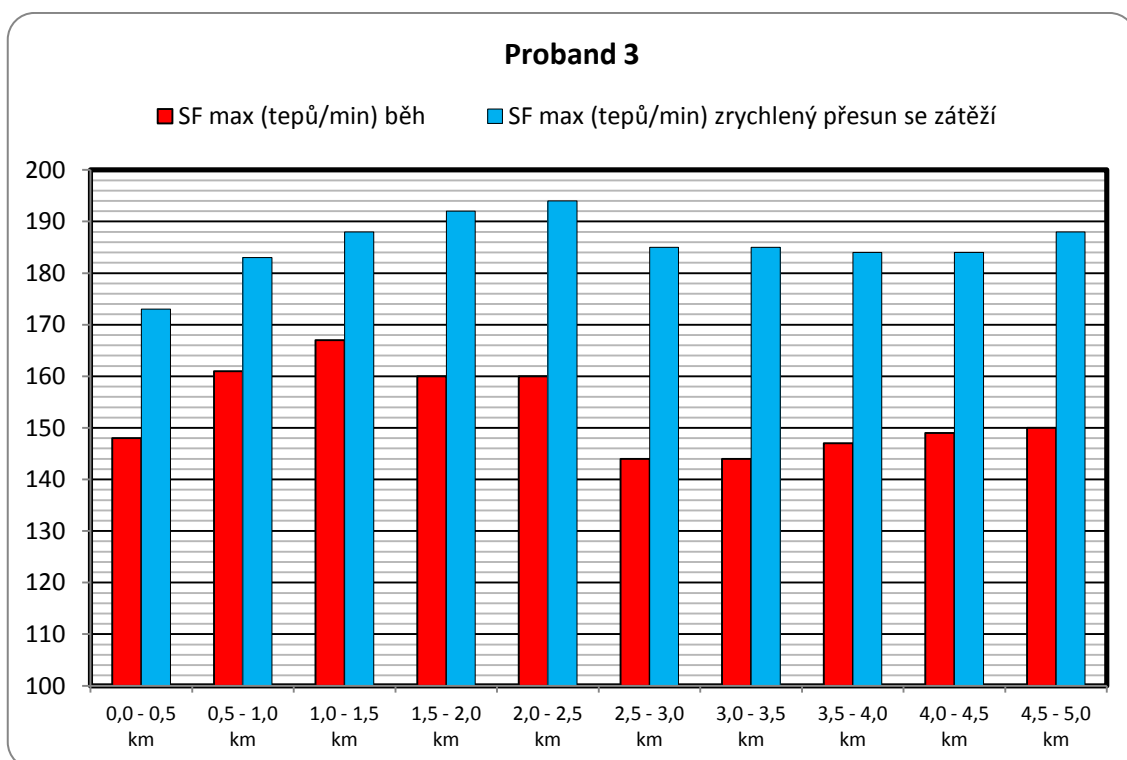
Graf 6 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 2



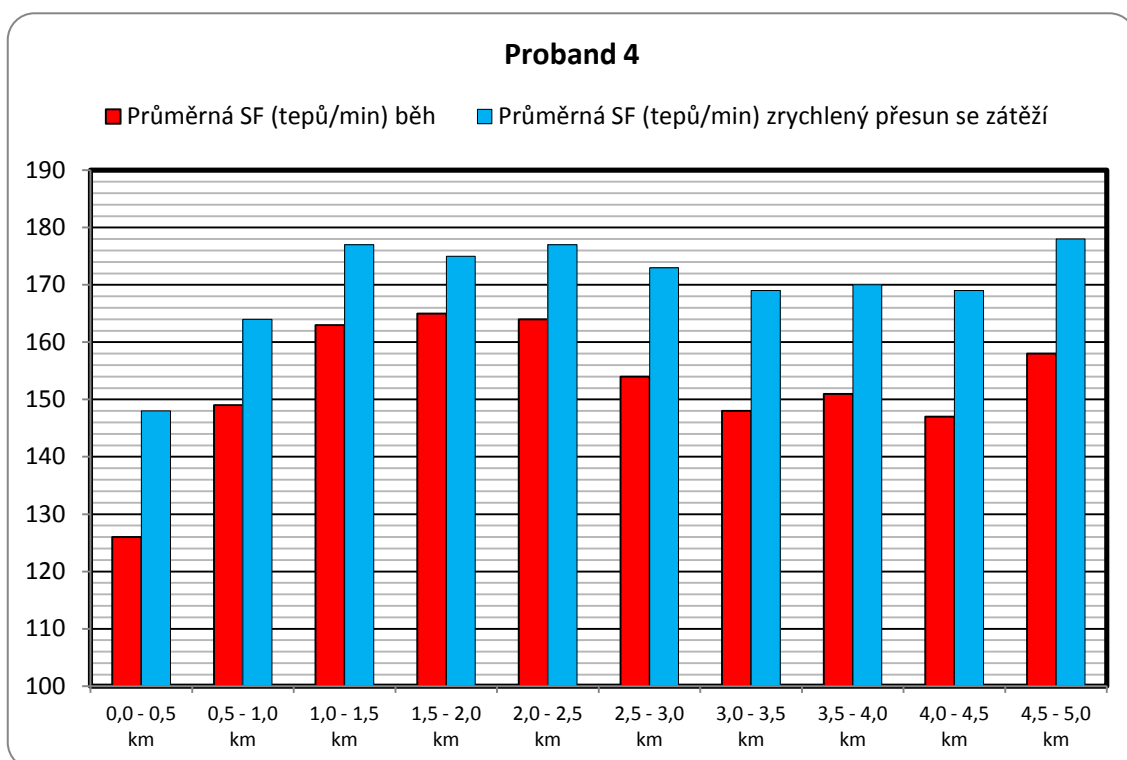
Graf 7 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 3



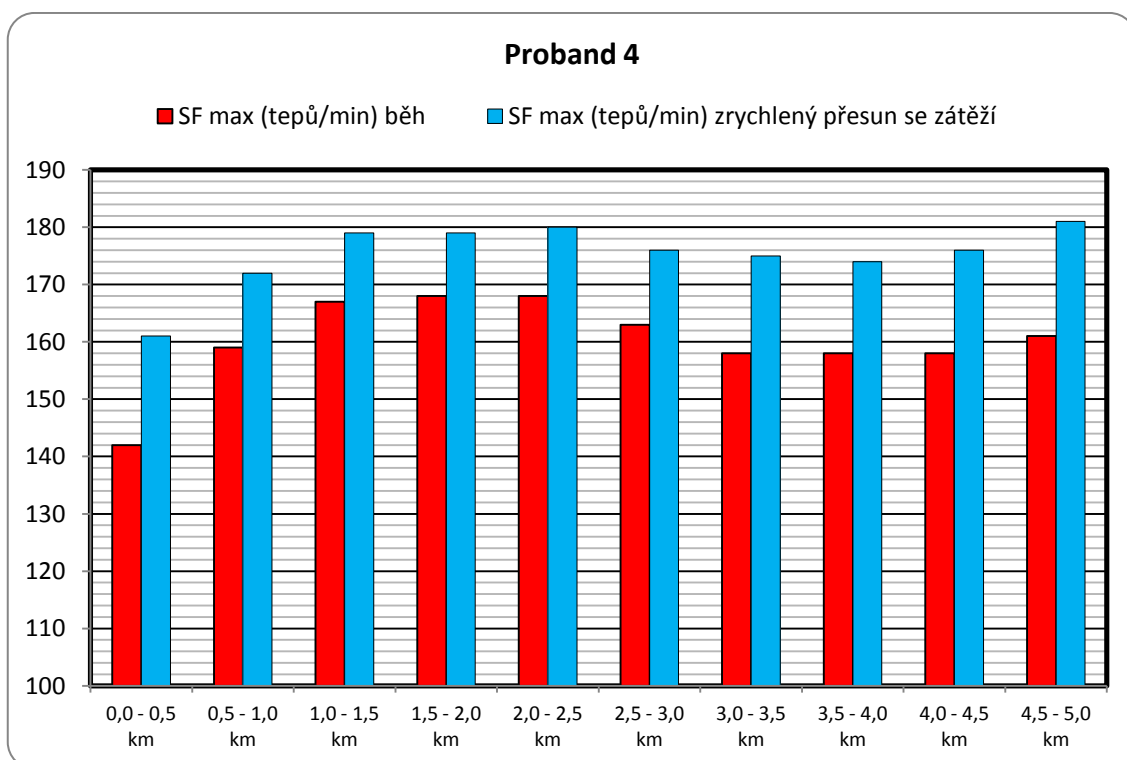
Graf 8 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 3



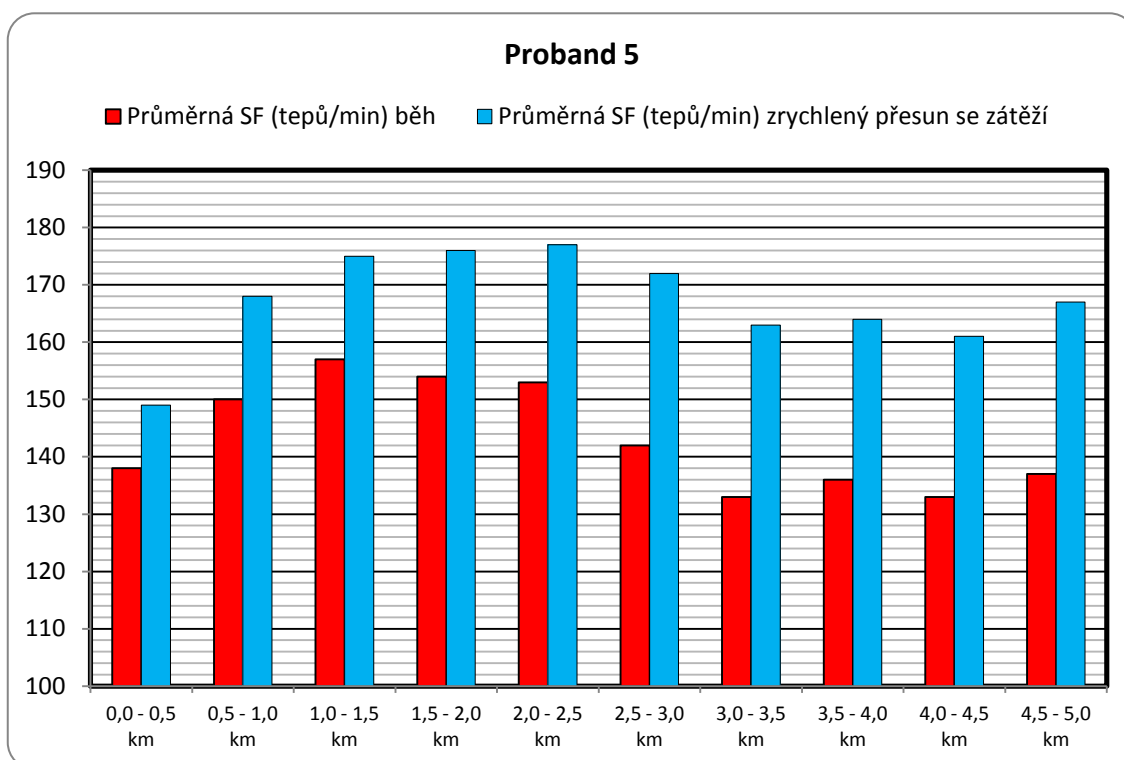
Graf 9 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 4



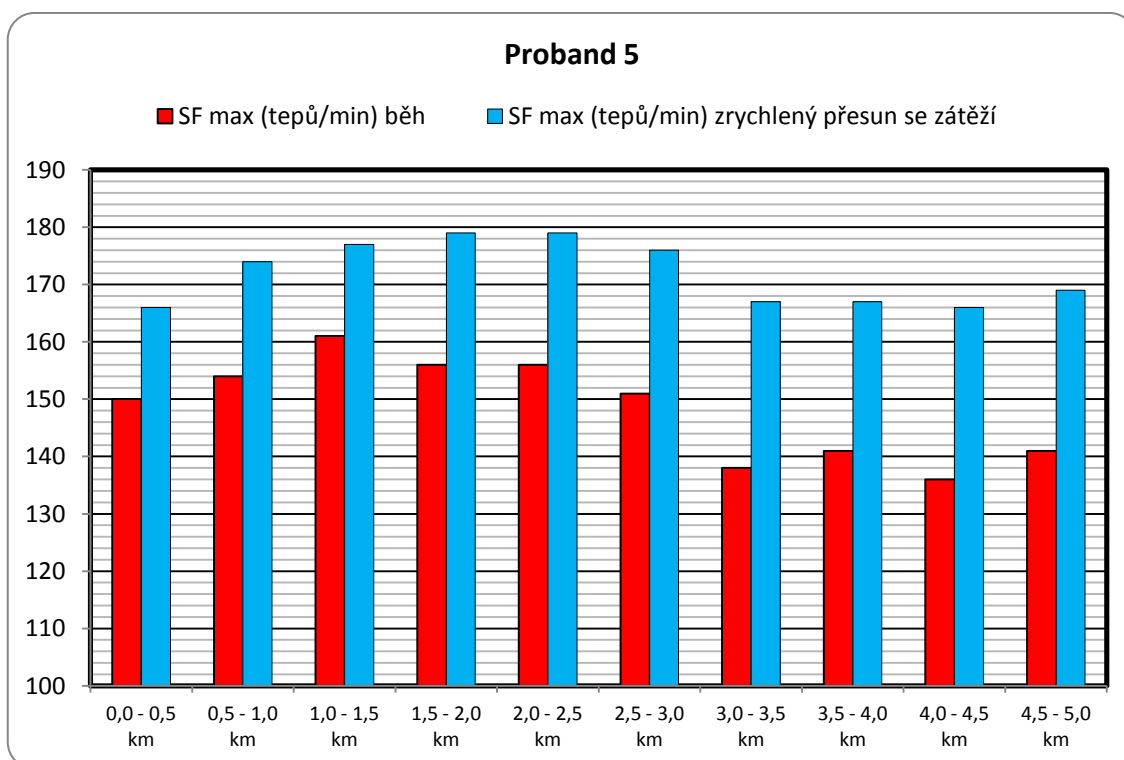
Graf 10 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 4



