MASARYKOVA UNIVERZITA

FAKULTA SPORTOVNÍCH STUDIÍ

KATEDRA ATLETIKY, PLAVÁNÍ A SPORTŮ V PŘÍRODĚ

Faktory limitující výkon v bězích na střední tratě

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
PaedDr. Josef Michálek, CSc.

Vypracoval:
Bc. Jozef Dzurenda
TVS – Trénerství

BRNO 2014

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením PaedDr. Josefa Michálka, CSc. a na základe literatúry a prameňov uvedených v použitých zdrojoch.

V Brne dňa: Bc. Jozef Dzurenda

_____ _____

Poďakovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce PaedDr. Josefovi Michálkovi, CSc. za udelenie cenných rad a za odborný dohľad pri práci na tejto téme.

Obsah

Úvod ... 5
1 Športový výkon ... 6
1.1 Štruktúra športového výkonu ... 7
2 Beh na stredné trate ... 9
2.1 História ... 9
2.2 Beh ako pohyb ... 11
2.3 Energetika behu na stredné trate ... 13
3 Ciele, úlohy a metodika práce ... 16
3.1 Cieľ práce ... 16
3.2 Úlohy práce ... 16
3.3 Metodika práce ... 16
4 Výsledky práce a diskusia ... 17
4.1 Somatické faktory ... 17
4.2 Kondičné faktory ... 18
4.2.1 Únava ... 19
4.2.2 Vytrvalosť ... 20
4.2.2.1 Aeróbna vytrvalosť ... 22
4.2.2.1.1 Maximálna aeróbna kapacita ... 22
4.2.2.1.2 Laktátový/anaeróbny prah ... 25
4.2.2.1.3 Ekonomika pohybu ... 27
4.2.2.2 Anaeróbna vytrvalosť ... 28
4.2.3 Silová a explozívna silová schopnosť ... 29
4.3 Technické faktory ... 30
4.4 Taktické faktory ... 32
4.5 Psychické faktory ... 34
4.6 Iné faktory ... 35
4.6.1 Rozcvičenie ... 35
4.6.2 Ročná doba a súťažný kalendár ... 35
5 Záver ... 37
6 Zoznam použitej literatúry ... 40
RESUMÉ ... 50
SUMMARY ... 50

Úvod

Atletické disciplíny sú najstaršie a základné formy športu. O tom, kto beží rýchlejšie, skočí ďalej a vyššie či prehodí väčšiu vzdialenosť, sa organizovane súťažilo už v starovekom Grécku. Beh ako prirodzená forma ľudskej lokomócie tvorí značnú časť týchto disciplín. Ak chceme podať čo najvyšší výkon, musíme maximálne využiť naše schopnosti a kapacity, ktoré tento výkon limitujú. Ako každý športový výkon, aj výkon v behu je závislý na faktoroch tvoriacich jeho štruktúru. Identifikáciou týchto faktorov môžeme získať prehľad o tom, ktorý faktor náš výkon limituje, a následne ho cieleným tréningom ovplyvniť.

V predloženej bakalárskej práci je našim cieľom nájsť a popísať konkrétne tie faktory, ktoré limitujú výkon v behu na stredné trate. Stredná trať v dnešnej atletike znamená trať v dĺžke od 800 do 3 000 metrov. To znamená, že atlét musí bežať čo najrýchlejšie po dobu približne 2 až 8 minút podľa dĺžky trate. Evidentne je takýto výkon prejavom hlavne špecifickej vytrvalosti. Aké parametre a kvality v štruktúre športového výkonu musí tento bežec mať, je predmetom nášho skúmania.

Práca pozostáva z niekoľkých kapitol, smerujúc od všeobecného popisu športového výkonu cez popis behu ako atletickej disciplíny až k samému hľadaniu faktorov, ktoré výkon v behoch na stredné trate limitujú. Tieto faktory sú rozdelené podľa štruktúry výkonu do niekoľkých kategórií. Znalosťou týchto faktorov môžeme identifikovať bežca z predpokladmi k vysokej výkonnosti v tejto disciplíne alebo zamerať športový tréning na oblasti, ktoré ho limitujú.

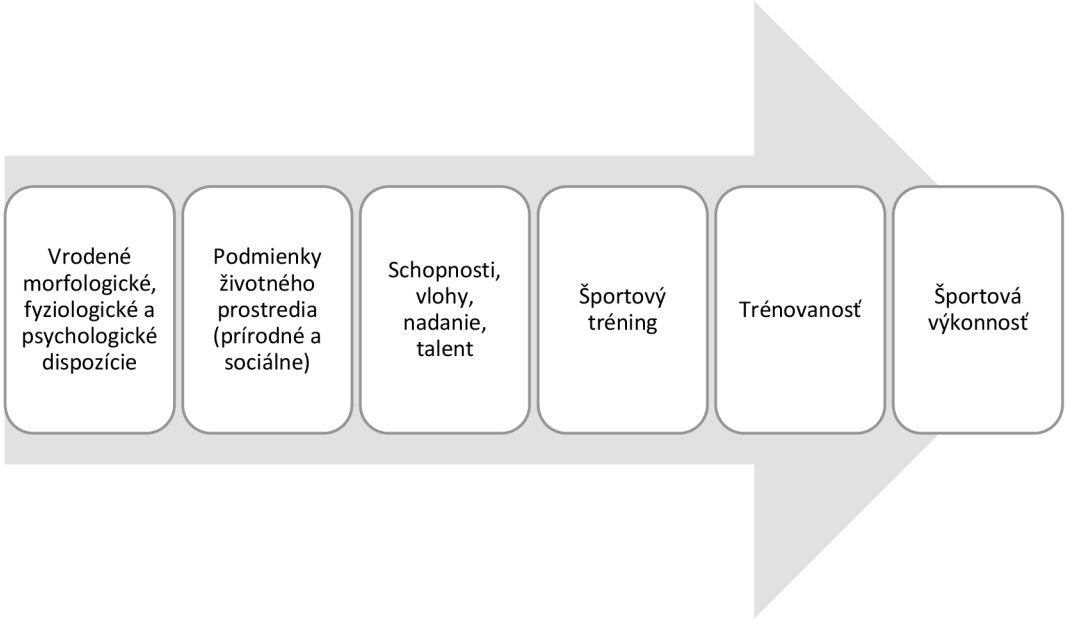
1 Športový výkon

Všeobecne pod pojmom výkon rozumieme výsledok určitej činnosti (riešenia úlohy) v danom čase a za daných podmienok. Hodnotíme ho ako mieru alebo stupeň, akým bola úloha riešená či vyriešená. Pohybovým výkonom je teda miera realizácie určitej pohybovej úlohy. Športový výkon je špecifickým typom pohybového výkonu. Počas športového výkonu sa jedinec pokúša dosiahnuť maximálny výkon. Je to vyvrcholením a zmyslom športovej činnosti. (Měkota, 2007) Vysoký výkon je charakterizovaný maximálnym sústredením či úsilím a dokonalou koordináciou prevedenia. Základom športového výkonu je komplexný integrovaný prejav motorických a psychických funkcií človeka (Dovalil, 2009).

Športový výkon je hlavnou kategóriou športu a tréningu a realizuje sa špecifickými pohybovými činnosťami. Tieto činnosti vedú k riešeniu úlohy, ktorá je vymedzená pravidlami daného športu a v nich športovec usiluje o maximálne uplatnenie výkonových predpokladov. Športový výkon sa skladá z priebehu činnosti a výsledku tejto činnosti (Dovalil, 2009). Výsledok činnosti je možné hodnotiť kvantitatívne pomocou fyzikálnych jednotiek (čas, vzdialenosť, hmotnosť), subjektívnym hodnotením (body) či počtom zásahov (body, góly) a podobne (Zvonař & Duvač, 2011). Môžeme povedať, že hodnota výkonu v behu na stredné trate je daná časom, za ktorý bežec danú trať prekoná – zabehne.

Podľa Měkoty (2007) sa športová výkonnosť formuje dlhodobo a je výsledkom vrodených dispozícii, vývoja jedinca, vplyvom prostredia a športového tréningu. Vrodené dispozície (morfologické, fyziologické a psychologické), telesný, duševný a sociálny rozvoj, to všetko je závislé na prostredí, v ktorom jedinec vyrastá.

Športový výkon sa rozvíja predovšetkým organizovaným športovým tréningom. Tým rozumieme zámerné ovplyvňovanie výkonnostného rastu jedinca s cieľom dosiahnuť zmien vedúcich k zvýšeniu trénovanosti jedinca (Dovalil, 2009). Obrázok 1 zovšeobecňuje formovanie športovej výkonnosti.



Obrázok 1: Športový výkon ako výsledok dlhodobého formovania. Zdroj: Dovalil, 2009

1.1 Štruktúra športového výkonu

Prostredníctvom interakcie vrodeným vlastností, prostredia a cieleného športového tréningu sa vytvára skladba psychofyzických predpokladov k rôznym typom pohybových činností. Aby bolo možné sa pre účely športového tréningu v týchto predpokladoch orientovať, sú vytvárané modely štruktúry športového výkonu. Systémovým prístupom k športovému výkonu vymedzujeme systém prvkov, ktoré tvoria samotný výkon. V množine premenných, ktoré športový výkon vytvárajú a ovplyvňujú, podľa Dovalila (2009) rozlišujeme:

- Somatické faktory – telesná stavba. K hlavným faktorom patrí výška a hmotnosť tela, dĺžkové rozmery a pomery, zloženie a typ tela.
- Kondičné faktory – úroveň pohybových schopnosti. V každej pohybovej činnosti sa dá identifikovať prejav sily, vytrvalosti či rýchlosti. Ich pomer sa líši podľa pohybovej úlohy. Kondičnými faktormi rozumieme úroveň silových a vytrvalostných schopností.
- Technické faktory – úroveň pohybových zručností. Tieto zručnosti predstavujú učením (športovým tréningom) získané predpoklady pre správne, efektívne a úsporné plnenie pohybových úloh. Technika, teda spôsob prevedenia pohybu, ich zásoba, stabilita a adaptabilita je významný

faktor štruktúry športového výkonu. Mimoriadnu úlohu tu zohráva koordinačná pohybová schopnosť.

- Taktické faktory – tvorivé jednanie športovca či voľba spôsobu riešenia úloh v súlade s pravidlami. Jadro taktických schopností tvoria intelektuálne procesy. Predpokladom sú teda určite intelektové schopnosti znalosť pravidiel, základných princípoch a postupoch taktického boja a reálne hodnotenie vlastných predpokladov a možností. V rade športov, kam patria aj atletické behy, sa taktika uplatňuje minimálne. V atletických behoch spočíva v optimálnom rozdelení síl, vo voľbe tempa a podobne.
- Psychické faktory – kognitívne, emočné a motivačné procesy vychádzajúce z osobnosti športovca.

Aktuálny športový výkon je ovplyvnený aj vonkajšími (exogénnymi) faktormi. Nesúvisia teda s osobnosťou, telesným a duševným rozvojom či trénovanosťou. Medzi tieto podľa Dovalila (2009) zaradzujeme:

- nutričné – výživa a pitný režim,
- farmakologické a fyziologické – látky či postupy pre rozvoj prirodzených fyziologických funkcií a procesov dôležitých pre športový výkon,
- psychologické – psychologické postupy ako hypnóza, ideomotorický tréning, meditácie a ďalšie,
- mechanické – napr. konštrukcia náradia a náčinia, povrch športovej plochy, technológia zariadenia podobne.