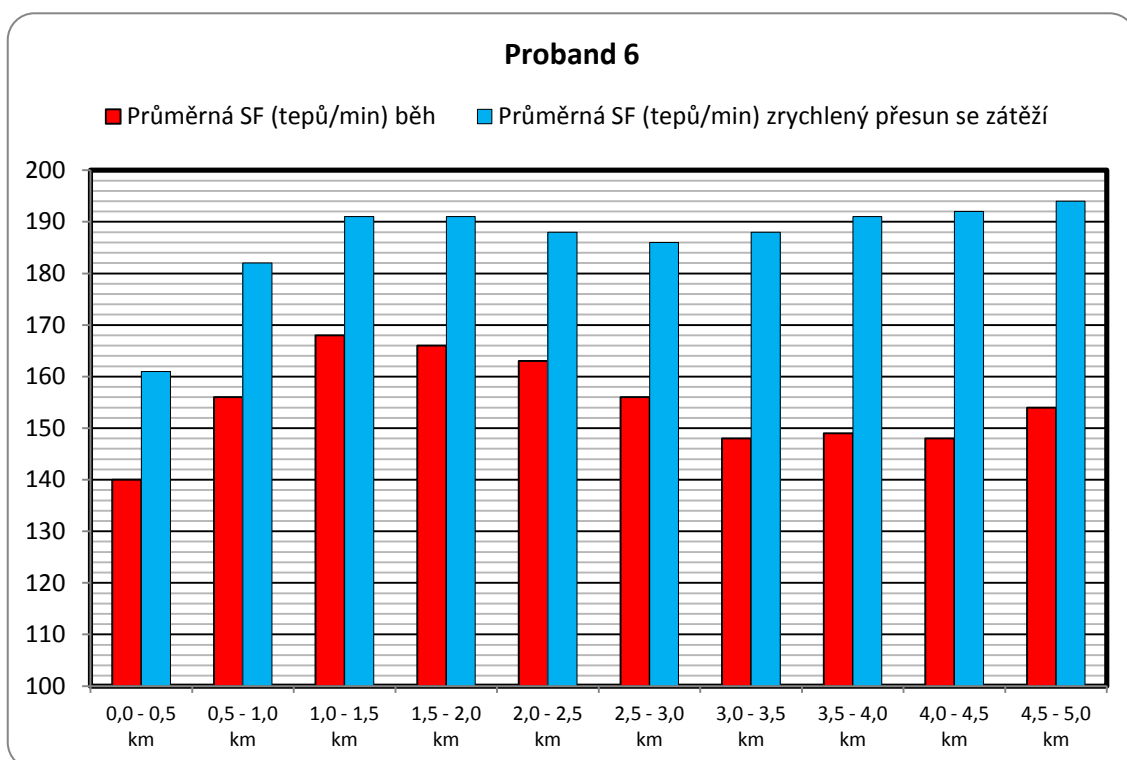
Graf 11 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 5



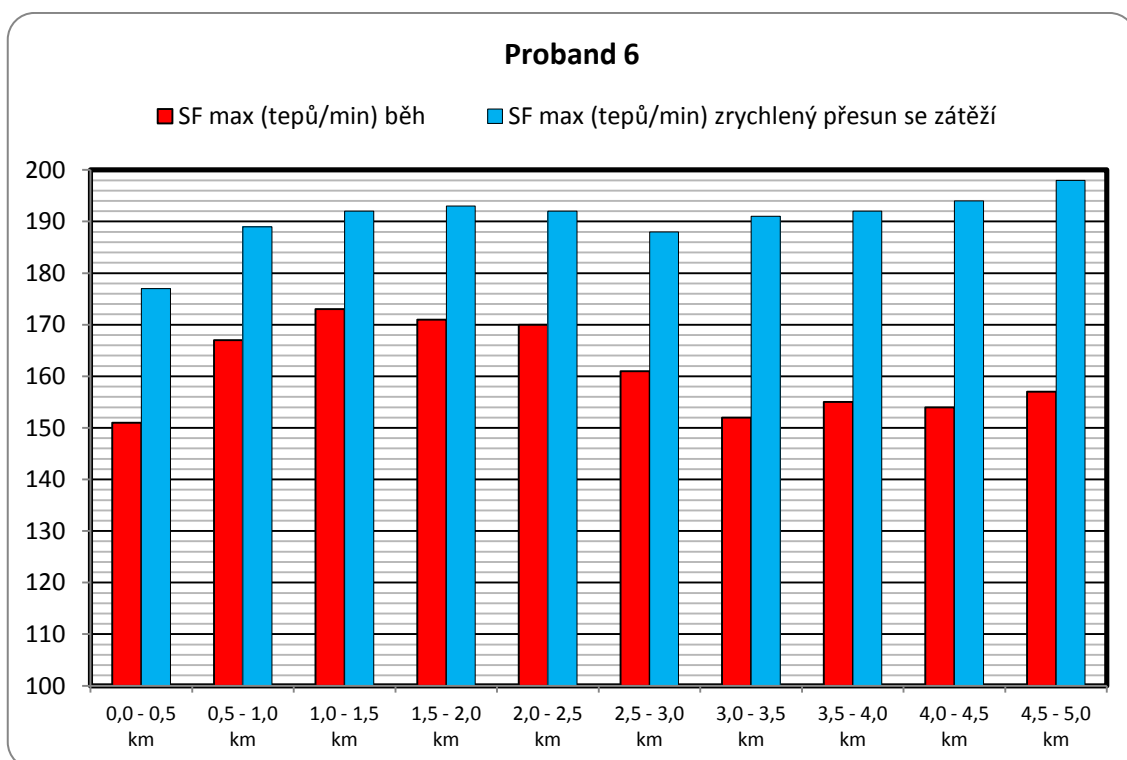
Graf 12 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 5



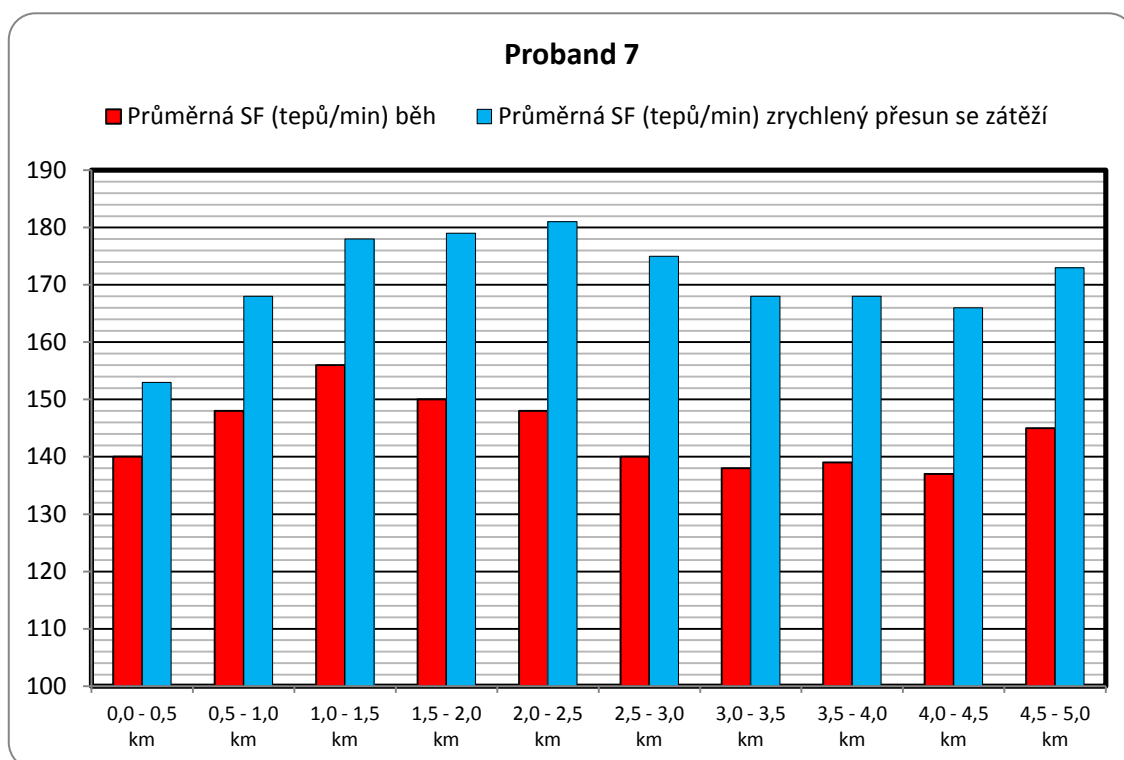
Graf 13 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 6



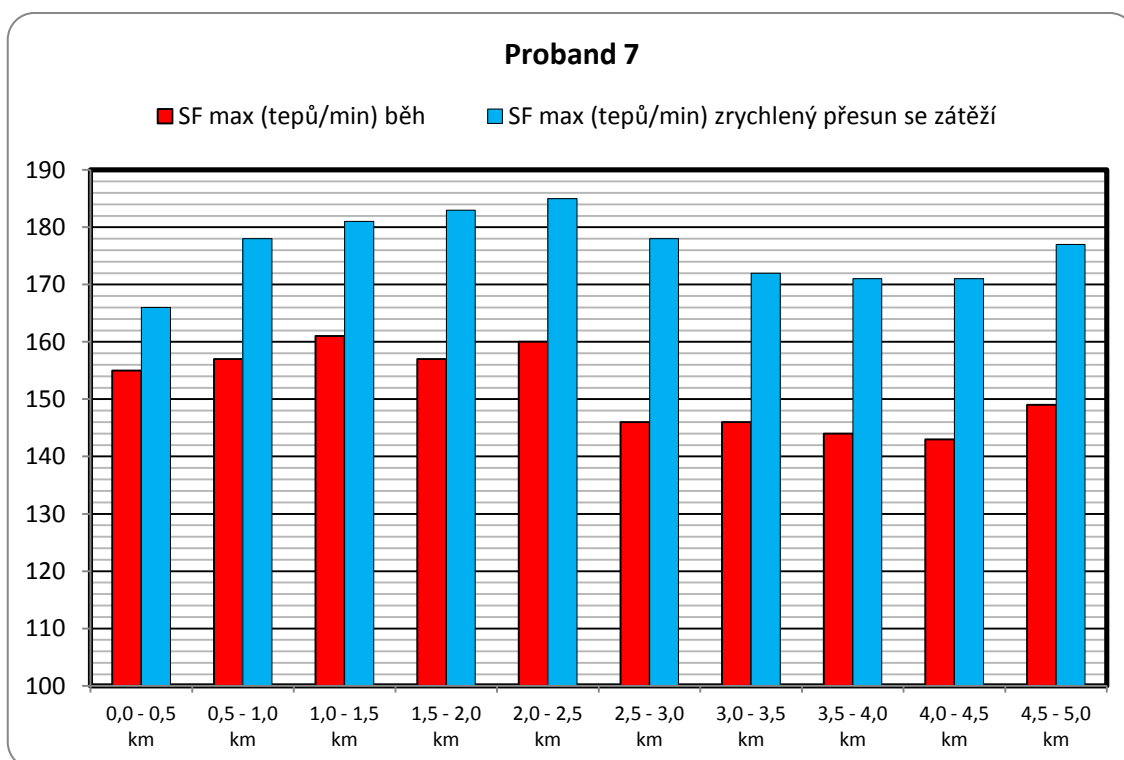
Graf 14 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 6



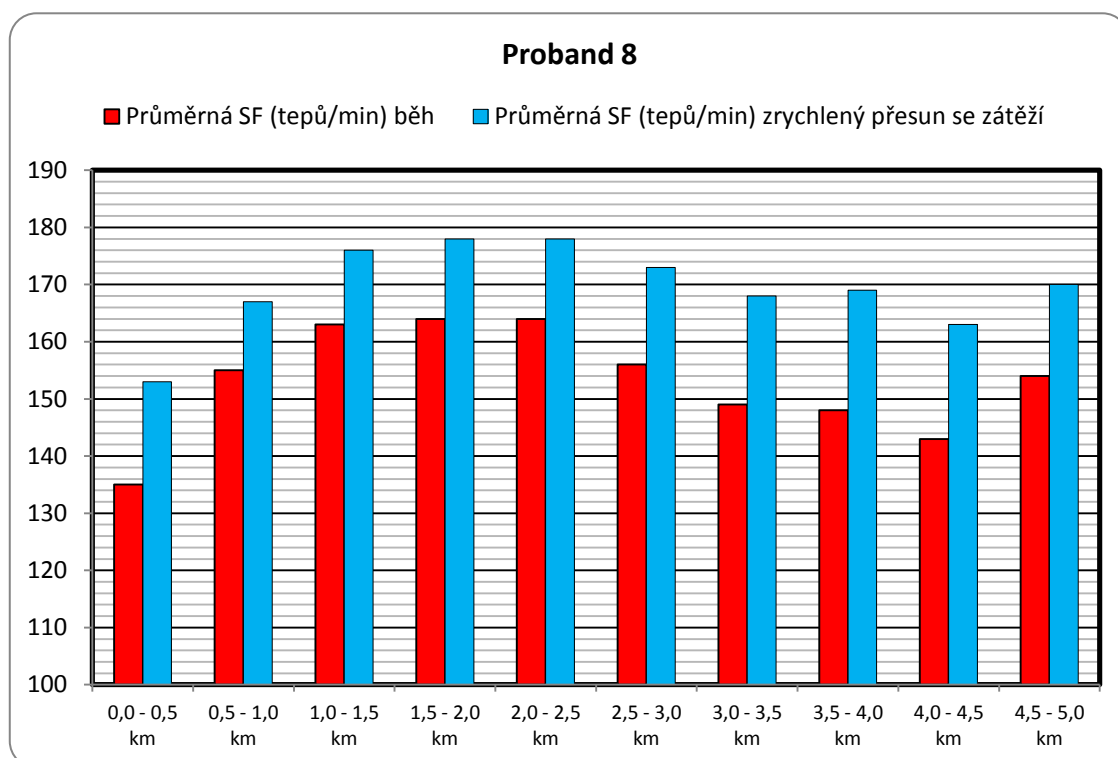
Graf 15 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 7



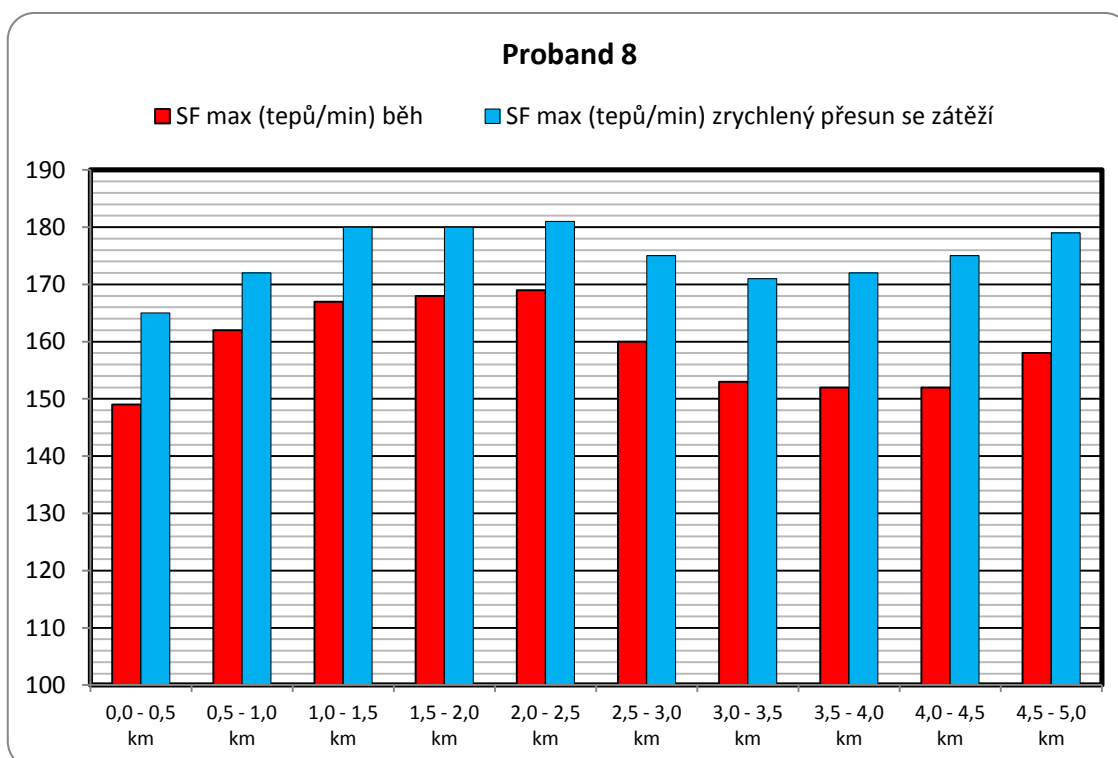
Graf 16 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 7



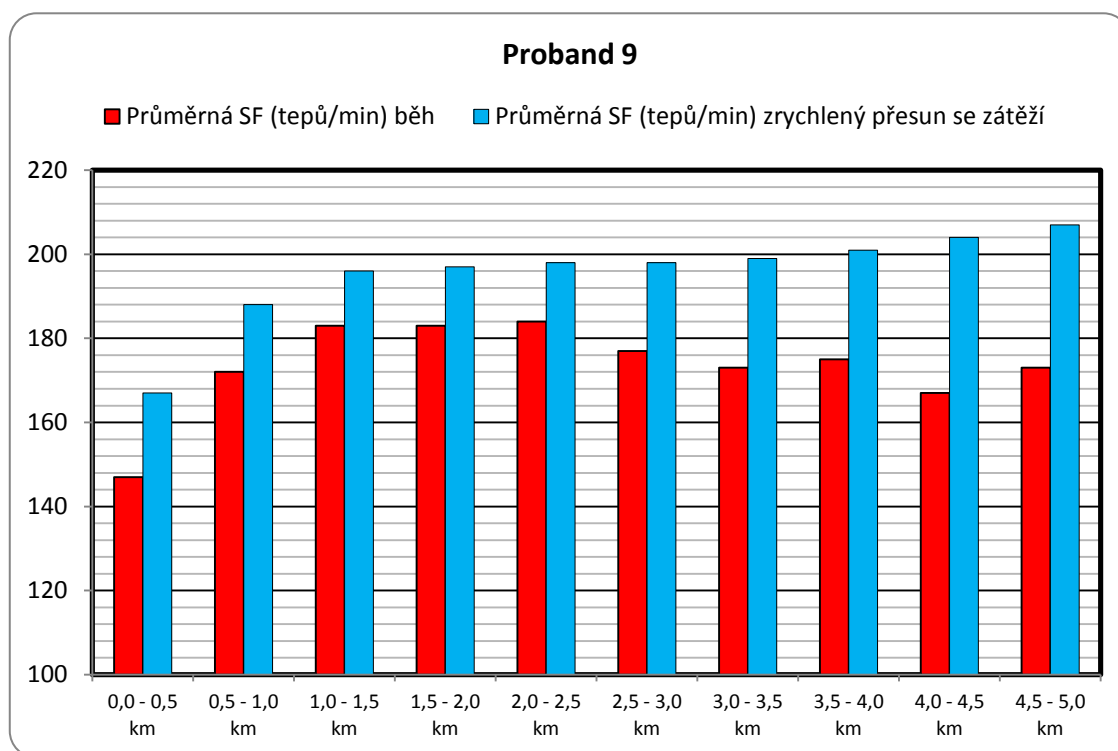
Graf 17 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 8



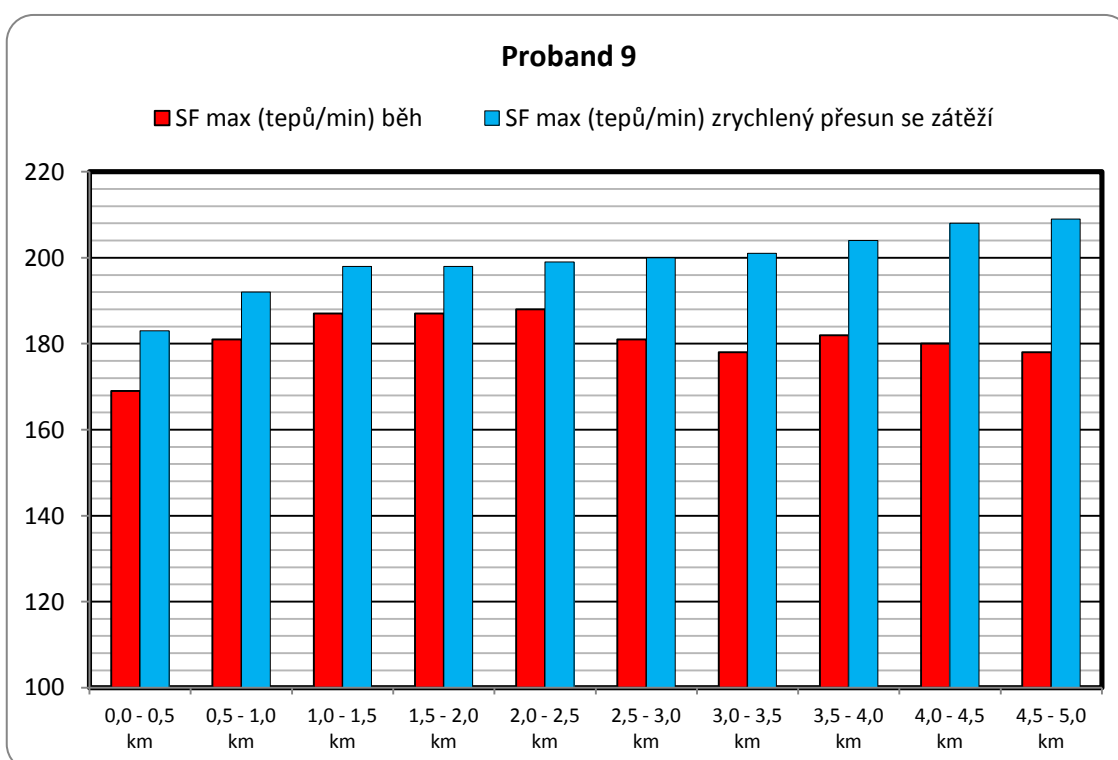
Graf 18 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 8



Graf 19 - Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 9



Graf 20 - Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 9



5.3 Zjištěné hodnoty energetického výdeje

Hodnoty energetického výdeje při běhu na 5 km a při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží byly získány na základě zjištěných hodnot pomocí spiroergometrického testu, dat získaných během terénních měření díky sporttesteru Garmin Forerunner 310 XT a přepočtu podle autorů Hellera a Vodičky (2011).

5.3.1 Energetický výdej při běhu na 5 km ve sportovním oblečení

Celkový energetický výdej, kterého bylo u probandů dosaženo v běhu na 5 km, nabýval hodnot 774,15 – 1314,64 kJ. EV u probanda 3 je naprosto odlišný od zbylých hodnot a je dán jeho zaměřením na vytrvalostní běhy. Jinak se nejčastěji EV pohyboval mezi hodnotami 1020,87 – 1142,90 kJ, a to u probandů 1, 5 – 9. U probandů 2 a 4 byl EV o 200 kJ větší, a to 1314,64 a 1394,27 kJ v opačném pořadí, než jsou probandi uvedeni. Výše uvedená data jsou pro přehlednost zobrazena v Tabulce 7. Průběh energetického výdeje při běhu na 5 km v porovnání s energetickým výdejem při zrychleném přesunu je uveden v Grafech 21 – 29.

Tabulka 7 - Hodnoty energetického výdeje u jednotlivých probandů při běhu na 5 km

Běh na 5 km	EV [kJ]	Ø EV na 500 m [kJ]	Směrodatná odchylka	EV [kcal]	Ø EV na 500 m [kcal]	Směrodatná odchylka
Proband 1	1034,87	103,48	16,79	247,28	24,72	4,01
Proband 2	1394,27	139,42	16,32	333,16	33,31	3,9
Proband 3	774,15	77,41	26,91	184,98	18,49	6,43
Proband 4	1314,64	131,46	26,72	314,13	31,41	6,38
Proband 5	1102,47	110,24	14,01	263,43	26,34	3,35
Proband 6	1142,90	114,29	16,83	273,09	27,30	4,02
Proband 7	1020,87	102,08	16,51	243,94	24,39	3,94
Proband 8	1048,62	104,86	28,19	250,57	25,05	6,74
Proband 9	1104,32	110,43	28,86	263,88	26,38	6,9

5.3.2 Energetický výdej při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží ve vojenské obuvi a polním stejnokroji vz. 95

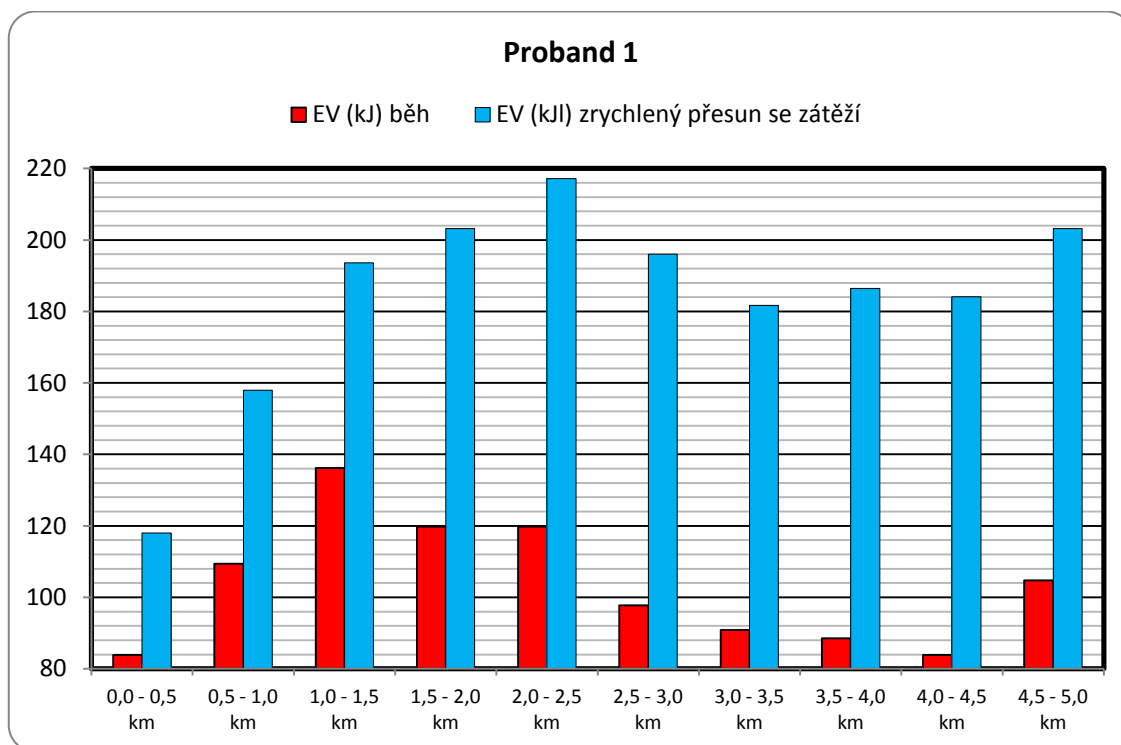
Ze získaných dat a přepočtů byl u probandů při zrychleném přesunu zjištěn celkový energetický výdej v rozmezí 1491,88 – 2003,96 kJ. Nejčastěji se hodnoty EV pohybovaly od 1726,93 do 1771,04 kJ (probandi 4, 6, 7 a 9). U probandů 5 a 8 se EV pohyboval v menších hodnotách 1491,88 – 1559,27 kJ, u probandů 1 a 3 se EV naopak pohyboval ve větších hodnotách, a to v rozmezí 1841,36 – 1925,36 kJ. Nejvyšší celkový energetický výdej pak byl naměřen u probanda 2 – 2003,96 kJ. V Tabulce 8 jsou pro

lepší přehled uvedena výše zmiňovaná data zároveň s průměrnými hodnotami na každých 500 m zrychleného přesunu. V Grafech 21 – 29 jsou pak znázorněna porovnání energetického výdeje při zrychleném přesunu a běhu na 5 km.