2 Beh na stredné trate

Atletický beh je základnou bipedálnou lokomóciou človeka. Všestranne sa uplatňuje nielen v atletike, ale vo väčšine športových odvetví. Podstatu tvorí sled opakujúcich sa bežeckých krokov, pri ktorých sa bežec odráža striedavo pravou a ľavou nohou s nesúhlasným pohybom paží. Bežecký krok sa skladá z fázy opory a letu. Rýchlosť behu ovplyvňuje dĺžka a frekvencia kroku (Kuchen, 1985).

Atletické behy na dráhe delíme podľa typu na:

- hladké,
- prekážkové,
- štafetové.

Podľa prekonanej vzdialenosti zase na:

- krátke (do 400 metrov),
- behy na stredné vzdialenosti (nad 400 metrov a do 3 000 m),
- behy na dlhé vzdialenosti (nad 3 000 metrov).

Behmi na strednú trať teda rozumieme bežeckú atletickú disciplínu, v ktorej je úlohou športovca prekonať vopred danú trať za čo najkratší čas, resp. prekonať trať skôr než súperi.

2.1 História

Bežecké disciplíny patria k najstarším formám športovej súťaže. (Sommer, 2003) Prvé organizované športové atletické behy sa podľa Grexu (2007) objavujú podľa očakávania v starovekom grécku na Panhelénskych (Celogréckych) hrách. Ako prvé autor uvádza staroveké Olympijské hry z roku 776 pred našim letopočtom. Na týchto hrách sa konal beh na jeden *stadium* (tzv. dromos). Štadión bol dlhý 192.27 metrov a dráha bola pokrytá pieskom. Postupom času pribúdali behy na ďalšie vzdialenosti – 724 p. n. l. diaulos (384.5m) a 720 p. n. l. dolichos (7-24 štadiónov). V roku 520 p. n. l. pribudla zvláštna bežecká disciplína – hoplitodormos – beh ťažkoodencov (Grexa (2007), Sommer (2003)).

Nástupom feudalizmu v stredoveku poznamenaným cirkevným odmietaním telesnosti sa športové hry a súťaže potlačili a vykorenili. Posledné

staroveké olympijské hry sa konali v roku 393 nášho letopočtu (Grexa, 2007). Atletické súťaže (behy, hody, skoky a pod.) sa v tomto období prakticky nekonali. Tieto disciplíny však boli zahrnuté v rytierskej príprave. Novej obľube sa atletické disciplíny zase tešili v 18. storočí, keď sa súťažilo najme v behu a chôdzi, často však len o stávky. Disciplíny behov na stredné vzdialenosti sa na novodobých olympijských hrách objavujú podľa tabuľky 1. V roku 1913 vznikla Medzinárodná atletická federácia (IAAF) a od roku 1983 organizuje majstrovstvá sveta. Na olympijských hrách sa súťaži v behoch na 800 metrov, 1 500 metrov a 3 000 metrov cez prekážky (steeplechase).

Tabuľka 1: Obdobia bežeckých disciplín na stredné trate na olympijských hrách.

Pohlavie/Disciplína (m)	800	1 500	3 000	3 000 pr.
Muži	1896 –	1896 –	1912, 1920, 1924	1900 –
Ženy	1928, 1960 –	1972 –	1984 - 1992	2008 –

Zdroj: vlastná práca

Majstrovstvá sveta IAAF dnes obsahujú rovnaké disciplíny behov na stredné trate ako olympijské hry. (IAAF, 2014) Výnimkou sú halové majstrovstvá sveta IAAF, kde sa disciplína 3 000 metrov cez prekážky nekoná, naopak, koná sa disciplína hladkých 3 000 metrov. (IAAF, 2014) Tabuľka 2 obsahuje prvé oficiálne svetové rekordy a ich držiteľov, zároveň doplňujeme ich aktuálne[1] hodnoty a autorov týchto rekordov.

[1] Podľa IAAF k 11.11.2014

Tabuľka 2: Prvé oficiálne a aktuálne rekordy bežeckých disciplín na stredné trate.

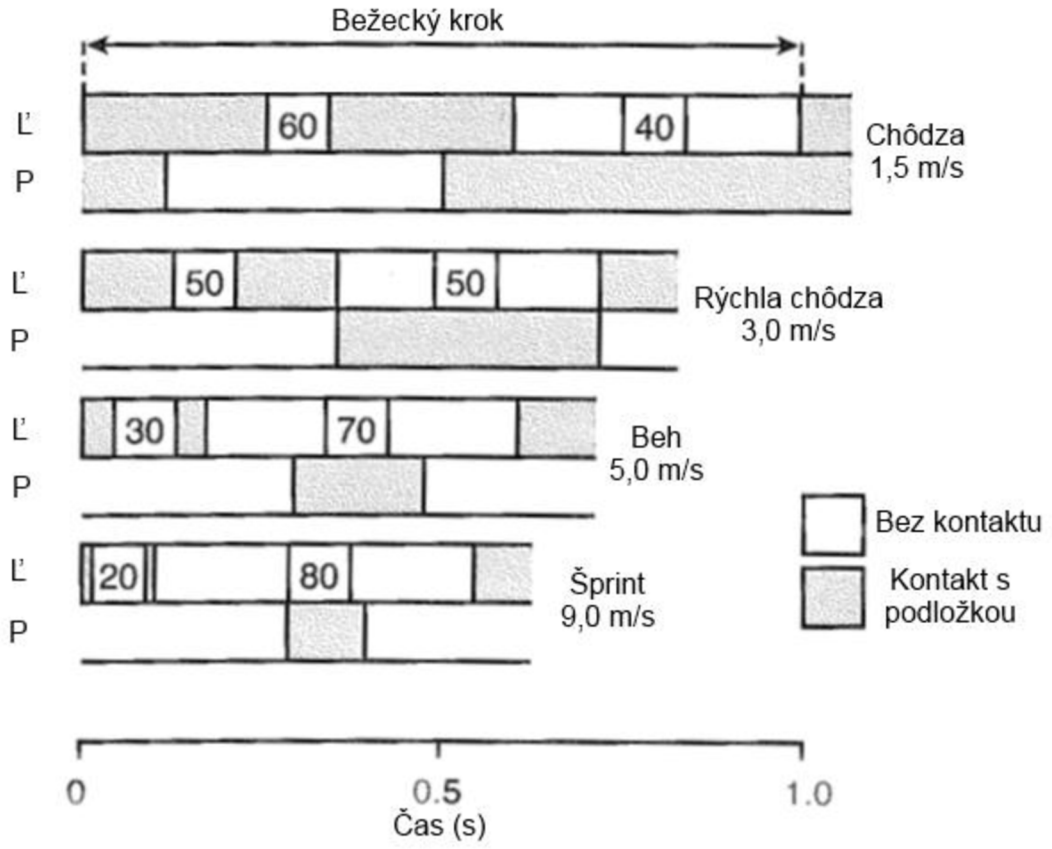
	800		1 500		3 000 pr.	
	Prvý	Aktuálny	Prvý	Aktuálny	Prvý	Aktuálny
Muži	1912 J. Meredith, USA, 1:59,9	2012 D. L. Rudisha (Keňa) 1:40,91	1912 A. Kiviat (USA) 3:55,0	1998 H. El Guerrouj (Maroko) 3:26,0	1954 S. Rozsnyói (Maďarsko) 8:49,6	2004 S. S. Shaheen (Katar) 7:53,63
Ženy	1944 A. Larssonová (Švédsko) 2:15,9	1983 J. Kratochvílová (ČSSR) 1:53,28	1967 A. Smithová (V. Británia) 4:17,3	1993 Y. Qu (Čína) 3:50,46	1996 S. Heeb (USA) 10:34,5	2008 G. Samitova-Galkina (Rusko) 8:58.81

Zdroj: vlastná práa

2.2 Beh ako pohyb

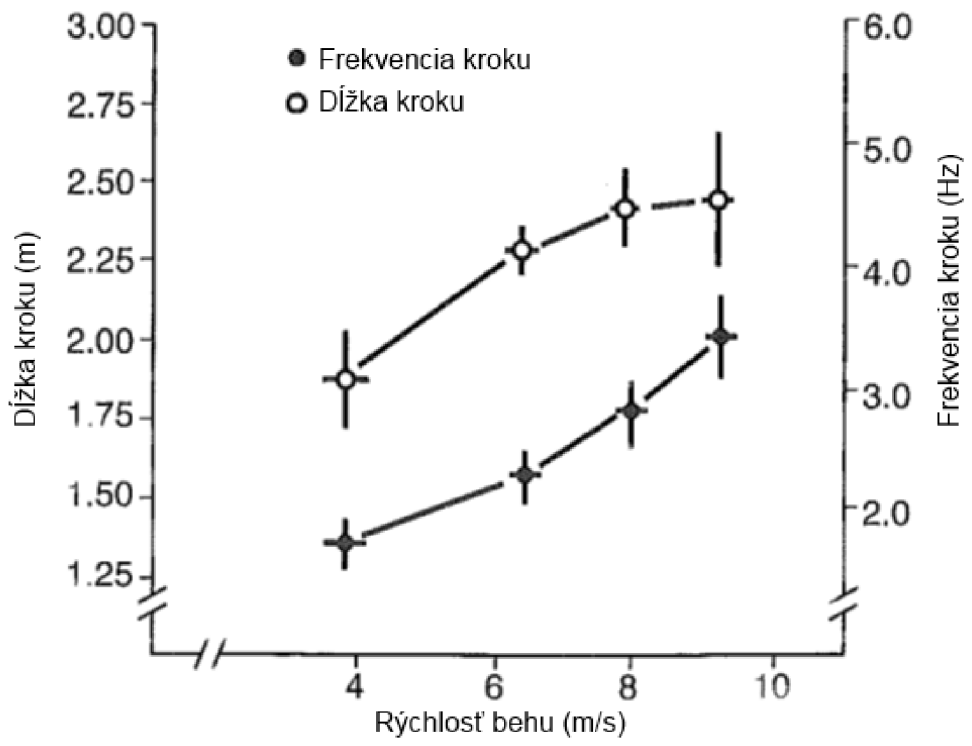
U bežeckého kroku podobne ako pri chôdzi rozdeľujeme pohyb do dvoch základných fáz, letovej a opernej (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, b.r.).

Prácu dolných končatín môžeme obdobne rozdeliť na fázu opornú a švihovú. Oporná fáza začína kontaktom s podložkou pri dopade a končí odrazom a opustením podložky. Naopak, švihová fáza začína odrazom a končí dopadom. Časová dĺžka bežeckého kroku sa s narastajúcou rýchlosťou behu skracuje, za čo môže hlavne skrátenie opornej fázy, pričom sa švihová fáza s rýchlosťou veľmi neskracuje (obr. 2) (Enoka, 2008).



Obrázok 2: Časová charakteristika kontaktu dolných končatín s podložkou podľa rôznej rýchlosti lokomócie. (Čas v štvorcoch označuje percentuálne trvanie oporne a švihovej fáze). Zdroj: Enoka, 2008

Rýchlosť behu sa odvíja od premenných dĺžky a frekvencie kroku. Napríklad s predlžením kroku pri zachovaní frekvencie budeme bežať rýchlejšie. Podobne sa rýchlosť behu zvýši pri skrátení časovej dĺžky kroku pri zachovaní jeho dĺžky. (Enoka, 2008) Obrázok 3 obsahuje priemerné hodnoty dĺžky a frekvencie kroku pre rôzne rýchlosti behu.