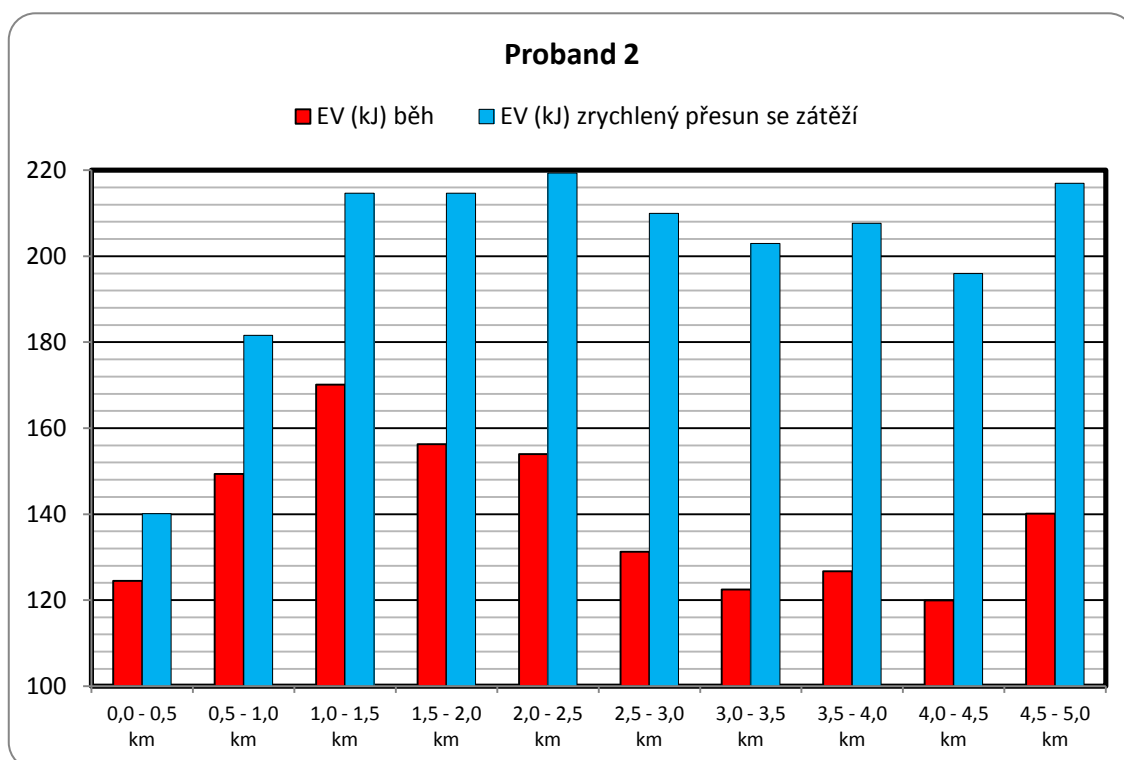
Tabulka 8 - Hodnoty energetického výdeje u jednotlivých probandů při zrychleném přesunu na 5 km

Zrychlený přesun na 5 km	EV [kJ]	Ø EV na 500m [kJ]	Směrodatná odchylka	EV [kcal]	Ø EV na 500 m [kcal]	Směrodatná odchylka
Proband 1	1841,36	184,13	26,66	439,99	43,99	6,37
Proband 2	2003,96	200,39	22,80	478,84	47,88	5,45
Proband 3	1925,36	192,53	27,76	460,06	46,00	6,63
Proband 4	1743,57	174,35	20,67	416,62	41,66	4,94
Proband 5	1491,88	149,18	12,86	356,48	35,64	3,07
Proband 6	1771,04	177,10	17,74	423,19	42,31	4,24
Proband 7	1769,81	176,98	21,86	422,89	42,28	5,22
Proband 8	1559,27	155,92	22,48	372,59	37,25	5,37
Proband 9	1726,93	172,69	29,89	412,65	41,26	7,14

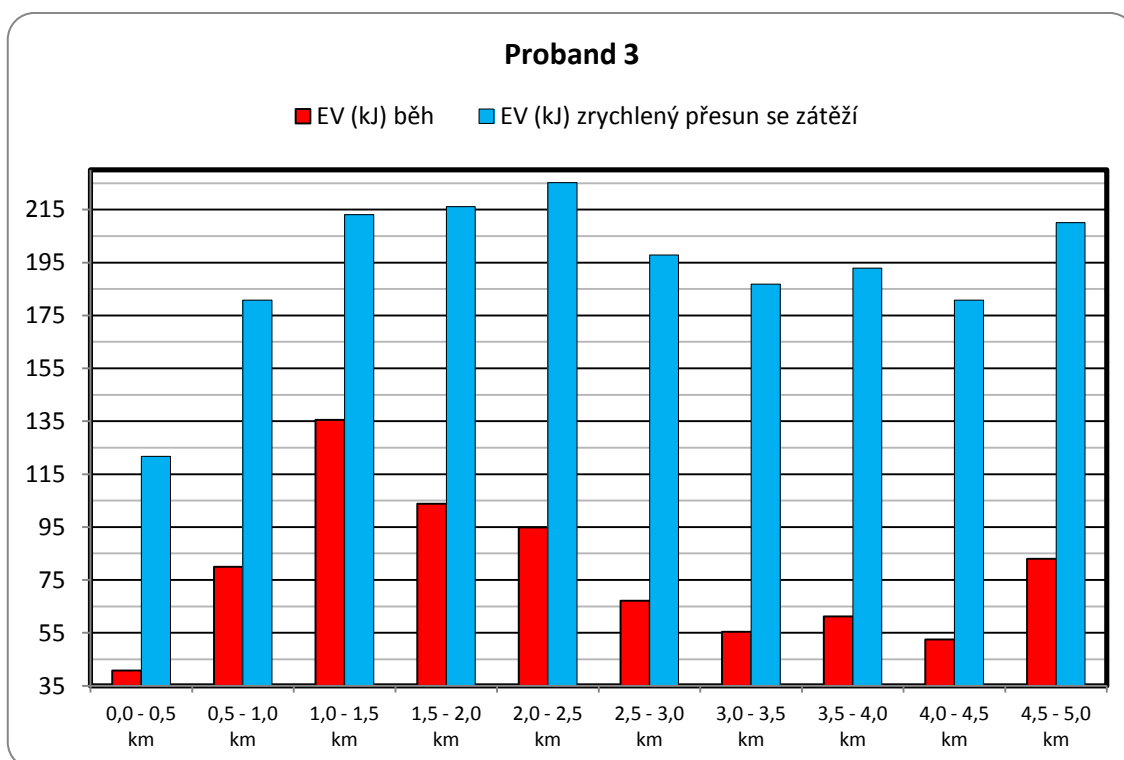
Graf 21 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 1



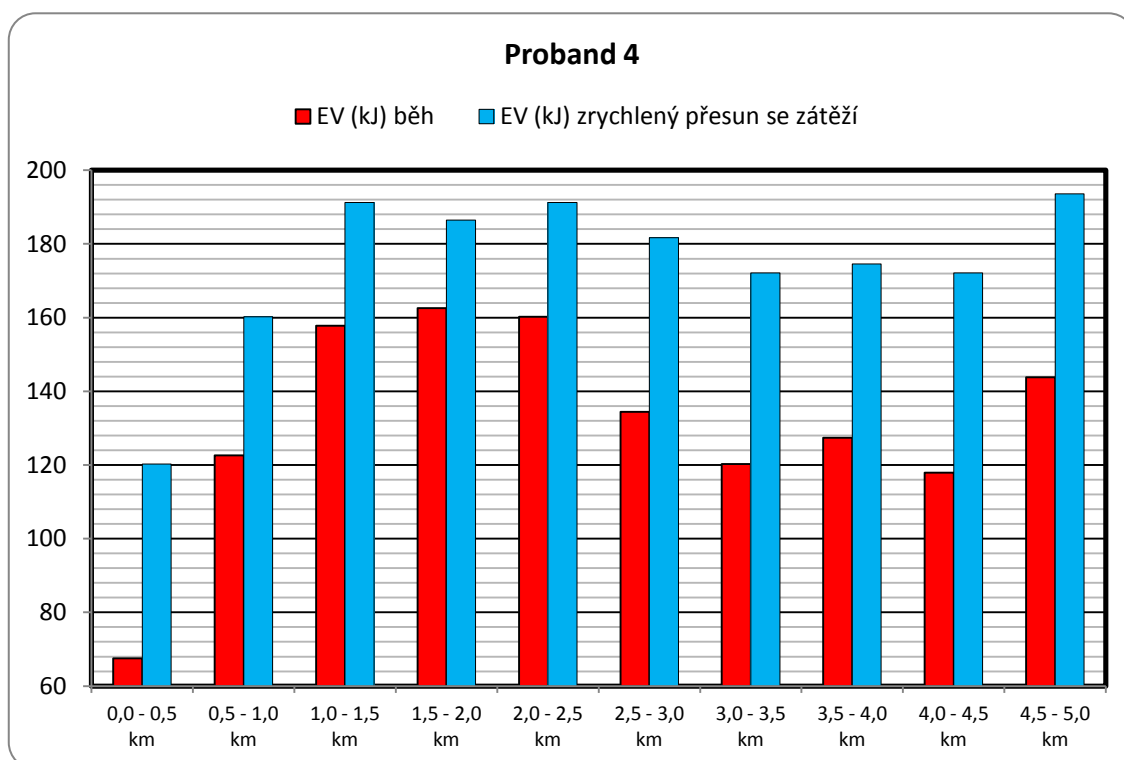
Graf 22 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 2



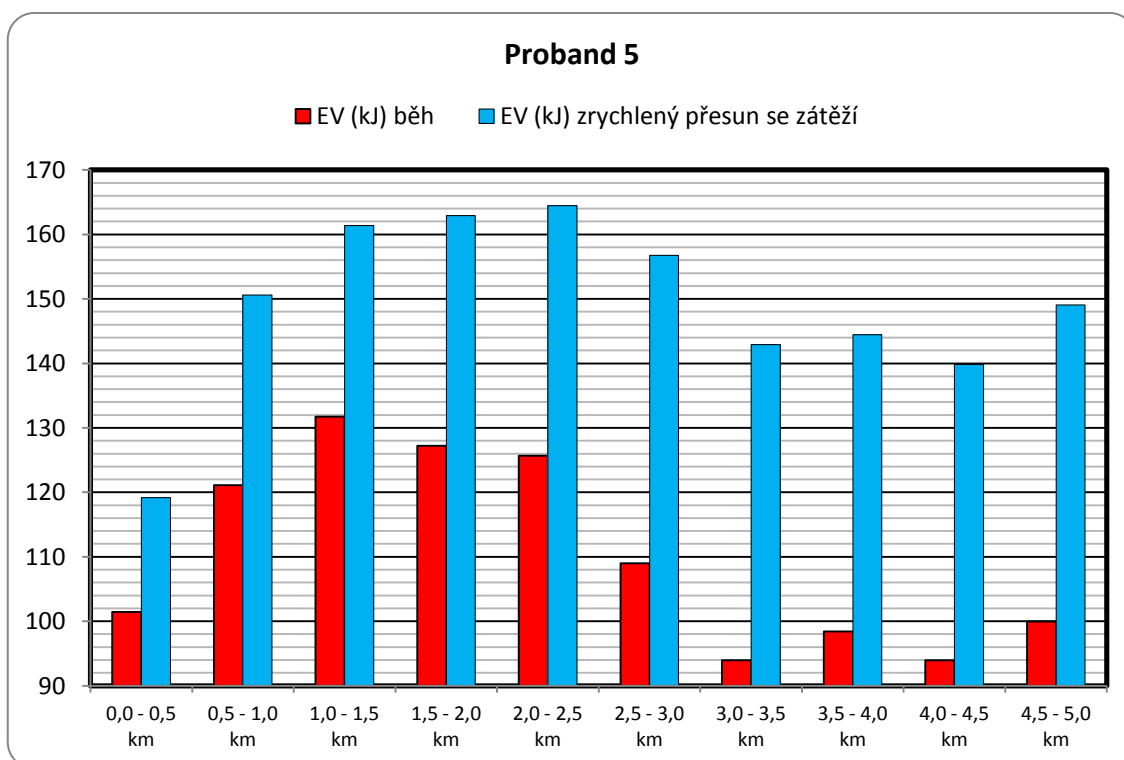
Graf 23 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 3



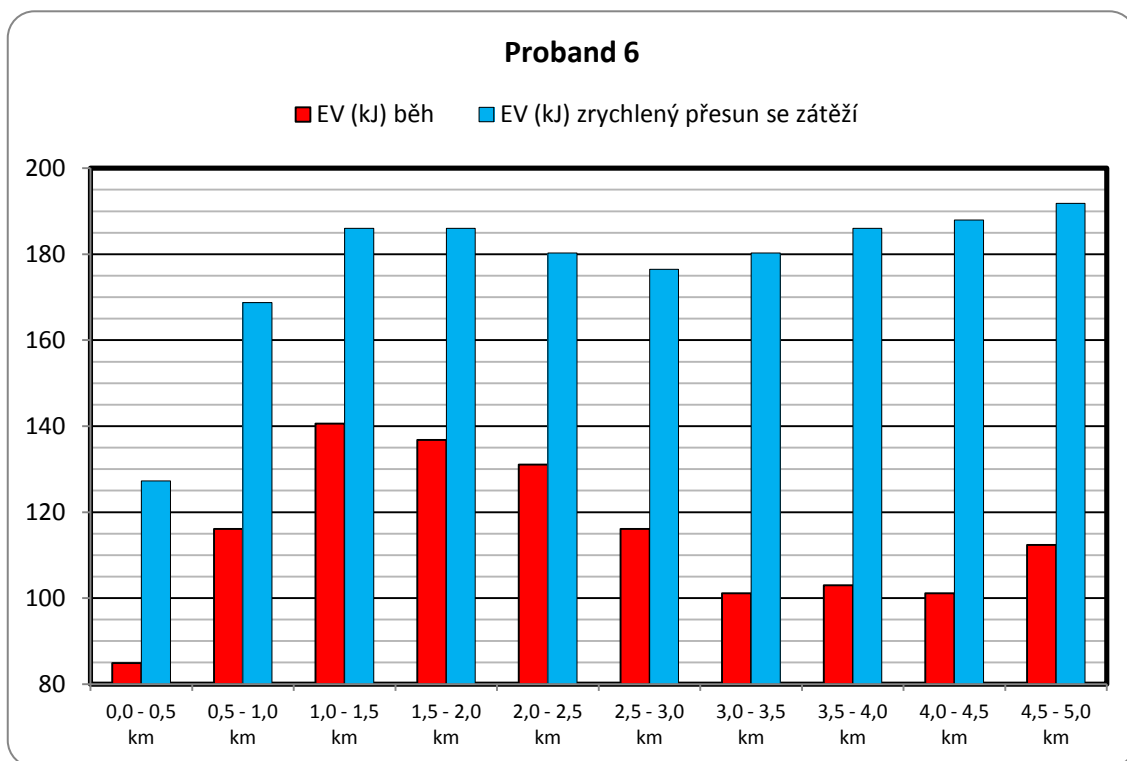
Graf 24 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 4



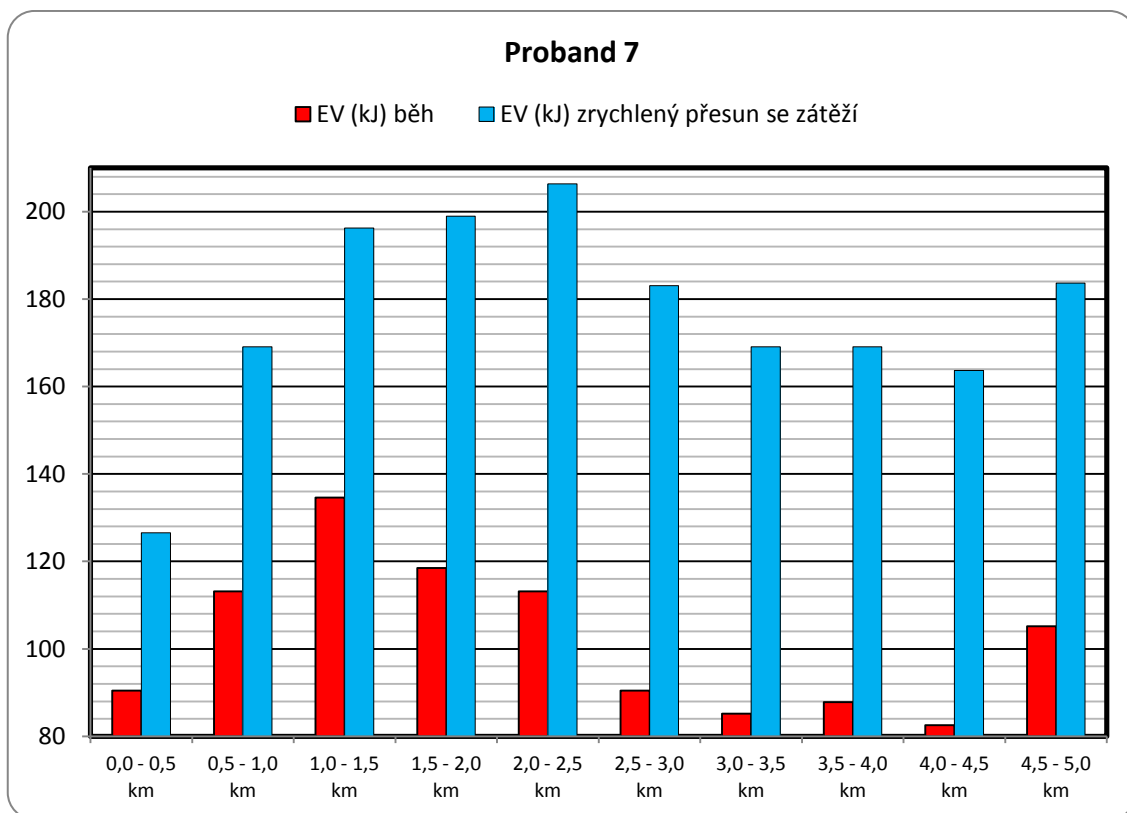
Graf 25 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 5



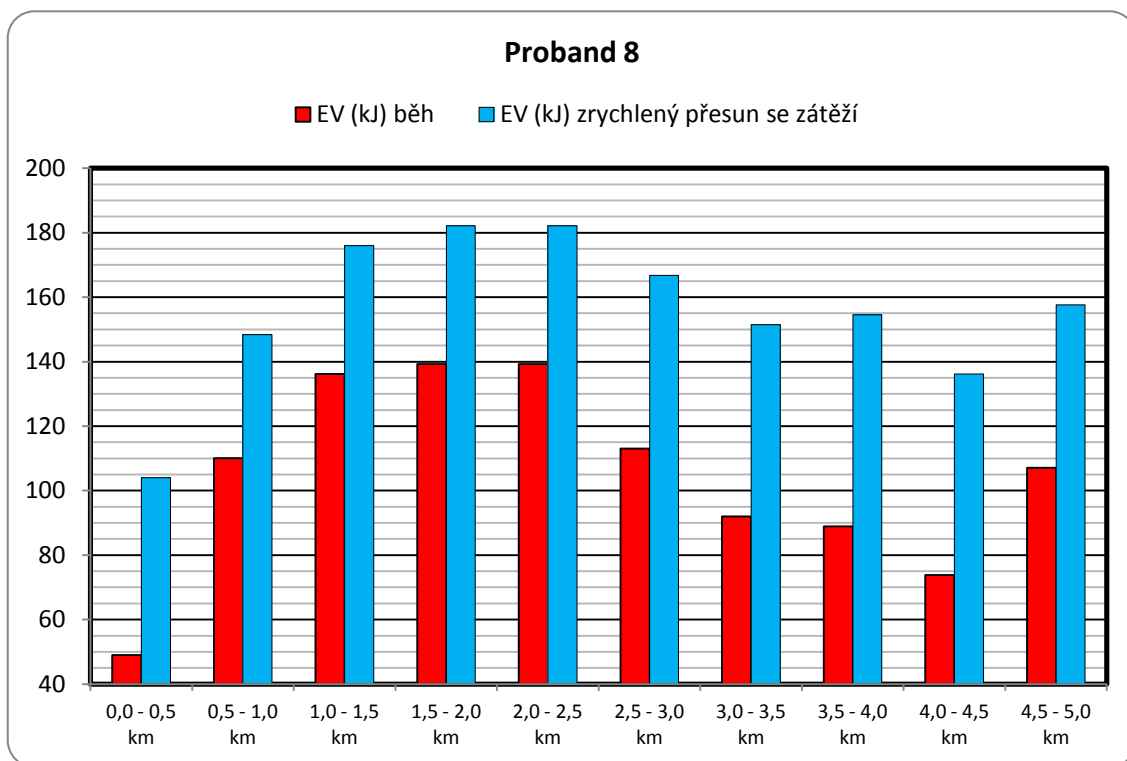
Graf 26 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 6



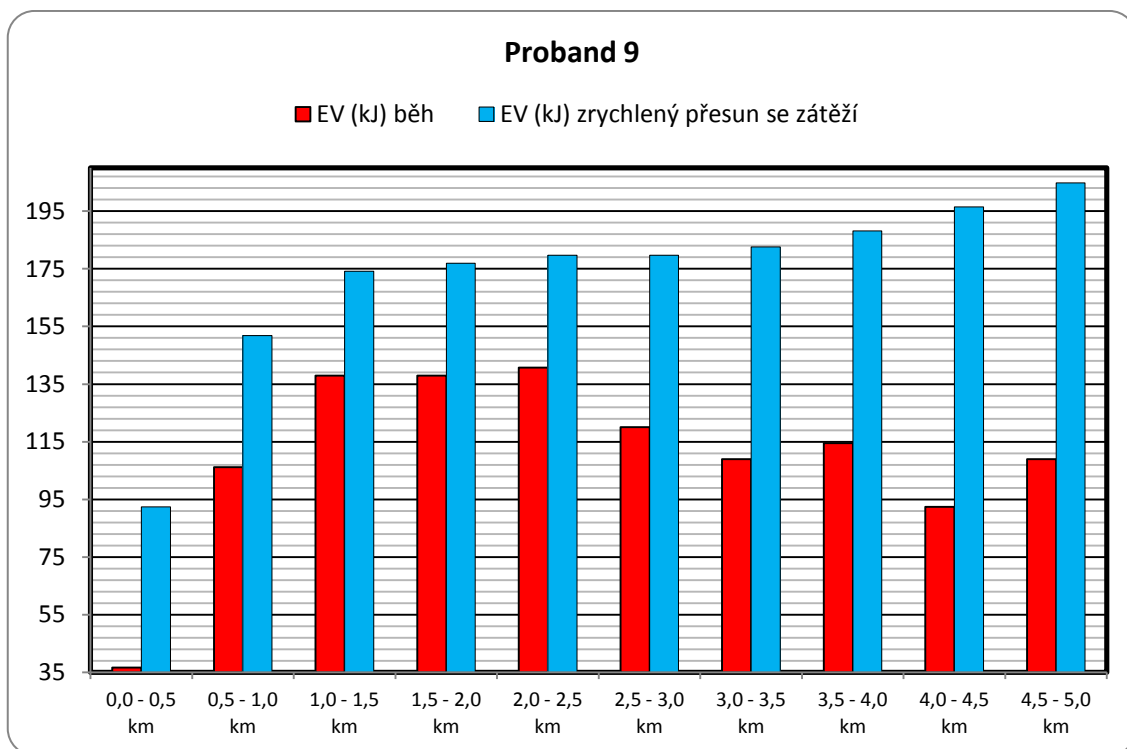
Graf 27 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 7



Graf 28 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 8



Graf 29 - Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 9

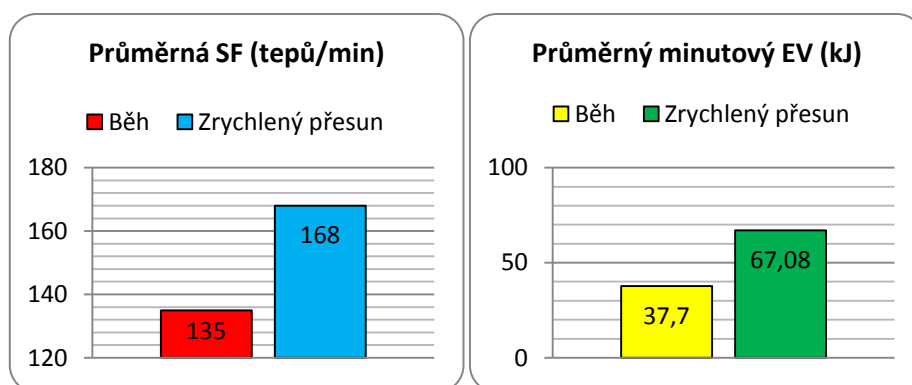


5.4 Souhrn výsledků u jednotlivých probandů

Proband 1

U probanda 1 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 33 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 30 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1034,87 kJ a při zrychleném přesunu 1841,36 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 37,7 kJ a při zrychleném přesunu 67,08 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 1 vzrostl v průměru o 29,38 kJ.

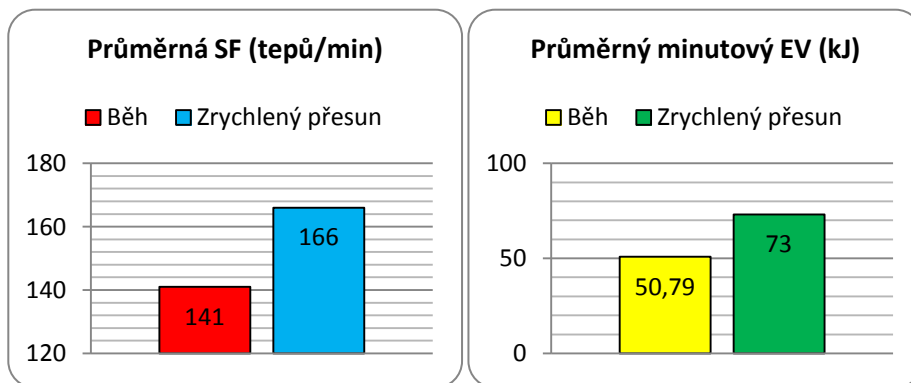
Graf 30 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 1 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 2

U probanda 2 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 25 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 19 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1394,27 kJ a při zrychleném přesunu 2003,96 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 50,79 kJ a při zrychleném přesunu 73 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 2 vzrostl v průměru o 22,21 kJ.

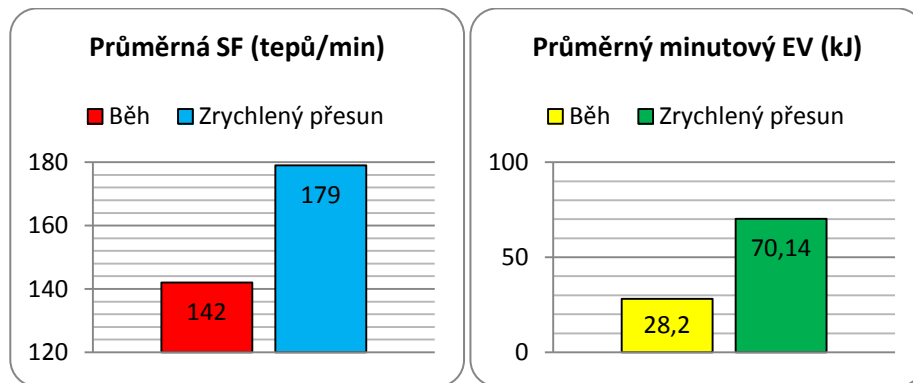
Graf 31 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 2 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 3

U probanda 3 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 37 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 27 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 774,15 kJ a při zrychleném přesunu 1925,36 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 28,20 kJ a při zrychleném přesunu 70,14 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 3 vzrostl v průměru o 41,94 kJ. Nízký energetický výdej při běhu u probanda 3 je dán jeho sportovní specializací, která je směřována k vytrvalostním běhům. Avšak je patrné, že pouze vytrvalostní složka při zrychleném přesunu se zátěží nestačí a je třeba i určité úrovně silových schopností, což lze vyčíst z velkého rozdílu EV při běhu a zrychleném přesunu.

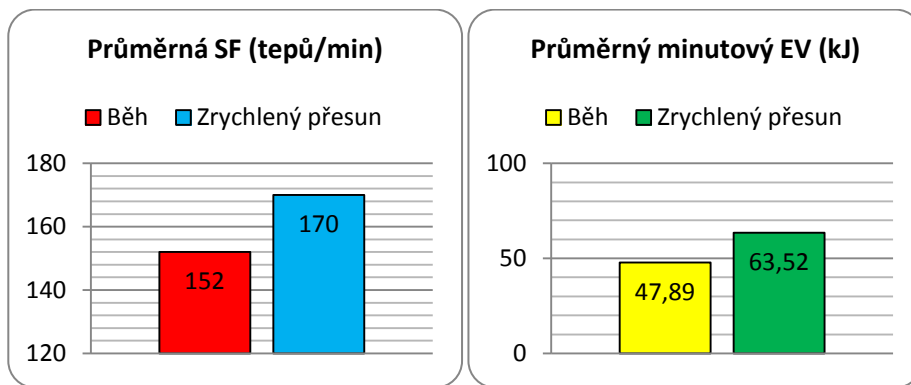
Graf 32 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 3 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Probant 4

U probanda 4 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 18 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 13 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1314,64 kJ a při zrychleném přesunu 1743,57 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 47,89 kJ a při zrychleném přesunu 63,52 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 4 vzrostl v průměru o 15,63 kJ.