Obrázok 3: Závislosť dĺžky a frekvencie bežeckého kroku od rýchlosti behu. Zdroj: Enoka, 2008

V behoch na stredné trate je frekvencia krokov je 170-220 za minútu, dĺžka kroku 160-230 cm (Varga, 1976).

Pri behu sa periodicky recipročne aktivujú flexory a extenzory dolných končatín. Pri kontrakcii agonistov sa inhibujú antagonisti a naopak. Po odraze z opernej fázy nasleduje letová fáza, teda telo je po určitú dobu bez kontaktu s podložkou. Odraz zabezpečujú extenzory bederného kĺbu – m. glutaeus maximus a mm. ischiocrulaers, extenzory kolena – m. quadriceps femoris a plantárne flexory – m. triceps surae. Ohýbanie švihovej nohy sa podieľajú m. rectus femoris, m. iliopsoas a m. tensor fasciae latae. Pri dĺžke kroku sa uplatňuje natiahnutie holene pomocou m. quadriceps femoris (Havlíčková, 1993).

2.3 Energetika behu na stredné trate

Bernaciková et al. (b.r.) udávajú, že beh na stredné trate predstavuje kontinuálnu, strednú až submaximálnu záťaž, ktorá môže presahovať až 5 000 % bazálneho metabolizmu. Energia je hradená z približne 75 % anaeróbne a 25 % aeróbne.

Podľa Dovalila & Periča (2010) všeobecne deliac vytrvalosť podľa časovej dĺžky vykonávania cvičenia, zapadajú behy na stredné trate do krátkodobej (kam doslovne zaradzuje behy na stredné trate) až strednodobej vytrvalosti, zaradzuje behy na stredné trate medzi výkony hradené takmer výlučne anaeróbnou glykolýzou.

Merania ale ukázali, že význam aeróbneho metabolizmu je v behoch na stredné trate omnoho väčší. Podiel energických zdrojov na hradení energie spotrebovanej počas behu na stredné trate uvádzame podľa rôznych zdrojov v tabuľke 3. Hodnoty sa prirodzenie líšia kvôli rôznym metódam (kyslíkový dlh, koncentrácia laktátu v krvi, matematický model) a podmienkam či subjektom merania. Všeobecne môžeme povedať, že pri 800 metrovej trati sú zdrojom regenerácie ATP aeróbne aj anaeróbne procesy v približne vyváženom pomere. S narastajúcou dĺžkou trate sa viac a viac ATP regeneruje aeróbnym spôsobom.

Tabuľka 3: Výsledky vybraných štúdií analyzujúcich zastúpenie energetických systémov na hradení energie v behu na stredné trate.

Zdroj	Trať (m)	Aeróbne (%)	Anaeróbne(%)
Di Prampero et al., 1993	3 000	89	11
Pironnet & Thibault, 1989	3 000	88	12
Dufflield & awson, 2003	3 000	86	14
P. Weyand, Cureton, Conely, & Sloniger, b.r.	1 500	84	16
Spencer & Gastin, 2001	1 500	84	16
Hill, 1999	1 500	80	20
Di Prampero et al., 1993	1 500	78	22

Pironnet & Thibault, 1989	1 500	76	24
Ward-Smith, 1985	1 500	72	28
Dufflield & Dawson, 2003	1 500	77	23
Bangsbo, Michalsik, & Petersen, 1993	3 min.	78	22
P. Weyand et al., b.r.	800	76	24
Spencer & Gastin, 2001	800	76	24
Di Prampero et al., 1993	800	62	38
Craig & Morgan, 1998	800	61	39
Lacour, Bouvat, & Barthelemy, 1990	800	59	41
Hill, 1999	800	58	42
Pironnet & Thibault, 1989	800	57	43
Ward-Smith, 1985	800	52	48
Dufflield & Dawson, 2003	800	60	40

Zdroj: vlastná práca

3 Ciele, úlohy a metodika práce

3.1 Cieľ práce

Cieľom bakalárskej práce je v štruktúre športového výkonu určiť faktory limitujúce výkon v behu na stredné trate, teda tie faktory, ktoré by mal mať bežec vrodené či tréningom rozvinuté, aby mohol podať maximálny výkon.

3.2 Úlohy práce

Úlohou práce je zanalyzovať dostupnú literatúru a výsledky vedeckých prác týkajúcich sa faktorov limitujúcich výkon vo vytrvalostných behoch a tieto poznatky následne začleniť do štruktúry športového výkonu.

3.3 Metodika práce

Poznatky získané štúdiom a analýzou odbornej literatúry a vedeckých prác zaoberajúcich sa problematikou výkonu v behoch na stredné trate syntetizujeme do štruktúry faktorov limitujúcich výkon v behoch na stredné trate. Dáta v texte a tabuľkách pochádzajú z výsledkov meraní a vedeckých výskumov uvedených v zozname literatúry a pomocou nich popisujeme aktuálne poznatky v oblasti faktorov ovplyvňujúcich výkon v behoch na stredné trate.

4 Výsledky práce a diskusia

4.1 Somatické faktory

Somatické faktory, teda faktory stavby tela, znamenajú telesné rozmery, tvar tela a jeho častí a ich zloženie. V rade športových disciplín sú konštitučné znaky pre úspech veľmi dôležité. Napríklad v skoku do výšky sú dlhé dolné končatiny, ktoré posúvajú ťažisko hore, obrovskou výhodou (Meško, 2014).

Biomechanika daná telesnými rozmermi, vytvára podmienky pre pohybovú úlohu, ktorou sa plní konkrétna športová činnosť. Krátke končatiny sú výhodne pre silové športy kvôli krátkemu ramenu páky, dlhé končatiny sú zase výhodou pre vrhy a hody, pretože na náčinie nich môžeme pôsobiť dlhšiu dobu a vypúšťať ho z veľkej výšky. Nízka výška a nízko položené ťažisko je výhodné pre stabilitu. Vysoká telesná hmotnosť nájde uplatnenie pri prekonávaní odporu protivníka či vonkajšieho prostredia, nevýhodná je vo vytrvalostných disciplínach, kde je potreba opakovane prekonať vlastnú váhu (Novotný, 2013).

Pre vytrvalostný výkon je výhodná telesná štíhlosť a hlavne štíhlosť dolných končatín. Rozloženie váhy na dolných končatinách je kritické, pričom platí, že čím viac je segment dolných končatín vzdialenejší od osy otáčania, tým viac ovplyvňuje ekonomiku pohybu a teda spotrebu kyslíka (Myers & Steudel, 1985). Grasgruber a Cacek (2008) predpokladajú, že značná štíhlosť dolných končatín je najvýznamnejší faktor východoafrickej dominancie vo vytrvalostných behoch. Rovnako Riegerová (2006) udáva, že vysoké postavy s muskulatúrne typy sú vzhľadom k ekonomike behu znevýhodnené.

Podľa Grasgrubra a Cacka (2008) sa telesná výška a váha bežcov stredných tratí pohybuje od 170-190cm/60-70 kg a somatotyp 1,5-4,3-3,6 (endomorfná, mezomorfná a ektomorfná zložka). Tieto hodnoty súhlasia aj s meraním Mooses-a et al. (2013), ktorí uvádzajú výšku 180,0±0,04 cm a váhu 70,5±6,3 kg či s meraním Vučetića, Matkovića a Šentija (2008) uvádzajúc výška 180,13±5,4 cm, váha 68,7±5,2 kg. Podiel tuku na hmotnosti je veľmi nízky, približne 5%. Riegerová (2006) zdôvodňuje veľké rozpätie telesnej výšky menšími postavami afrických bežcov a vysokými európskymi bežcami. Vyššia

telesná výška európskych bežcov je spojená s odlišnou fyziologickou stratégiou, ktorá je založená na anaeróbnej kapacite.

Čo sa týka zastúpenia rôznych typov svalových vlákien, Costill, Fink a Pollock (1975) udávajú, že pomer rýchlych a pomalých vlákien sa pohybuje v značnom rozsahu – 31,2-78,5 % pomalých vlákien. Uvedený autori zistili aj zaujímavý fakt, a to že najrýchlejší bežec v behu na 800 metrov z ich výskumu mal podiel pomalých vláken len 31,2 % a najpomalší 62,1 %. Takýto vzťah medzi distribúciou svalových vláken a výkonom na iných stredných tratiach ale nepotvrdili. Na základne energetickej náročnosti uvedenej v predchádzajúcich kapitolách predpokladáme o niečo málo vyšší podiel pomalých vlákien v dlhších disciplínach.

Dôkaz, že štíhlosť a malá výška môžu pozitívne ovplyvňovať výkon v behoch na stredné trate, podáva Maldonado, Mujika a Padilla (2002). Na 12 výborne trénovaných špecialistov na stredné trate vypočítali korelačný koeficient medzi ekonomikou a výškou/váhou -0,86 resp. -0,77.

Z uvedeného vyplýva, že telesná štíhlosť a najmä štíhlosť dolných končatín a predovšetkým lýtok, sú hlavnými somatickými predpokladmi dobrého bežca stredných tratí.

4.2 Kondičné faktory

Obsahom kondičných faktorov sme sa zaoberali v kapitole 1.1, kde sme spomenuli, že v každej pohybovej činnosti môžeme nájsť prejav sily, vytrvalosti či rýchlosti. Súčasná teória v štruktúre pohybových schopností vymedzuje štyri hlavné kategórie – kondičné, koordinačné, zmiešané a flexibilitu. Kondičné schopnosti sú determinované hlavne metabolickými procesmi získavania a využívania energie pre svalovú prácu (Pavlík, 2010).

V každej pohybovej činnosti sú motorické schopnosti zastúpené v rôznych pomeroch. Maratónec je závislý hlavne na úrovni vytrvalosti, naopak vzpierač na maximálnej a explozívnej sile. Behy na stredné trate svojim charakterom, ktorý sme popísali v predchádzajúcich kapitolách (dĺžka trvania, charakter pohybu, hradenie energetických požiadavkou), sa radia k vytrvalostným disciplínam

(Dovalil & Perič, 2010; Kurz, 2001), Měkota s Novosad (2005)). Preto sa v tejto časti budeme venovať hlavne vytrvalostným schopnostiam.

4.2.1 Únava

Únava je najzreteľnejší dôsledok telesného cvičenia. Je predmetom výskumu už viac ako 150 rokov a stále je javom nejasného pôvodu. Navyše rôzne cvičenia spôsobujú únavu rôzne (Mougios, 2006).

Únavu definujeme ako neschopnosť udržať prepísanú intenzitu telesného cvičenia. Oslabenie svalovej funkcie môže byť aj dôsledkom limitovania kontraktility svalových vláken tak, aby nedošlo k ich poškodeniu. Poškodenie môže nastať pri poklese množstva ATP vo svale, čo by malo za následok ohrozenie elementárnych životných funkcií bunky, alebo prudký nárast cytosolického Ca2+ aktivujúceho hydrolytické enzýmy rozkladajúce časti bunky (Mougios, 2006).

Kurz (2001) udáva nasledujúce druhy únavy, pričom každá z nich je aspoň z časti spôsobená akoukoľvek pohybovou aktivitou.

- Mentálna
- Senzorická
- Emocionálna
- Fyzická

Podľa Mougiosa (2006) únavu delíme na centrálnu a periférnu. Centrálna únava má pôvod v centrálnom nervovom systéme a periférna je dôsledkom zlyhávania svalu alebo nervo-svalového spojenia.

Únava centrálneho nervového systému sa prejaví na neschopnosti udržať optimálnu frekvenciu dráždiacu motoneuróny. Hlavnou pričňou tohto stavu býva hypoglykémia, dehydratácia a hypertermia (Mougios, 2006).

Primárnou príčinou svalovej únavy je nedostatok zdrojov pre resyntézu ATP, obzvlášť kreatinfosfát a glykogén. Jedným z najčastejšie vinených príčin únavy je zvýšený výskyt katiónov H+ a následný pokles cytosolického pH. Tento

jav je sprievodným javom anaerobickej glykolýzy. Pokles pH spôsobuje podľa Mougiosa (2006) únavu niekoľkými mechanizmami:

- inhibuje adenozintrifosfát-azu (ATPase) a spomaľuje hydrolýzu ATP,
- obmedzuje množstvo Ca2+ vypustené počas aktivácie svalového vlákna,
- inhibuje spojenie hláv myozínu a aktínu.

Tabuľka 4 sumarizuje najpravdepodobnejšie príčiny únavy závisle na energetickom systéme.

Tabuľka 4: Pravdepodobné príčiny únavy podľa energetického systému ktorý únava postihuje.

Energetický systém	Príčina únavy
ATP-CP	vyčerpanie CP
Anaerobná glykolýza	pokles cytosolického pH
Aeróbna fosforylácia	hypoglykémia, dehydratácia, hypertermia, vyčerpanie svalového glykogénu

Zdroj: Mougios, 2006

4.2.2 Vytrvalosť

Podľa Godika (1988) je vytrvalosť schopnosť dlhodobo vykonávať pohybovú činnosť na určitej úrovni intenzity bez zníženia jej efektivity. Grosser a Zintl (1994 in Měkota & Novosad, 2005) definíciu doplňujú o to, že je to schopnosť odolávať záťaži spôsobujúcej únavu. Túto charakteristiku je však pre naše nutné potreby mierne upraviť. Športovec, ktorý vykonáva súťažné cvičenie najdlhšie, je posledný, a teda je najmenej vytrvalý. Pre tieto cvičenia je vytrvalosť schopnosť splniť úlohu s najvyššou rýchlosťou čo v najkratšom čase.

Bompa (2009) delí vytrvalosť na aeróbnu a anaeróbnu. Kým je aeróbna vytrvalosť podstatou vykonávania dlhotrvajúcej kontinuálnej pohybovej činnosti, anaeróbna vytrvalosť je schopnosť opakovane vykonávať vysoko intenzívne pohybové cvičenia. Podobne Kenney, Wilmore a Costill (1999) delia vytrvalosť

podľa dvoch rôznych no veľmi previazaných konceptov – svalovej vytrvalosti a kardiorespiračnej vytrvalosti. Pre šprintéra je vytrvalosť kvalita, ktorá mu umožňuje udržať vysokú rýchlosť po celú trať. Tento komponent fyzickej zdatnosti je označený termínom svalová vytrvalosť, čo znamená schopnosť svalu alebo svalovej skupiny udržať vysokú intenzitu opakovaných kontrakcii. Výsledná únava je obmedzená na špecifickú zaťaženú svalovú skupinu a trvanie takejto aktivity až po únavu trvá zvyčajne jednu až dve minúty. Kým je svalová vytrvalosť postihuje individuálny sval či svalovú skupinu, kardiorespiračná vytrvalosť je schopnosť udržať dlhotrvajúcu dynamickú „celotelovú" pohybovú aktivitu zapojujúcu veľké svalové skupiny. Kardiorespiračná vytrvalosť ja závislá na schopnosti kardiovaskulárneho systému dodávať kyslík pracujúcim svalom a zároveň schopnosťou svalu využiť dodaný kyslík k regenerácii ATP (Kenney et al., 1999).

V českej literatúre (Dovalil, 2009; Dovalil & Perič, 2010; Měkota & Novosad, 2005)) sa môžeme stretnúť s delením vytrvalosti podľa rôznych kritérií (spôsob energetického krytia, doba pohybovej činnosti, charakter činnosti, rozsah zapojenia svalstva, druh svalovej činnosti). Pre nás je zaujímavá doba činnosti, na základe ktorej delíme vytrvalosť na:

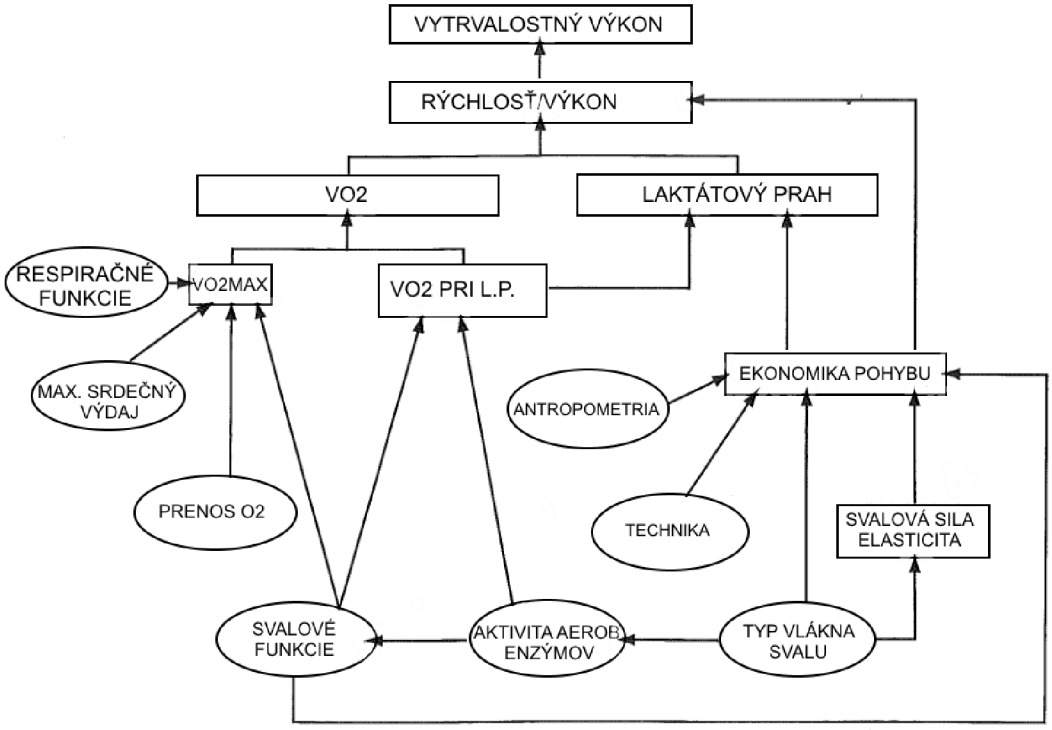
- Rýchlostná (šprintérska) trvajúc do 35 sekúnd
- Krátkodobá vytrvalosť v rozmedzí 35 sekúnd až 2 minút
- Strednodobá vytrvalosť vo výkonoch trvajúcich 2 až 10 minút
- Dlhodobá vytrvalosť uplatňujúca sa v dlhotrvajúcich výkonoch trvajúc aspoň 10 minút.

Podľa Měkoty a Novosada (2005) zaradzujeme behy na stredné trate do krátkodobej (800 metrov) a strednodobej vytrvalosti (1 500 a 3 000 metrov) s hlavným spôsobom hradenia energie anaeróbne laktátovou a aeróbnou. To podľa spomenutých (Bompa (2009), Kenney et al. (1999)) znamená, že behy na stredné trate sú závislé rovnako na aeróbnej/kardiorespiračnej aj anaeróbnej/svalovej vytrvalosti.

4.2.2.1 Aeróbna vytrvalosť

Bassett a Howley (2000) uvádzajú, že vytrvalostný výkon je daný a limitovaný úrovňou týchto fyziologických a biomechanických faktorov (obr. 4):

- maximálna aeróbna kapacita,
- laktátový/anaerobný prah,
- ekonomika pohybu.



Obrázok 4:Štruktúra faktorov ovplyvňujúca vytrvalostný výkon. Zdroj: Bompa, 2009

4.2.2.1.1 Maximálna aeróbna kapacita

Maximálna aeróbna kapacita či výkon, značená $\dot{V}O_2max$, je jedným z najbežnejších meraných veličín v športovej fyziológii. Je všeobecne akceptovaný ako funkčný limit kardiovaskulárneho a kardiorespiračného systému (Howley, Bassett, & Welch, 1995) .

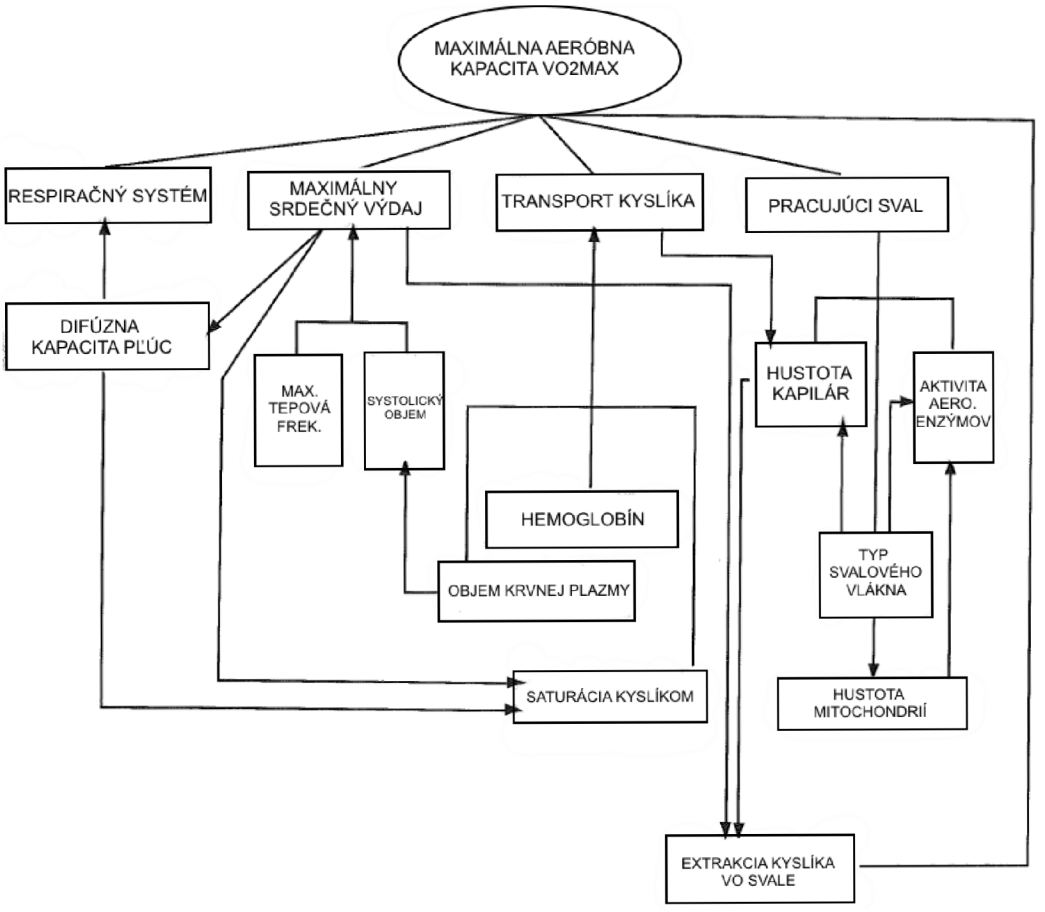
Kenney et al. (1999) definujú $\dot{V}O_2max$ ako maximálne množstvo kyslíka spotrebovaného počas maximálne intenzívnej či vyčerpávajúcej pohybovej činnosti za jednotku času. Vyjadruje sa v litroch za minútu ($l.min^{-1}$), alebo relatívne k hmotnosti športovca v prepočte na kilogram váhy ($ml.min^{-1}.kg^{-1}$).