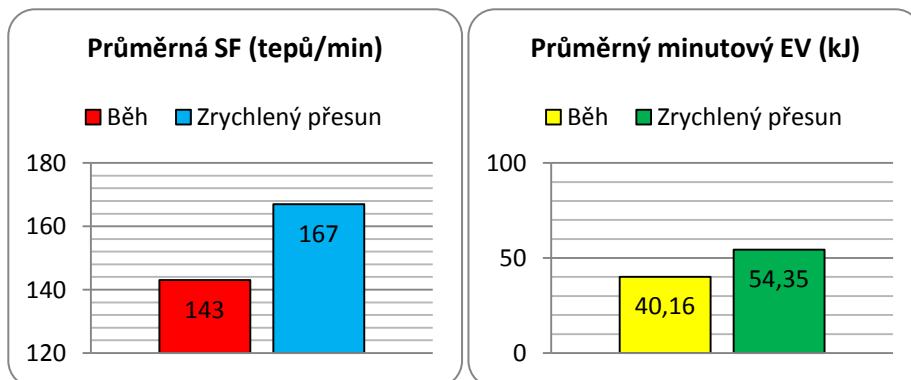
Graf 33 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 4 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Probant 5

U probanda 5 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 24 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 18 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1102,47 kJ a při zrychleném přesunu 1491,88 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 40,16 kJ a při zrychleném přesunu 54,35 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 5 vzrostl v průměru o 14,19 kJ.

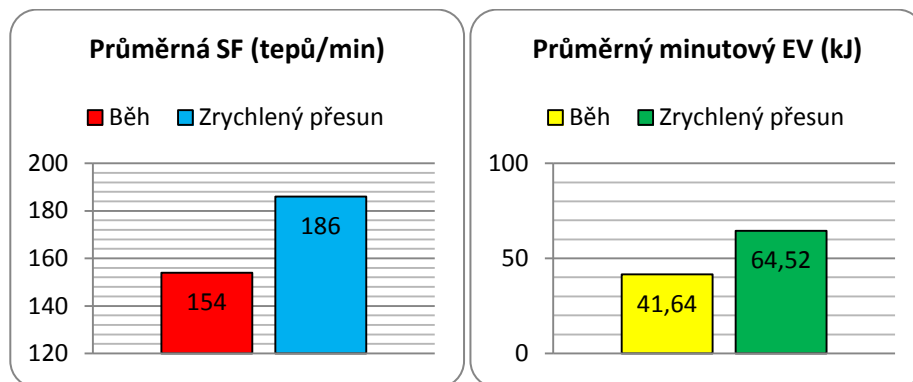
Graf 34 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 5 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 6

U probanda 6 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 32 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 25 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1142,9 kJ a při zrychleném přesunu 1771,04 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 41,64 kJ a při zrychleném přesunu 64,52 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 6 vzrostl v průměru o 22,88 kJ.

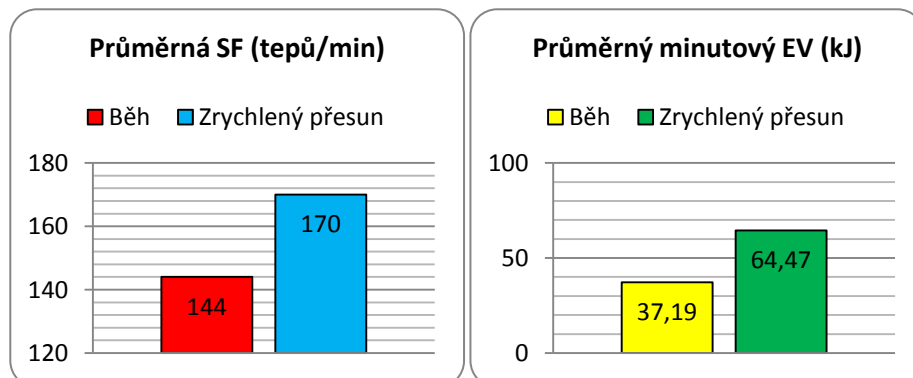
Graf 35 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 6 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 7

U probanda 7 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 26 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 24 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1020,87 kJ a při zrychleném přesunu 1769,81 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 37,19 kJ a při zrychleném přesunu 64,47 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 7 vzrostl v průměru o 27,28 kJ.

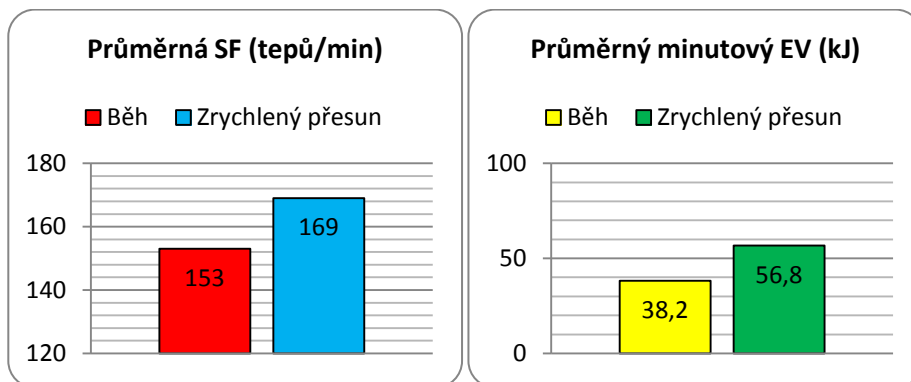
Graf 36 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 7 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 8

U probanda 8 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 16 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 12 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1048,62 kJ a při zrychleném přesunu 11559,27 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 38,20 kJ a při zrychleném přesunu 56,80 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 8 vzrostl v průměru o 18,60 kJ.

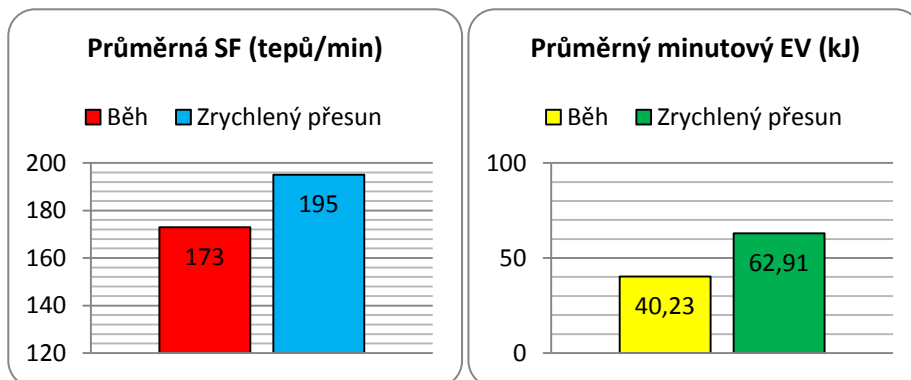
Graf 37 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 8 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



Proband 9

U probanda 9 činil rozdíl v průměrné srdeční frekvenci u běhu a zrychleného přesunu 22 tepů.min⁻¹, rozdíl mezi SF_{max} se rovnal 21 tepům.min⁻¹. Celkový energetický výdej při běhu činil 1104,32 kJ a při zrychleném přesunu 1726,93 kJ. Minutový energetický výdej při běhu byl roven 40,23 kJ a při zrychleném přesunu 62,91 kJ. Minutový energetický výdej tedy u probanda 9 vzrostl v průměru o 22,68 kJ.

Graf 38 – Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 9 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží



6 Diskuse

Cílem této studie bylo porovnání srdeční frekvence při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží a zároveň zjištění energetického výdeje u výše zmíněných činností.

Energetický výdej byl zjišťován na základě určení vzájemné závislosti $\dot{V}O_2$ a SF pomocí spiroergometrického vyšetření, získání dat pomocí přístroje snímajícího SF při měření v terénu a následného přepočtu podle dua autorů Hellera a Vodičky (2011) při využití rozdílných tabulkových hodnot EE_{O_2} v závislosti na hodnotách naměřené srdeční frekvence.

V ideálním případě by probíhalo měření respiračních hodnot přímo v terénu při běhu a zrychleném přesunu. Toto měření by bylo možné provádět za pomoci Douglasových vaků, které by vyšetřované osoby nesly na zádech, nebo za pomoci moderních lehkých přenosných analyzátorů, jež by získané respirační údaje přenášely telemetricky on-line do přijímače či by se získaná data ukládala přímo do přístroje k pozdějšímu vyhodnocení, jak uvádějí autoři Heller a Vodička (2011). Tato technologie měření a analýzy respiračních hodnot je však finančně velmi náročná a pro daný počet probandů se tak stává nedostupnou.

V této studii jsme se setkali se dvěma faktory, které měly vliv na naměřené hodnoty SF a následný přepočet EV. Jednalo se o trénovanost probandů a sklon k vagotonii či sympatikotonii.

Trénovanost probandů se projevila především při přepočtu celkového energetického výdeje u probanda 3 při běhu na 5 km. Hodnota jeho EV byla přibližně o 35 % nižší než hodnoty, které se objevovaly nejčastěji.

Již při spiroergometrickém vyšetření byla u probanda 5 zjištěna vagotonie (nižší SF při zátěži) a naopak u probanda 9 sympatikotonie (vyšší hodnoty SF při zátěži). Tyto nižší nebo naopak vyšší hodnoty srdeční frekvence pak mohly ve větší míře zkreslovat hodnoty energetického výdeje.

Naopak na výsledek této studie by měly mít zanedbatelný vliv klimatické podmínky, neboť terénní měření probíhala za téměř identických podmínek. Vliv na

výsledek studie by nemělo mít ani získávání dat za pomoci sporttesteru, jelikož všichni ze zúčastněných probandů měli zkušenosti s vykonáváním činnosti s tímto přístrojem.

Ze získaných hodnot bohužel není možné říci, zdali je SF vhodným ukazatelem zatížení při zrychleném přesunu se zátěží, neboť se velkou měrou promítaly silové kapacity zapojených svalových skupin a nejen aerobní kapacita a aerobní výkon. Podobně je tomu i u energetického výdeje, podle kterého není možné usuzovat na míru zatížení.

7 Závěr

Postupně byla provedena 3 měření u 9 probandů, posluchačů Vojenského oboru při Fakultě tělesné výchovy Univerzity Karlovy Praha. První měření probíhalo v laboratoři pomocí spiroergometrického vyšetření, zbylá dvě měření probíhala v terénu při stanovené rychlosti $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na vzdálenosti 5 km. Na základě naměřených hodnot srdeční frekvence a zjištěných hodnot energetického výdeje lze usuzovat k následujícímu:

Rozdíly hodnot průměrné SF získané při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží se u probandů pohybovaly od 16 do $37 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$, přičemž průměrná hodnota rozdílů SF byla rovna přibližně $26 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$.

U SF_{max} se u jednotlivých probandů pohyboval rozdíl hodnot naměřených u běhu oproti zrychlenému přesunu se zátěží v rozmezí $12 - 30 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$. Průměrná hodnota rozdílů SF_{max} pak byla $21 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$.

Ze zjištěných hodnot energetického výdeje lze říci, že průměrný minutový energetický výdej se u probandů při běhu na 5 km pohyboval od 28,20 kJ do 50,79 kJ, přičemž průměrná hodnota minutového energetického výdeje u výše uvedené činnosti byla 40,22 kJ. Dále bylo zjištěno, že se průměrný minutový EV při zrychleném přesunu na 5 km se zátěží pohyboval v rozmezí $54,35 - 73 \text{ kJ}$, což v průměru činilo 64,09 kJ. Průměrný minutový energetický výdej se tak zvedl v průměru o 26 %.

Na základě všech výše uvedených hodnot byl pak zjištěn u probandů rozdíl mezi hodnotami průměrného minutového energetického výdeje u běhu a zrychleného přesunu se zátěží. Tento rozdíl se pohyboval od 14,19 kJ do 41,94 kJ a v průměru byl roven 23,87 kJ.

Zjištěné hodnoty energetického výdeje nejsou zcela přesné, neboť hodnoty spotřeby kyslíku nebyly naměřeny v průběhu běhu a zrychleného přesunu se zátěží, ale byly získány pomocí spiroergometrického vyšetření a hodnoty energetického ekvivalentu pro kyslík byly dosazovány podle tabulek autorů Hellera a Vodičky (2011).

Závěry, které zde byly stanoveny, platí pouze pro tuto práci, neboť omezení této práce jsou vysoká.

Vzhledem k tomu, že jsou přesuny nedílnou součástí STP, nemělo by docházet k jejich opomíjení při výcviku a jakékoliv nové poznatky z této oblasti by měly přispět k jejich rozvoji.

Seznam literatury

- 1) Bartůňková, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2010, 285 s. ISB 978-80-246-1817-3.
- 2) ČÁP, Václav. *Porovnání energetické náročnosti při plavání v oděvu a bez oděvu*. Praha, 2009. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- 3) DOUGLAS MARTIN, MSN RN. *The Complete study guide to learning the electrocardiogram*. (1st edition). Surprise, Ariz: Mind-Forge Pub, 2007. ISBN 978-0-6151-4214-2.
- 4) DOVALIL, Josef a Tomáš PERIČ. *Sportovní trénink*. 1. vydání. Praha: Grada, 2010, 160 s. ISBN 978-80-247-2118-7.
- 5) DOYLE, J. Andrew and Marie DUNFORD. *Nutrition for sport and exercise* (2nd edition). Belmont, CA: Wadsworth, 2012, 602 p. ISBN 978-0-8400-6829-3.
- 6) HAVLÍČKOVÁ, Ladislava et al. *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2008, 203 s. ISBN 978-80-7184-875-2.
- 7) HAVLÍČKOVÁ, Ladislava et al. *Fyziologie tělesné zátěže II.: speciální část – 1. díl*. Praha: Karolinum, 1993, 238 s. ISBN 80-7066-815-6.
- 8) HELLER, Jan a Pavel VODIČKA. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 2011, 115 s. ISBN 978-80-246-1976-7.
- 9) HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. 1. vydání. Praha: Portál, 2005, 407 s. ISBN 80-7367-040-2.
- 10) HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: Analýza a metaanalýza dat*. 1. vydání. Praha: Portál, 2004, 583 s. ISBN 80-7178-820-1.
- 11) HOEGER, Werner W. a Sharon A. HOEGER. *Principles and labs for physical fitness*. 6th edition. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth, 2008, 428 p. ISBN 0-495-11193-7.
- 12) CHMELAŘ, Milan. *Lékařská přístrojová technika I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1995, 192 s. ISBN 80-858-6763-X.
- 13) MÁČEK, Miloš a Jan VÁVRA. *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. 2. vydání. Praha: Avicenum, 1988, 360 s.