$\dot{V}O_2max$ je podľa Fickovej rovnice určený srdečným výdajom a (a-v̄) kyslíkovým[2] rozdielom (schopnosťou svalu získať kyslík z krvi a využiť ho).

$$VO_2\,\max = systolický\ objem\ \times srdečná\ frekvencia \times\ (\mathrm{a} - \bar{\mathrm{v}})\mathrm{O}_2$$

Rovnica :1 Fickova rovnuca pre priamy výpočet hodnoty $\dot{V}O_2max$ Zdroj Kenney et al. 1999

Na čom je maximálna aeróbna kapacita závislá dokumentuje obrázok 5. Je to hlavne funkčnosť respiračného systému/pľúc, srdečný výdaj, schopnosť krvi viazať na seba kyslík (hemoglobín) a svalové faktory (typ svalového vlákna, hustota mitochondrií a kapilár).



Obrázok 5: Faktory ovplyvňujúce $\dot{V}O_2max$. Zdroj: Bompa, 2009

[2] Arteriálne-venózny rozdiel v obsahu kyslíka –rozdiel obsahu kyslíku v tepnách a žilách

Podľa Svedenhaga a Sjödina (1984) sa úroveň aeróbnej kapacity elitných bežcov stredných tratí pohybuje vysoko, nad 70 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$. Bežci stredných tratí disponujú veľkou aeróbnou kapacitou, čo dokumentuje tabuľka 5.

Tabuľka 5: Hodnoty maximálnej aeróbnej kapacity bežcov na stredné trate podľa rôznych meraní. Hodnoty sú uvedené ako stredná hodnota ± SD. N – zdroj neuvádza

Zdroj	Trať (m)	Pohlavie	$\dot{V}O_2max$ ($ml.min^{-1}.kg^{-1}$)
Ingham et al., 2008)	800	M	72,4±6,1
Ingham et al., 2008	800	Ž	61,6±4,7
Ingham et al., 2008	1 500	M	73,3±4,5
Ingham et al., 2008	1 500	Ž	65,2±3,5
Abe, Yanagawa, Yamanobe, & Tamura, 1998	N	M	75,5±5,5
Ingham, Fudge, Pringle, & Jones, 2013	N	M,Ž	70,5±5,4

Zdroj: vlastná práca

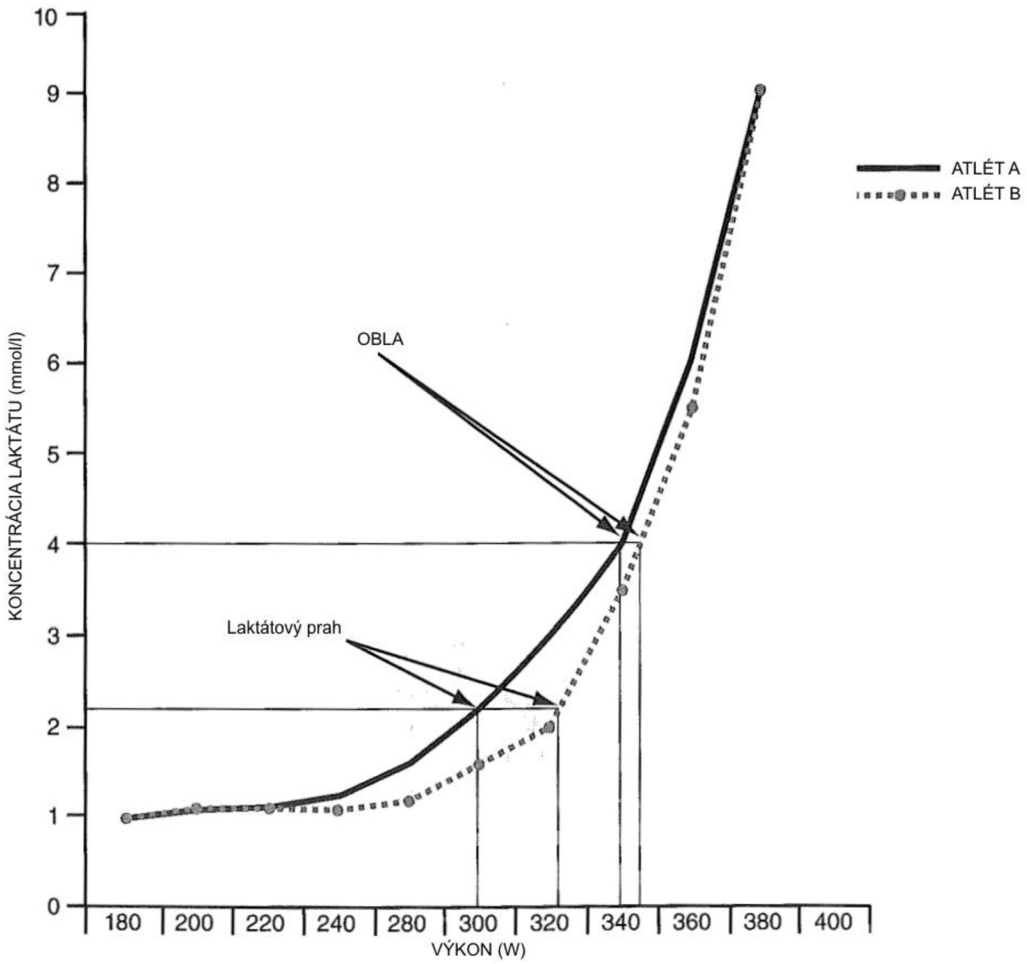
Hodnoty $\dot{V}O_2max$ sa však môžu líšiť medzi aj medzi atlétmi s veľmi podobnou výkonnosťou. Noakes (2003) to dokazuje na príklade dvoch bežcov s rozdielom $\dot{V}O_2max$ až 16 %, no ich najlepší výkon v behu na jednu míľu

(1 609 m) sa líšil len o 0,2 sekundy. Conley a Krahenbuhl (1980) skúmali elitných vytrvalostných bežcov, ktorých $\dot{V}O_2max$ sa pohybovali od 67-78 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, korelácia $\dot{V}O_2max$ s výkonom však bola veľmi nízka (r=0,12). Ingham et al. (2008) však uvádzajú hodnoty korelačného koeficientu $\dot{V}O_2max$ s výsledným výkonom 0,57 až 0,77 podľa trate.

Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že vysoká hodnota $\dot{V}O_2max$ je dôležitou a nutnou „výbavou“ bežca pre dobrý výkon v behu na stredné trate a v heterogénnej skupine bežcov je dobrým prediktorom výkonu. Maximálna aeróbna kapacita je trénovateľná a síce sa (v závislosti od stupňa trénovanosti) dá zvýšiť o 5 až 30 %, bežci s vyššou vrodenou kapacitou majú predpoklad k vyššiemu výkonu (Baechle & Earle, 2008). V homogénnej skupine $\dot{V}O_2max$ s výkonom veľmi nekoreluje a o poradí rozhodujú iné faktory.

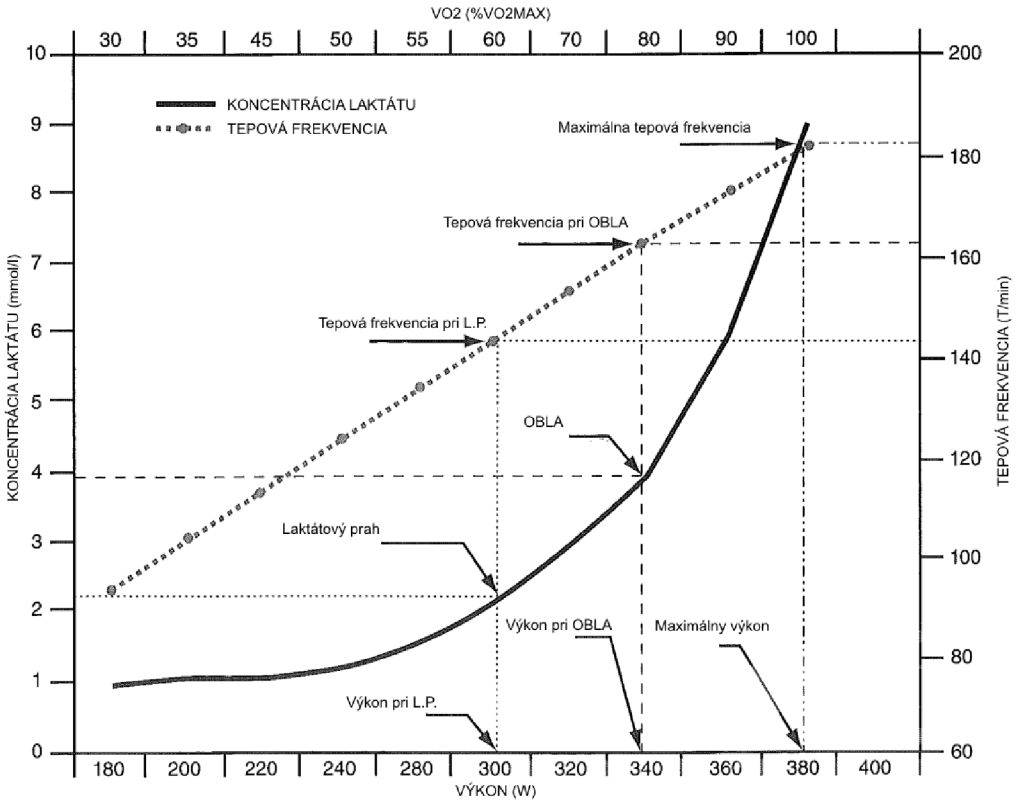
4.2.2.1.2 Laktátový/anaeróbny prah

Význam $\dot{V}O_2max$ vo vytrvalostnej schopnosti je dobre známy. V elitných kategóriách atlétov je rozptyl hodnôt $\dot{V}O_2max$ relatívne úzky. Ak dvaja elitný bežci s rôznou hodnotou $\dot{V}O_2max$ súperia proti sebe, bežec s nižšou hodnotou môže tento nedostatok kompenzovať vyššou intenzitou behu pri rovnakej koncentrácii laktátu v krvi (príklad na obrázku 6). Podľa Billatovej (2001) sa koncentrácia laktátu v krvi počas behu na stredné trate pohybuje v úrovni 13-18 $mmol.l^{-1}$. Intenzita záťaže je teda vysoko nad laktátovým prahom. Hlavný podiel na výške laktátového prahu má podiel pomalých svalových vláken, ich prekrvenie, počet a veľkosť mitochondrií, aktivita enzýmov aeróbneho metabolizmu atď (Korvas & Bedřich, 2014).



Obrázok 6. Laktátové krivky dvoch atlétov. Atlét A má laktátový prah nižšie ako atlét B, preto pri podávaní rovnakého výkonu hromadí v krvi viac laktátu. Alebo naopak, pri rovnakej koncentrácii laktátu v krvi je atlét B schopný podávať vyšší výkon. Zdroj: Bompa, 2009

Na laktátovej krivke (obr. 7) môžeme vidieť ešte jeden zlom, v anglicky písanej literatúre nazvaný *onset of blood lactate accumulation* (OBLA), ktorý nastáva fixne pri koncentrácii laktátu 4 mmol/liter krvi. OBLA je omnoho vyššie než laktátový prah a korešponduje s intenzitou omnoho vyššou než pri laktátovom prahu. Všeobecne pre vytrvalostný výkon sú oba faktory, laktátový prah aj OBLA, silné indikátory (Bentley, Newell, & Bishop, 2007;Farrell, Wilmore, Coyle, Billing, & Costill, 1978).



Obrázok 7: Závislosť koncentrácie laktátu v krvi a tepovej frekvencie od intenzity cvičenia s vyznačenými dôležitými bodmi. Zdroj: Bompa, 2009

To, na akom percente maximálnej spotreby kyslíka dokáže atlét bežať, je ďalším determinantom vytrvalostného výkonu. Toto percento je určené kombináciou individuálneho $\dot{V}O_2max$ a laktátového/anaeróbneho prahu a označuje intenzitu, pri ktorej dochádza k narušeniu rovnováhy medzi tvorbou a metabolizovaním laktátu a dochádza k akumulácii laktátu. Kým netrénovaný jedinci dosahujú túto hodnotu už pri 50-60 % $\dot{V}O_2max$, elitný trénovaný bežci až medzi 75 až 90 % $\dot{V}O_2max$ (Bompa, 2009).

4.2.2.1.3 Ekonomika pohybu

Ekonomika pohybu, v našom prípade behu, je vyjadrená ako spotreba energie na jednotku podaného výkonu. Ak hovoríme o behu, tak ekonomikou rozumieme množstvo spotrebovaného kyslíku za časovú jednotku pri danej rýchlosti. Vyjadrujeme ho ako $mlO_2.min^{-1}$ alebo v prepočte na kilogram hmotnosti bežca v $mlO_2.min^{-1}.kg^{-1}$ (Grasgruber & Cacek, 2008).

Ekonomika behu jedinca je globálny parameter, ťažko opísateľný len pár faktormi. Je ovplyvnená napríklad neuromuskulárnou koordináciou, typom a stavom svalových vlákien, počtom zapájaných vlákien, prostredím, únavou atď (Noakes (2003), Ingham et al. (2008)).

Je dobre známe, že ekonomika behu vysoko koreluje s výkonom na dlhé trate, snáď ešte lepšie než $\dot{V}O_2max$ (Morgan, Baltini, Martin, & Korth, 1989). Weston et al. (2000) dokonca zistil, že kenský bežci dokážu desať kilometrovú trať zabehnúť za rovnaký čas ako ich európsky súperi napriek o 13% nižšiemu $\dot{V}O_2max$. A to vďaka o 5% lepšej ekonomike behu.

Rýchlosť, ktorou bežec beží pri dosiahnutí spotreby kyslíku rovnej $\dot{V}O_2max$, je kombináciou ekonomiky behu a aeróbnej kapacity a výborne predpovedá výkonnosť vo vytrvalostných behoch (Morgan et al., (1989), Grant, Craig, Wilson, & Aitchison, 1997)).

Problémom týchto všetkých spomenutých výskumov pre nás je, že sa týkajú vytrvalostných behov hlavne na dlhé trate, ktoré sa prirodzene bežia dlhšie a teda ekonomika behu má väčší dopad a celkový výkon. Ingham et al. (2008) však pri hľadaní toho správneho determinantu výkonu na stredných tratiach na vzorke 62 elitných bežcoch zistili, že výška $\dot{V}O_2max$ koreluje s výsledným výkonom o niečo viac než ekonomika behu.

Tabuľka 6: Korelačné koeficienty jednotlivých parametrov výkonom v behu na stredné trate podľa jednotlivých tratí.

Parameter/Trať	Muži 800m	Muži 1 500m	Ženy 800m	Ženy 1 500m
$\dot{V}O_2max$	0,75	0,57	0,74	0,77
Ekonomika behu	0,44	-0,01	-0,67	-0,72

Zdroj: Ingham et al., 2008

4.2.2.2 Anaeróbna vytrvalosť

Intenzívnym cvičením nad anaeróbnym prahom dochádza k akumulácii laktátu a iontov vodíka H^+, čo má inhibičný efekt na fosfofruktokinázu (PFK). Redukcia aktivity PFK bude mať redukčný efekt na zisk ATP z glykolýzi, a teda na udržateľný výkon (Bompa, 2009).

Najdôležitejším faktorom ovplyvňujúcim schopnosť anaeróbnej vytrvalosti (vytrvalosť v cvičení vysokou intenzitou) je purfovacia kapacita, čo je schopnosť neutralizovať voľné vodíkové ionty H^+ a zamedzovať okysleniu (Bompa, 2009).

V súčasnosti neexistuje štandardná miera anaeróbnej kapacity. Tradičné metódy merania, ako koncentrácia laktátu v krvi, hodnota kyslíkového deficitu po intenzívnom cvičení, Margaria či Wingate test neposkytujú validné kvantitatívne odhady množstva energie získanej anaeróbne (Saltin, b.r.) a nepredpovedajú presne vysoko intenzívny bežecký výkon (Fujitsuka, Yamamoto, Ohkuwa, Saito, & Miyamura (1982); Katch & Henry (1972) Thomson, (1981)). Napriek tomu uvádzame dostupné výskumy týkajúce sa vzťahu maximálneho kyslíkového deficitu a výkonu v behoch na stredné trate. Ramsbottom et al. (1994) našli pre fyzicky aktívnych, no nie bežcov, závislosť maximálneho kyslíkového deficitu od výkonu v behu na 800 metrov vyjadrenú korelačným koeficientom veľkosti -0,61. Weyand et al. (1994) zistili len strednú závislosť výkonu v behu na 800 a 1 500 metrov od maximálneho kyslíkového deficitu v heterogénnej skupine mužov a žien (-0,62 pre 800 m a -0,52 pre 1 500 m). Naopak Olesen et al. (1994) skúmaním elitných bežcov žiaden vzťah medzi kyslíkovým deficitom a výkonom v behu na stredných tratiach nedokázal. Rovnako Craig a Morgan, (1998) nezistili žiadnu závislosť vo výkonnostne homogénnej skupine bežcov stredných tratí žiadnu závislosť medzi schopnosťou akumulácie kyslíkového deficitu a bežeckým výkonom.

Anaeróbna kapacita je intuitívne veľmi dôležitá pre výkon v behoch na stredné trate. Vyššia kapacita nám umožňuje znášať vyššiu intenzitu záťaže, a teda dovoľuje nám bežať rýchlejšie. Aktuálne ale nepoznáme praktický parameter hodnotiaci anaeróbnu kapacitu bežca, ktorý by dobre koreloval s bežeckým výkonom.

4.2.3 Silová a explozívna silová schopnosť

Hudgins et al. (2013) zistili, že bežecký výkon a rôzne trate od krátkych šprintov až po dlhé vytrvalostné behy silne koreluje s výsledkom v skoku do diaľky, čo predstavuje explozívnu silu dolných končatín. Všeobecne sa dá povedať, že čím kratšia a rýchlejšia disciplína, tým dôležitejšiu úlohu hrá

explozívna sila (tabuľka 7). Hodnoty vypočítané pre stredné trate predstavujú silnú závislosť.

Tabuľka 7: Korelácie výkonu v skoku do diaľky z miesta a výkonom v jednotlivých bežeckých disciplínach.

Disciplína (m)	Korelačný koeficient
60	0,97
100	1,00
200	0,97
800	**0,83**
3 000	**0,72**
5 000	0,71

Zdroj: Hudgins et al, 2013

Rozvoj silovej schopnosti tak určite patrí do tréningu bežca na stredné trate. Zlepšenie výkonu vo vytrvalostných behoch je dokázané po silovom tréningu (Mikkola et al., (2011); Kelly, Burnett, & Newton, (2008) Taipale et al., (2010)). Silový tréning zvyšuje tuhosť šliach, čo zlepšuje ekonomiku behu (Dumke et al. (2010); Fletcher, Esau, & MacIntosh, (2010)). Rovnako plyometrický tréning rozvíjajúci odrazovú schopnosť zlepšuje ekonomiku behu (Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003).

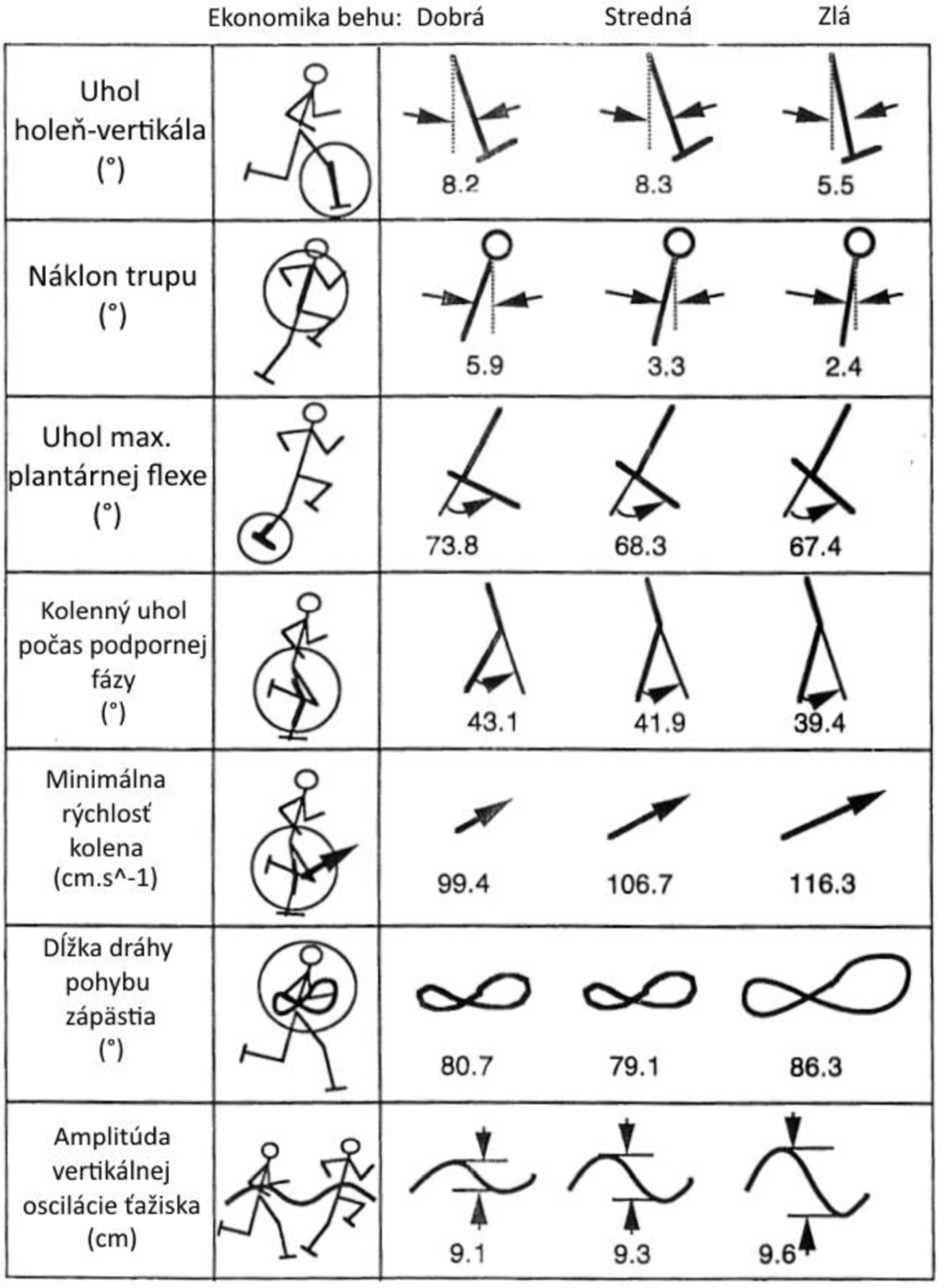
4.3 Technické faktory

Beh je vo svojej podstate premena svalových síl do komplexného pohybu zahŕňajúc všetky hlavné kĺby. Existuje intuitívne spojenie medzi technikou a ekonomikou behu, keďže vykonanie pohybu bez akýchkoľvek vedľajších neproduktívnych zložiek a aplikácia síl v správnej amplitúde, smere a čase vedie k menšej spotrebe energie pri danej rýchlosti behu (Anderson, 1996).