- 14) McARDLE, D. W., I. F. KATCH a I. V. KATCH. *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance* (5th edition). USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2006, 1158 p. ISBN 0-7817-2544-5.
- 15) NORMATIVNÍ VÝNOS MINISTERSTVA OBRANY Č. 12/2011. *Služební tělesná výchova v rezortu Ministerstva obrany*.
- 16) ROKYTA, Richard et al. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. 1. vydání. Praha: ISV, 2000, 359 s. ISBN 80-85866-45-5.
- 17) ŠTEJFA, Miloš. *Kardiologie*. 3. přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2007, 722 s. ISBN 978-80-247-1385-4.
- 18) TROJAN, Stanislav et al. *Lékařská fyziologie*. 4. přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
- 19) ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2. rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Grada, 2009, 542 s. ISBN 978-80-247-2844-5.

Seznam obrázků

Obrázek 1	14
Obrázek 2	23
Obrázek 3	24
Obrázek 4	26
Obrázek 5	29
Obrázek 6	30
Obrázek 7	31
Obrázek 8	40
Obrázek 9	40
Obrázek 10	41
Obrázek 11	41

Seznam tabulek

Tabulka 1: Metabolizované živiny podle RQ (Havlíčková a kol., 2008).....	18
Tabulka 2: Zdroje energetického krytí (Dovalil a Perič, 2010)	18
Tabulka 3: Hodnoty energetického ekvivalentu pro kyslík v závislosti na hodnotách srdeční frekvence (Heller a Vodička, 2011).....	31
Tabulka 4: Klimatické podmínky během měření v terénu.	42
Tabulka 5: Průměrné SF a SF _{max} u jednotlivých probandů při běhu na 5 km....	42
Tabulka 6: Průměrné SF a SF _{max} u jednotlivých probandů při zrychleném přesunu na 5 km.	43
Tabulka 7: Hodnoty energetického výdeje u jednotlivých probandů při běhu na 5 km.....	53
Tabulka 8: Hodnoty energetického výdeje u jednotlivých probandů při zrychleném přesunu na 5 km.....	54

Seznam grafů

Graf 1: Vzájemná závislost VO_2 a SF u 4 probandů v první testované skupině zjištěná během spiroergometrického vyšetření na běžeckém pásu.....	39
Graf 2: Vzájemná závislost VO_2 a SF u 5 probandů v druhé testované skupině zjištěná během spiroergometrického vyšetření na běžeckém pásu.....	39
Graf 3: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 1.....	44
Graf 4: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 1...	44
Graf 5: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 2.....	45
Graf 6: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 2...	45
Graf 7: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 3.....	46
Graf 8: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 3...	46
Graf 9: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 4.....	47
Graf 10: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 4...	47
Graf 11: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 5.....	48
Graf 12: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 5...	48
Graf 13: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 6.....	49
Graf 14: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 6...	49
Graf 15: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 7.....	50
Graf 16: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 7...	50
Graf 17: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 8.....	51
Graf 18: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 8...	51
Graf 19: Průměrné SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 9.....	52
Graf 20: Maximální SF v průběhu běhu a zrychleného přesunu u probanda 9...	52
Graf 21: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 1.....	54
Graf 22: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 2.....	55
Graf 23: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 3.....	55
Graf 24: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 4.....	56
Graf 25: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 5.....	56

Graf 26: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 6.....	57
Graf 27: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 7.....	57
Graf 28: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 8.....	58
Graf 29: Porovnání energetického výdeje v průběhu běhu a zrychleného přesunu na 5 km u probanda 9.....	58
Graf 30: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 1 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	59
Graf 31: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 2 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	59
Graf 32: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 3 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	60
Graf 33: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 4 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	61
Graf 34: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 5 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	61
Graf 35: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 6 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	62
Graf 36: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 7 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	62
Graf 37: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 8 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	63
Graf 38: Průměrné hodnoty SF a minutového EV u probanda 9 při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.....	63

Seznam příloh

Příloha 1: Žádost o vyjádření etické komise.....	75
Příloha 2: Informovaný souhlas.....	76
Příloha 3: Jeden z probandů před zrychleným přesunem na 5 km s 10 kg zátěží	77
Příloha 4: Průběh SF u probanda 1 při běhu na 5 km.....	77
Příloha 5: Průběh SF u probanda 2 při běhu na 5 km.....	77
Příloha 6: Průběh SF u probanda 3 při běhu na 5 km.....	78
Příloha 7: Průběh SF u probanda 4 při běhu na 5 km.....	78
Příloha 8: Průběh SF u probanda 5 při běhu na 5 km.....	78
Příloha 9: Průběh SF u probanda 6 při běhu na 5 km.....	79
Příloha 10: Průběh SF u probanda 7 při běhu na 5 km.....	79
Příloha 11: Průběh SF u probanda 8 při běhu na 5 km.....	79
Příloha 12: Průběh SF u probanda 9 při běhu na 5 km.....	80
Příloha 13: Průběh SF u probanda 1 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	80
Příloha 14: Průběh SF u probanda 2 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	80
Příloha 15: Průběh SF u probanda 3 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	81
Příloha 16: Průběh SF u probanda 4 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	81
Příloha 17: Průběh SF u probanda 5 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	81
Příloha 18: Průběh SF u probanda 6 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	82
Příloha 19: Průběh SF u probanda 7 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	82
Příloha 20: Průběh SF u probanda 8 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	82
Příloha 21: Průběh SF u probanda 8 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží	83
Příloha 22: Stručný popis probandů 1 - 9.....	83

Příloha 1 – Žádost o vyjádření etické komise



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín
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: Komparace srdeční frekvence a energetického výdeje při běhu na 5 km a zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží.

Forma projektu: Bakalářská práce

Autor: Kopriva Jiří

Školitel: Mgr. Fedák Josef

Popis projektu: Komparace srdeční frekvence a energetického výdeje při běhu ve sportovním oblečení a při zrychleném přesunu se zátěží ve vojenském ústrojí. Hodnoty tepové frekvence budou zjišťovány pomocí sporttesteru. Hodnoty energetického výdeje budou určovány na základě přepočtu pomocí vzorce, jež vyžaduje hodnoty spotřeby kyslíku, energetického ekvivalentu pro kyslík a doby trvání činnosti. Výzkumný soubor je ve věkovém rozmezí 20 - 26 let. Budou probíhat 3 měření. Jedno měření proběhne v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI a jedná se o spiroergometrické vyšetření na běhacím pásu. Následující 2 měření proběhnou v terénu na 5 km dlouhé trati ve sportovním oblečení bez zátěže a ve vojenském oděvu se zátěží.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky: V rámci výzkumu se nebudou používat žádné invazivní metody.

Etické aspekty výzkumu: V rámci této práce nebudou zveřejněny osobní údaje účastníků výzkumu.

Informovaný souhlas: (přiložen)

V Praze dne 21. 3. 2013

Podpis autora: *Kopriva Jiří*

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: *0105/2013*

dne: *2. 4. 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.

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

1

Bouliková
podpis předsedy EK

Informovaný souhlas

Dovoluji si Vás oslovit za účelem Vaší účasti na výzkumu pro moji bakalářskou práci. Byl jste vybrán ze studentů Vojenského oboru při FTVS UK Praha a tím tedy splňujete podmínky pro účast na mém výzkumu.

Cílem práce je na základě naměřených výsledků odezvy organismu na zatížení při běhu a při zrychleném přesunu se zátěží porovnat hodnoty srdeční frekvence a energetického výdeje. Měření budou prováděna v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI a v terénu v okolí Prahy - Ruzyně.

Budou probíhat 3 měření. Jedno měření proběhne v Laboratoři funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství CASRI a jedná se o spiroergometrické vyšetření na běžecském pásu. V odstupe maximálně 14 dní proběhnou následující 2 měření v terénu na 5 km dlouhé trati ve sportovním oblečení bez zátěže a ve vojenském oděvu se 10 kg zátěží. Tato 2 měření proběhnou ve 2 po sobě jdoucích dnech. Průměrná rychlost pro běh a zrychlený přesun je stanovena na $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Každé měření zabere u jednoho probanda 25 – 30 min.

Měření jednotlivých probandů budou zdokumentována pomocí doprovodných fotografií. Srdeční frekvence bude zaznamenávána pomocí sporttesteru Garmin Forerunner 310 XT.

Při tomto výzkumu nehrozí ze zdravotního hlediska žádné nebezpečí. Celé měření je bezbolestné.

Výsledky měření budou zpracovány anonymně a budou použity v mé bakalářské práci. Tímto probandy ubezpečuji, že získaná data nebudou zneužita a osobní údaje zveřejněny.

Byl jsem informován o průběhu měření.

Byl jsem informován o účelu výzkumu.

Byl jsem informován o tom, jakým způsobem budou zaznamenávána data.

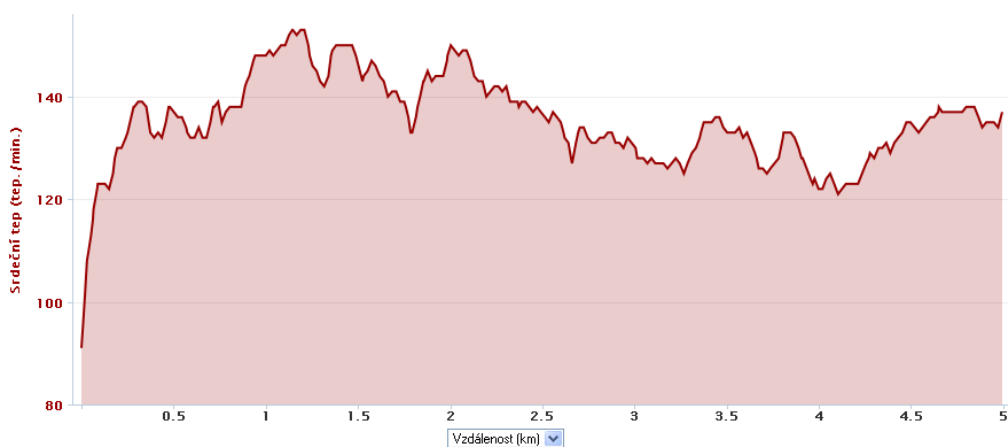
Byl jsem informován, že veškerá data budou dokumentována a zveřejněna bez použití jména.

Svým podpisem potvrzuji, že souhlasím se všemi body tohoto informovaného souhlasu a rozumím průběhu výzkumu.

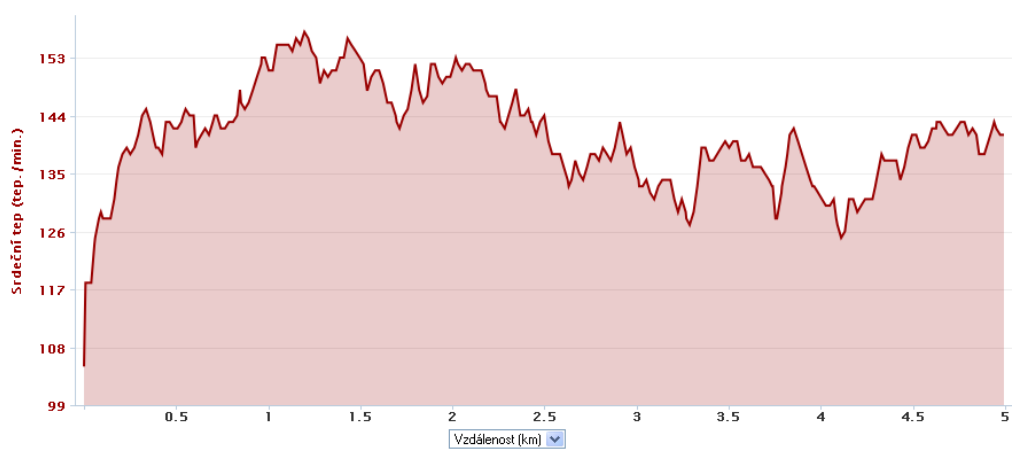
Příloha 3 - Jeden z probandů před zrychleným přesunem na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: archiv)



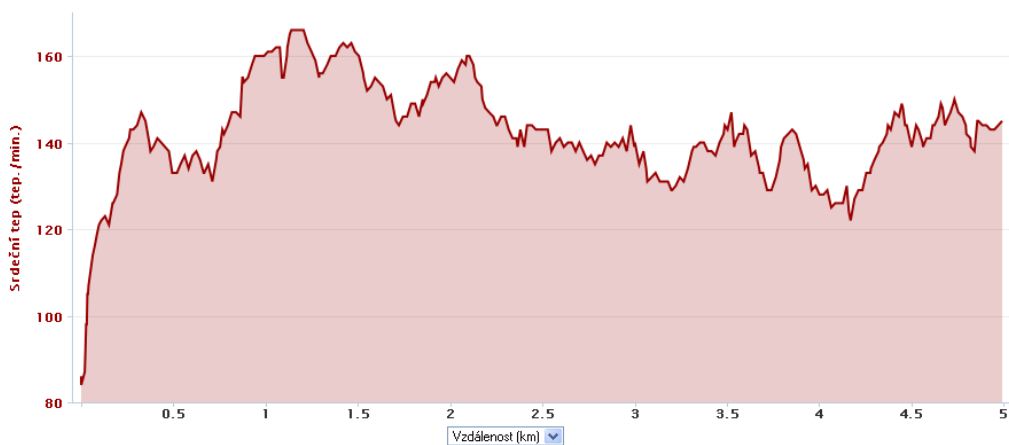
Příloha 4 – Průběh SF u probanda 1 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