Jedným z hlavných parametrov techniky behu spojeným s energetickým výdajom je dĺžka kroku. V tomto smere je, ako ukázal napr. Cavanagh a Williams (1981), si bežec sám dokáže intuitívne zvoliť dĺžku kroku s najmenšou energetickou spotrebou pre danú rýchlosť.

Ďalším dôležitým parametrom behu je vertikálna oscilácia ťažiska. Cavanagh, Pollock a Landa (1977) zistili, že bežci, u ktorých je vertikálna oscilácia ťažiska menšia a symetrickejšia, bežia ekonomickejšie. Lepšia ekonomika behu je rovnako spojená s väčším uhlom medzi holennou kosťou

a vertikálou počas dopadu, menším rozsahom plantárnej flexe chodidla pri odraze, viac ohnutým kolenom neopornej nohy počas fáze letu a menšou amplitúdou pohybu paží (Anderson, (1994); Williams & Cavanagh, (1987)). Jednotlivé technické parametre behu a ich vplyv na ekonomiku ilustruje obrázok 8.



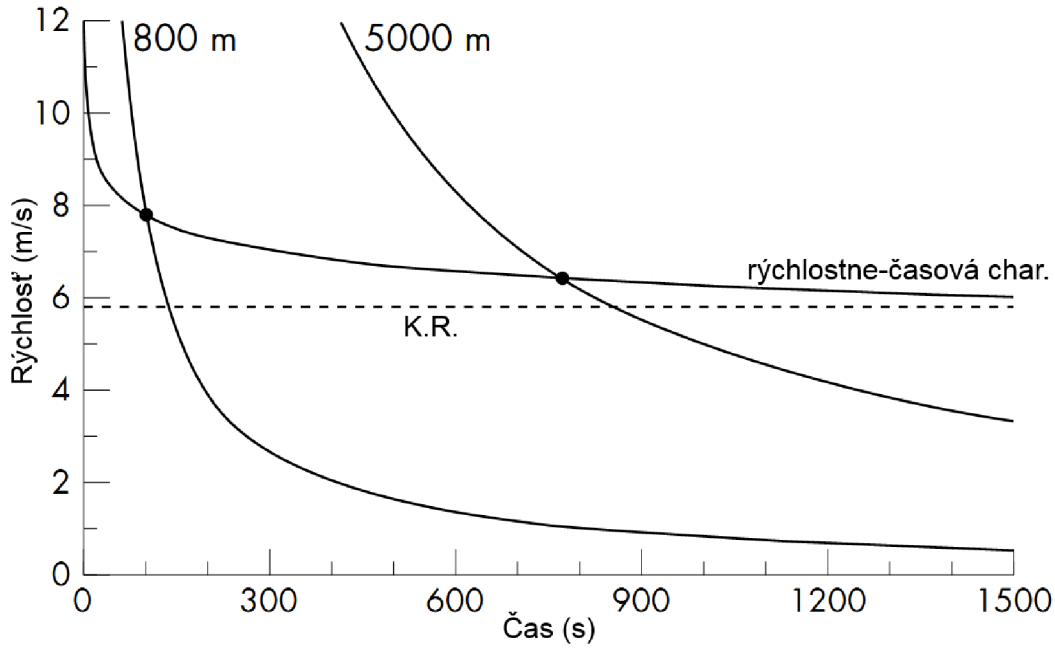
Obrázok 8: Rôzne ekonomický bežci a parametre ich bežeckej techniky. Zdroj: Cavanagh (1990)

Technika behu je veľmi zložitá a komplexná a mnoho parametrov má kritický dopad na výsledný výkon. Technické faktory v behoch na stredných tratiach majú výrazný vplyv na ekonomiku behu, a teda aj na celkový výkon.

4.4 Taktické faktory

Najvyššia rýchlosť, akou môže bežec ubehnúť trať, je daná prienikom jeho individuálnou rýchlostne-časovej a časovo-vzdialenostnej charakteristiky (obr. 9).

Rýchlostne časová charakteristika jednotlivca udáva, ako dlho dokáže bežať danou rýchlosťou až do vyčerpania a je na začiatku pretekov daná. Čo sa však napriek danej dĺžke trati môže zmeniť, je skutočná ubehnutá dĺžka, ktorá sa môže zvýšiť behom vo vonkajších tratiach. Napríklad podľa Jonesa a Whippa (2002) pri jednom 400 metrovom kole ubehnutom na vnútornom kraji druhej dráhy ubehne bežec o 7,04 metra viac. V tomto prípade bežec ubehne viac než musí a zákonite tak predĺži čas behu a priesečník sa posunie doprava a dole.



Obrázok 9: Rýchlostne časová charakteristika bežca udávajúca, ako dlho dokáže bežec bežať danou rýchlosťou. Výsledný výkon je priesečníkom tejto charakteristiky s vzdialenosťou trate. K.R je kritická rýchlosť, teda rýchlosť ktorú dokáže bežec udržať bez hromadenia metabolitov spôsobujúcich únavu. Zdroj: Jones & Whipp, 2002

Prakticky preto na letných olympijských hrách v roku 2000 na 800 aj 5 000 metrovej nezvíťazil najrýchlejší. V mužskom finále v behu na 800 metrov zvíťazil nemec N. Schumann v čase 1:45.08 pred W. Kipketerom z Dánska

s časom 1:45.14. Analýza však ukázala, že Kipketer bežiac počas finálového behu aj v dráhach 2 a 3 celkovo prekonal 813 metrov, kým Schumann držiac sa obrubníka vnútornej dráhy len 802 metrov. Priemerná rýchlosť prvého a druhého teda je 7,63 $m.s^{-1}$ a 7,73$m.s^{-1}$. Na základne týchto priemerných rýchlostí by bol v prípade ubehnutia presne 800 metrov výsledný čas Kipketera 1:43.46 s a Schumanna 1:44.82 s. A to bez prepočtu priemerných rýchlostí pre kratšiu trať. Podobne sa skončilo aj finále na 5 000 metrov (Jones & Whipp, 2002).

Optimálnou voľbou tempa v behoch na stredné a dlhé trate sa zaoberali Tucker, Lambert a Noakes (2006). Analýzou medzičasov svetových rekordov zistili, že v behu na 800 metrov je prvé kolo významne rýchlejšie než druhé (len pri dvoch z 26 analyzovaných rekordov to tak nebolo). V týchto analyzovaných rekordoch bolo najrýchlejšie druhé kolo zabehnuté v roku 1966 v čase 51,60 s a nebolo prekonané dodnes, aj keď výsledný čas toho svetového rekordu z roku 2012 zaostáva za aktuálnym o viac než 4 sekundy (1:44,3 s proti 1:40,91 s). Druhé kolo aktuálneho svetového rekordu trvalo 51,63 s. Tieto fakty smerujú k záveru, že zlepšenie svetového rekordu býva spôsobené rýchlejším behom v prvom kole a k tomu, že schopnosť zrýchliť v druhom kole je obmedzená. Aj keď berieme na vedomie, že ani svetové rekordy nemusia byť zabehnuté optimálnou voľbou tempa, toto pozorovanie navrhuje, že v prípade trate na 800 metrov je optimom relatívne maximálna rýchlosť behu v prvom kole s postupným spomaľovaním v kole druhom.

Pri tempe zhruba odpovedajúcom behu na stredných tratiach, okolo 8 % energie je vydaných na prekonanie odporu vzduchu. Ak bude však atlét bežať v tesnom závese vo vzdialenosti zhruba jeden meter za vedúcim atlétom, je schopný ušetriť až 80 % energie na prekonávanie odporu vzduchu. Takto by mohol ušetriť v jednom kole až štyri sekundy. Je ale veľmi nepravdepodobné, aby bežci bežali za sebou v takejto blízkosti. No v prípade, že by bežec bežal trochu po strane za vedúcim bežcom, je stále schopný ušetriť jednu sekundu na kolo (Pugh, 1971).

K podobnému zisteniu prišiel Kyle (1979). Jeho záverom je, že ak sa bežec drží v závese dva metre za vedúcim bežcom pri rýchlosti behu najlepších

svetových výkonov v behu na jednu míľu, je schopný ušetrenú energiu využiť k zrýchleniu o 1,66 sekundy na jedno kolo.

Naopak, nepriaznivé pre bežca je, ak beží tesne bok po boku s iným bežcom. Je to z toho dôvodu, že vzrastie frontálna plocha, ktorá ma vplyv na aerodynamický odpor. Takáto pozícia behu spomaľuje oboch vedľa seba bežiacich bežcov (L Brownlie, 1987).

Zaujímavé je, že pri behu dokola na atletickom ovále je optimálnou stratégiou zrýchliť pri behu do protivetra a naopak spomaliť pri behu s vetrom v chrbte. Dôvodom je, že spomaľujúci efekt protivetra je väčší než hnací efekt vetra v smere behu, a tak popísanou stratégiou bude bežec využívať energiu najekonomickejšie (Hatsell, 1975). V prípade protivetra je obzvlášť výhodne bežať v zákryte za vedúcim bežcom.

Napriek tomu, že atletické behy nie sú primárne taktickým bojom, môžeme vidieť, že optimálnou voľbou taktiky, a to správnym rozložením síl, voľbou dráhy či dokonca použitia súpera alebo vodiča ako veterný štít sa dá výkon výrazne zlepšiť.

4.5 Psychické faktory

Nepodarilo sa nám nájsť žiadny výskum týkajúci sa psychických vlastností bežcov na stredné trate. Všeobecne má psychika človeka významný vplyv na všetky typy športového výkonu. Najdôležitejšou zložkou je podľa Dovalila (2009) motivácia. Samotné behy na stredné a dlhé trate často vyžadujú maximálne vyčerpanie, čomu musí zodpovedať aj vôľa atléta. Tieto behy sú veľmi náročné na psychiku a je veľmi dôležité, aby bol atlét schopný vykonávať dlhodobú submaximálnu aj maximálnu záťaž bez možnosti prerušenia a odpočinku. Dominantnými vlastnosťami sú cieľavedomosť, ctižiadostivosť a vysoká úroveň morálnych a vôľových vlastností. Z hľadiska rysu osobností sa jedná o skôr o introvertov, ktorý majú predpoklad znášať monotónnu záťaž (Vindušková, 2003).

4.6 Iné faktory

4.6.1 Rozcvičenie

Zahriatie organizmu a príprava organizmu na výkon je bežná činnosť v takmer všetkých športových odvetviach (Bishop, 2003). Bolo dokázané, že vysoko intenzívna činnosť nad anaeróbnym prahom významne mení kinetiku spotreby kyslíka v nasledujúcom cvičení (Burnley, Doust, Carter, & Jones, 2001). Konkrétne sa jedná o zvýšenie amplitúdy základného komponentu VO_2 a redukuje neskorší pomalý komponent VO_2. Vo výsledku to priaznivo ovplyvňuje kinetiku VO_2 zvyšuje podiel aeróbneho metabolizmu na hradení energetických požiadavkou.