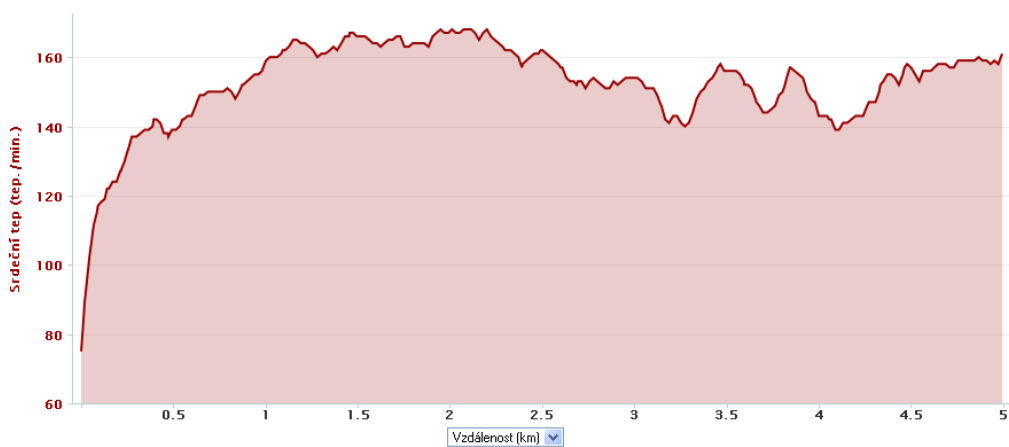
Příloha 5 - Průběh SF u probanda 2 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 6 - Průběh SF u probanda 3 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



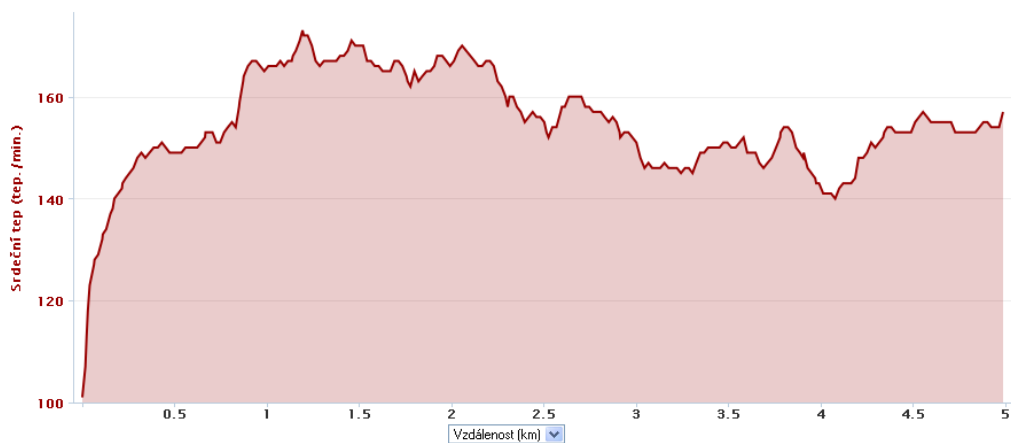
Příloha 7 - Průběh SF u probanda 4 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



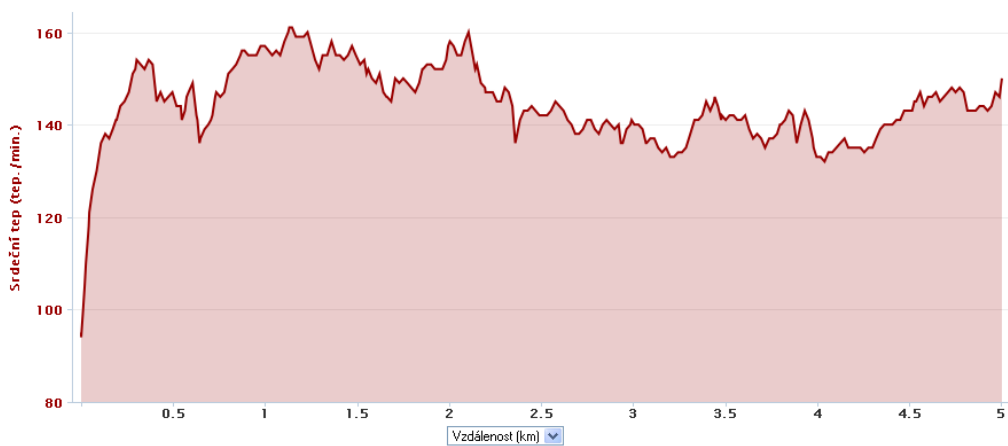
Příloha 8 - Průběh SF u probanda 5 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 9 - Průběh SF u probanda 6 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 10 - Průběh SF u probanda 7 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 11 - Průběh SF u probanda 8 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 12 - Průběh SF u probanda 9 při běhu na 5 km (zdroj: služba Garmin Connect)



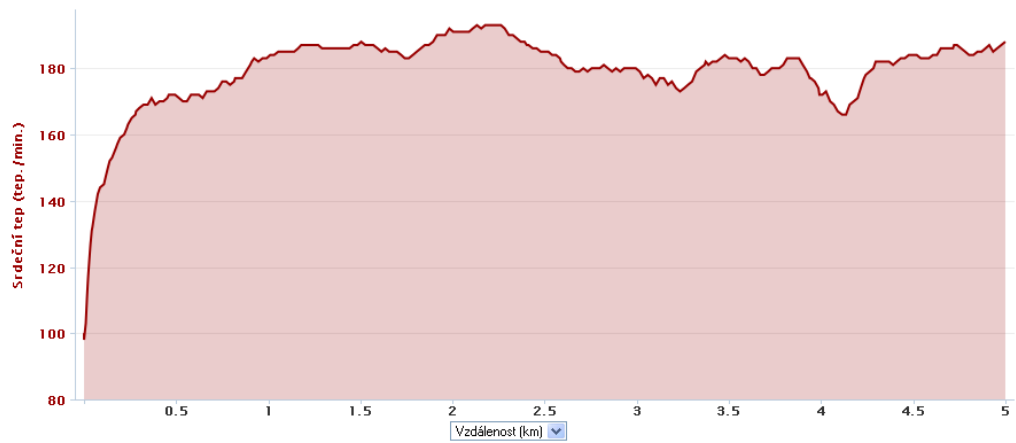
Příloha 13 - Průběh SF u probanda 1 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



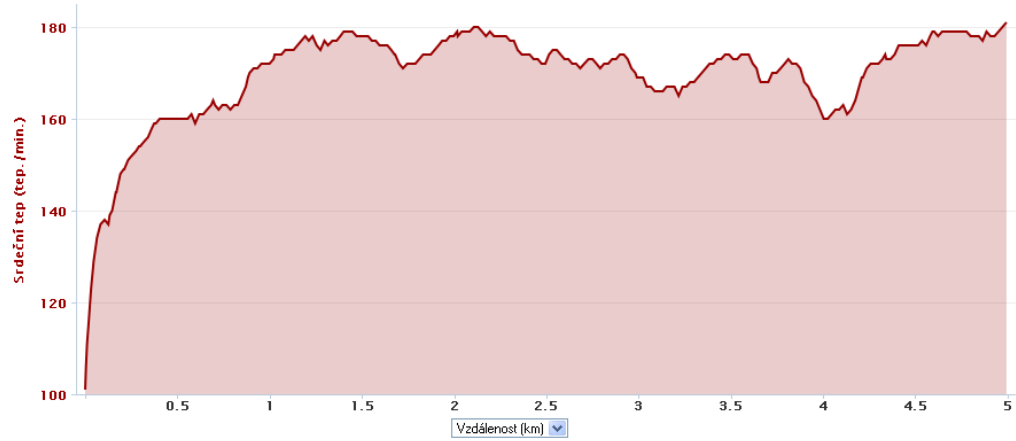
Příloha 14 - Průběh SF u probanda 2 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



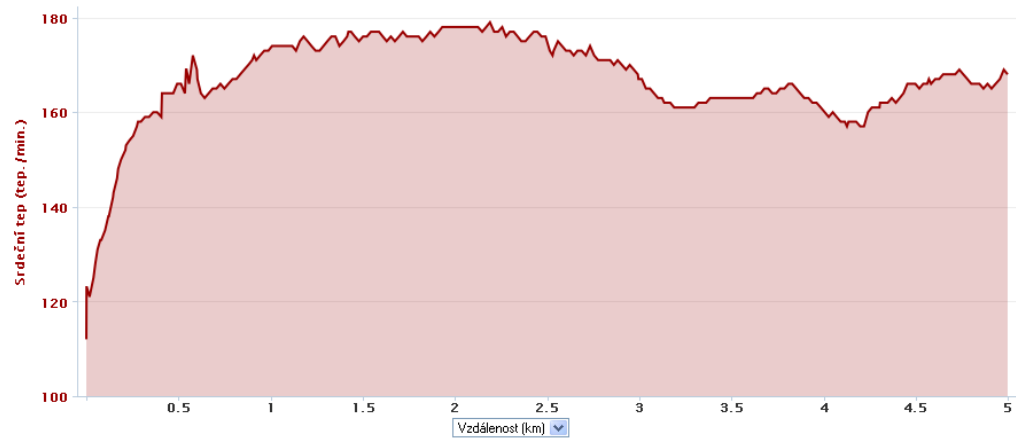
Příloha 15 - Průběh SF u probanda 3 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



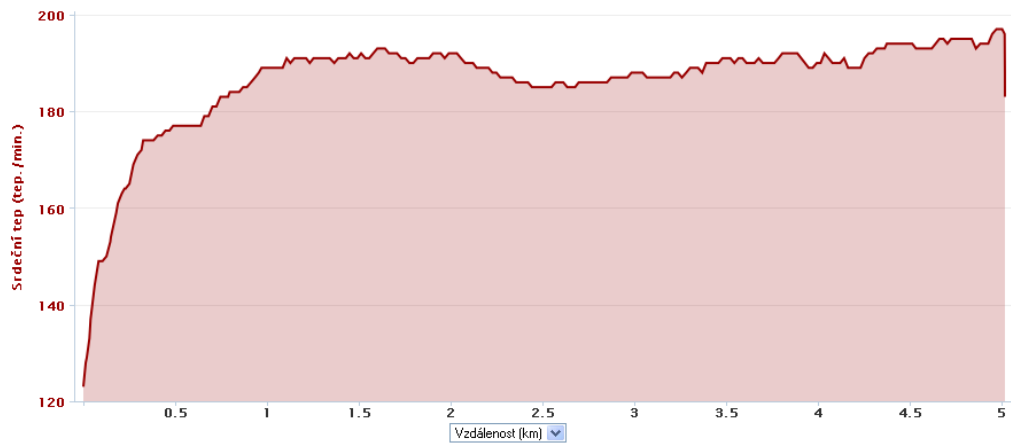
Příloha 16 - Průběh SF u probanda 4 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 17 - Průběh SF u probanda 5 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 18 - Průběh SF u probanda 6 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



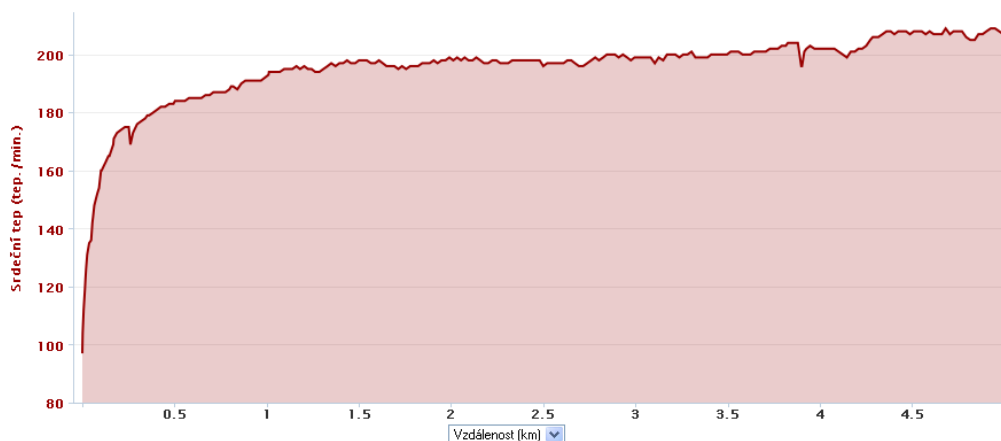
Příloha 19 - Průběh SF u probanda 7 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 20 - Průběh SF u probanda 8 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 21 - Průběh SF u probanda 8 při zrychleném přesunu na 5 km s 10 kg zátěží (zdroj: služba Garmin Connect)



Příloha 22 – Stručný popis probandů 1 - 9

Proband 1

Věk: 21 let

Výška: 176 cm

Váha: 73 kg

Sportovní životopis: Od 8 let až doposud se věnuje bojovému umění kyokushin karate, jeho největším úspěchem je 3. místo na ME juniorů.

Proband 2

Věk: 24 let

Výška: 180 cm

Váha: 74 kg

Sportovní životopis: Od 3 let do 12 let hrál tenis. Dále od 9 let do 14 let hrál závodně lední hokej. Poté až doposud se věnuje převážně kondičnímu běhu.

Proband 3

Věk: 26 let

Výška: 173 cm

Váha: 71 kg

Sportovní životopis: Od 8 let do 18 let hrál závodně lední hokej. Dále od 15 let do 20 let závodně běhal 400 m a 400 m překážek. V dnešní době se věnuje kondičnímu běhu a kondičnímu posilování.

Proband 4

Věk: 25 let

Výška: 170 cm

Váha: 69 kg

Sportovní životopis: Od 5 let do 22 let vrcholově provozoval judo, jeho největším úspěchem bylo 7. místo na ME juniorů a 1. místo na SP juniorů. Poté, co skončil s vrcholovým provozováním juda, se začal věnovat outdoorovým aktivitám.

Proband 5

Věk: 21 let

Výška: 176 cm

Váha: 72 kg

Sportovní životopis: Od 8 let do 18 let hrál závodně fotbal. V dnešní době se věnuje kondičnímu běhu a kondičnímu posilování.

Proband 6

Věk: 22 let

Výška: 174 cm

Váha: 70 kg

Sportovní životopis: Od 10 let do 17 let se závodně věnoval akrobatickému rock and rollu. V dnešní době se věnuje aktivně sportovnímu lezení.

Proband 7

Věk: 24 let

Výška: 181 cm

Váha: 73 kg

Sportovní životopis: Do 14 let provozoval různé sportovní aktivity. Od 14 let se věnoval judu a v 18 letech se začal věnovat boxu, který provozuje závodně dodnes.

Proband 8

Věk: 22 let

Výška: 178 cm

Váha: 74 kg

Sportovní životopis: Od 9 let doposud hraje závodně lední hokej. Také se věnuje kondičnímu posilování.

Proband 9

Věk: 23 let

Výška: 169 cm

Váha: 68 kg

Sportovní životopis: Od 5 let do 19 let hrál závodně fotbal. V dnešní době se věnuje kondičnímu posilování a běhání.