Vo vytrvalostných atletických behoch sa bežci rozcvičujú hlavne nízko intenzívnym behom, mobilizačnými cvikmi či krátkymi „rovinkami“. Omnoho menej bežné je vysoko intenzívne neprerušované cvičenie. Je preto možné, že veľa atlétov používa rozcvičenie, ktoré nie je optimálne. Ingham et al. (2013) vo svojom výskume testovali výkon 12 trénovaných bežcov v behu na 800 metrov s dvoma rôznymi protokolmi. Prvý protokol obsahoval „klasické“ prvky ako jogging, dynamický strečing či krátke 50 metrové rovinky (6 x 50 m), druhý protokol zredukoval počet roviniek na 2 a pridal 200metrový súvislý intenzívny šprint. Výsledkom merania je, že bežci ubehli 800metrovú trať štatisticky významne rýchlejšie po absolvovaní druhého, intenzívneho protokolu rozcvičenia.

4.6.2 Ročná doba a súťažný kalendár

Športovci, rovnako ako každý živý organizmus, sú závislí na fyziologickej funkcionalite, ktorá sa mimo iné riadi environmentálnymi podmienkami, dennou dobou, sezónnymi a vitálnymi cyklami. Haïda et al. (2013) skúmali viac než 26 000 výkonov s ohľadom na ročnú dobu a teplotu vzduchu počas behu. Výsledkom ich práce je, že najlepšie výkony sa podávajú počas dvoch období. Prvým je 27. týždeň v roku (prvý júlový týždeň) a tým druhým 34. týždeň (štvrtý augustový týždeň). Uvedený autori toto zistenie odôvodňujú teplotnými podmienkami (prvý vrchol) a kultúrnymi faktormi (druhý vrchol). Prvý vrchol korešponduje s optimálnou teplotou 23,25±3,26°C. A pretože hlavné atletické

podujatia, ako olympijské hry, majstrovstvá sveta a Európy sa konajú práve v auguste, je prirodzené, že bežci „ladia“ športovú formu práve na toto obdobie.

5 Záver

V tejto práci sme sa pokúsili na základe dostupnej odbornej literatúry nájsť hlavné determinantov a limitov výkonu v behoch na stredné trate. Z počiatku sme sa zaoberali športovým výkonom a jeho štruktúrou zo všeobecného hľadiska. V nasledujúcich častiach sme sa venovali a snažili popísať disciplínu atletických behov na stredné trate a analyzovať faktory zo štruktúry športového výkonu, ktoré výkon v týchto behoch determinujú a ovplyvňujú. V behu na stredné trate sa tieto faktory na rozdiel od behov na dlhé trate hľadajú ťažšie kvôli nezanedbateľnej anaeróbnej zložke hradenia energetického výdaju.

Nami spracované výsledky výskumov zaoberajúc sa touto témou sú vždy len dielčie a chýba im komplexnosť. Našou snahou bolo tieto diely poskladať do jednotného obrazu, ktorým by sme vysvetlili rozdiely medzi lepším a horším bežcom na stredné trate, teda našli faktor či kombináciu faktorov, na základe ktorých by sme mohli predpovedať výkonnosť bežca v behu na stredné trate. Nemôžeme povedať, že by sme identifikovali konkrétny parameter bežca, ktorý by ho predurčoval k vysokým výkonom. Naopak, môžeme len zhruba načrtnúť zopár faktorov, ktoré viac či menej úzko súvisia so schopnosťou podať vysoký výkon v tejto atletickej disciplíne. Zložitosť dosiahnuť nami položený cieľ dokumentuje aj výskum Auerspergra, Ulagy a Škofa (2009), z ktorého výsledok je, že korelačné koeficienty morfologických, motorických a funkčných vlastností meraných subjektov s ich výkonom na stredných tratiach je 0,54, 0,52 a 0,44. Výkon teda uspokojivo nevysvetlí ani len jedna množina parametrov zvlášť.

Zhrnúc výsledky našej práce, ako faktory majúce hlavný vplyv na výkon v behoch na stredné trate môžeme uviesť nasledovné. S istotou môžeme vyhlásiť, že telesná štíhlosť je hlavným z predpokladov k dobrej bežeckej ekonomike a výkonu. V elitnej kategórii sa nachádzajú bežci zhruba 180 cm vysoký s telesnou váhou asi 70 kg. Vo výhode sú bežci s dlhými, štíhlymi a šľachovitými nohami.

Z kondičných faktorov je pre beh na stredné trate jasne najdôležitejšia vytrvalosť krátkodobá a strednodobá. Tieto pohybové schopnosti sú ovplyvnené aeróbnou a anaeróbnou kapacitou, a obe tieto sú závislé na mnohých dielčich faktoroch. Maximálna aeróbna kapacita je jeden z hlavných determinantov nie len

všeobecne vytrvalostného výkonu, ale aj výkonu v behoch na stredné trate. Pre vstup medzi najlepších je potreba jej vysoká hodnota (aspoň 70 $ml \cdot min^{-1}.kg^{-1}$). Samostatná vysoká $\dot{V}O_2max$ však úspech nezaručí, a nižšia zase neznamená nutný neúspech. To, do akej miery dokáže atlét túto kapacitu využiť, určuje jeho laktátový/anaeróbny prah. Tento parameter je preukázateľne dobrým ukazateľom výkonnosti vo dlhých vytrvalostných behoch a predpokladáme, že jeho rola vo výkone na kratších tratiach zostáva stále dôležitá. Purfovacia kapacita, schopnosť „zvládať" hromadiace sa metabolity, je základom anaeróbna vytrvalosti, zatiaľ nie celkom dobre preskúmanej oblasti. Keďže anaeróbna zložka je podstatná časť celkového hradenia energie, musí byť purfovacia kapacita adekvátne rozvinutá.

No bežec s vysokou maximálnou aeróbnou anaeróbnou kapacitou, ktorú dokáže vo veľkej miere využiť k tvorbe energie, nemusí byť rýchlejší než podľa týchto dvoch parametrov slabší bežec, ak svalovú prácu nepremieňa efektívne v pohyb vpred. Ekonomika pohybu, v anglickej literatúre výstižne nazvaná *cost of running* (cena behu), vyjadruje našu „spotrebu", podobne ako pri automobiloch. Zistili sme, že dobrý bežec na stredné trate by mal disponovať veľmi dobrou ekonomikou behu. A jej dôležitosť stúpa s rastúcou dĺžkou trate. Silová schopnosť, elasticita a tuhosť šliach priaznivo ovplyvňujú bežeckú ekonomiku.

Aj keby sme vyriešili problém s určením morfofunkčných determinantov výkonu v behoch na stredné trate, faktory psychiky, techniky, taktiky môžu stále výrazne ovplyvniť výsledný výkon. Technika behu absolútne ovplyvňuje ekonomiku behu. Správnou voľbou tempa, pozíciou na dráhe či bojom s poveternostnými podmienkami sa dá priaznivo ovplyvniť výsledný výkon. Funkcia vodiča teda nemusí byť len udavač tempa, ale aj znižovanie odporu vzduchu pre za ním bežiacich atlétov, a preto je táto funkcia tak diskutabilná.

Problémom našej práce a tejto témy je, že nie je možné výskumy typicky skúmajúc len jeden či pár úzkych faktorov pre istú rýchlosť behu, predvádzané na rekreačných bežcoch, bežcoch iných tratí či v laboratórnych podmienkach považovať vždy za úplne validné. Pre presnejšie zodpovedanie otázky, čo determinuje a limituje výkon v behu na stredné trate, je potreba komplexný

výskum prevedený na tých najlepších bežcoch, v podmienkach zodpovedajúcim tým reálnym bežeckým. A najlepšie pre každú disciplínu zvlášť.

6 Zoznam použitej literatúry

Abe, D., Yanagawa, K., Yamanobe, K., & Tamura, K. (1998). Assessment of middle-distance running performance in sub-elite young runners using energy cost of running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *77*(4)

Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports medicine*, *22*(2)

Auersperger, I., Ulaga, M., & Škof, B. (2009). An Expert Model for Determining Success in Middle-Distance Running. / Ekspertni Model Uspešnosti Za Teke Na Srednje Proge. *Kinesiologia Slovenica*, *15*(2), 5–15.

Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics.

Bangsbo, J., Michalsik, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated O2 Deficit during Intense Exercise and Muscle Characteristics of Elite Athletes. *International journal of sports medicine*.

Bentley, D. J., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis. *Sports medicine*, *37*(7)

Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (b.r.). atletika - běhy. Dostupné 25. listopad 2014, z http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/atletika-behy.html

Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, *31*(1)

Bishop, D. (2003). Warm up II. *Sports Medicine*, *33*(7)

Bompa, T. O. (2009). *Periodization: theory and methodology of training* (5th ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.

Burnley, M., Doust, J. H., Carter, H., & Jones, A. M. (2001). Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *Experimental Physiology*, *86*(3)

Cavanagh, P. (1990). *Biomechanics of distance running*. Human Kinetics Books.

Cavanagh, P. R., Pollock, M. L., & Landa, J. (1977). A biomechanical comparison of elite and good distance runners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *301*(1)

Cavanagh, P. R., & Williams, K. R. (1981). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(1)

Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *12*(5).

Costill, D. L., Fink, W. J., & Pollock, M. L. (1975). Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine and science in sports*, *8*(2)

Craig, I. S., & Morgan, D. W. (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, *30*(11).

Di Prampero, P. E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., & Soule, R. G. (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, *74*.

Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3. vyd.). Praha: Olympia.

Dovalil, J., & Perič, T. (2010). *Sportovní trénink* (1. vyd.). Praha: Grada.

Dufflield, B., & Dawson, B. (2003). Energy system contribution in track running. *New Studies in Athletics*, *18*(4).

Dumke, C., Pfaffenroth, C. M., McBride, J. M., & McCauley, G. O. (2010). Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International journal of sports physiology and performance*, *5*, 249.

Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4th ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.

Farrell, P. A., Wilmore, J. H., Coyle, E. F., Billing, J. E., & Costill, D. L. (1978). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and science in sports*, *11*(4)

Fujitsuka, N., Yamamoto, T., Ohkuwa, T., Saito, M., & Miyamura, M. (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmill running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *48*(3).

Godik, M. (1988). *). Sportivnaja metrologija,Učebnik dlja institutov fyzičeskoj kuľtury*. Moskva: Fyzkultura i sport.

Grant, S., Craig, I., Wilson, J., & Aitchison, T. (1997). The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *Journal of Sports Sciences*, *15*(4)

Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny* (Vyd. 1.). Brno: Computer Press.

Grexa, J. (2007). *Přehled světových dějin sportu* (1. vyd.). Brno: Masarykova univerzita.

Haïda, A., Dor, F., Guillaume, M., Quinquis, L., Marc, A., Marquet, L.-A., … others. (2013). Environment and Scheduling Effects on Sprint and Middle Distance Running Performances. *PloS one*, *8*(11).

Hatsell, C. P. (1975). A note on jogging on a windy day. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, *22*(5)

Havlíčková, L. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže. Speciální část* (1. vyd.). Praha: Karolinum.

Hill, D. W. (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of sports sciences*, *17*(6).

Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and science in sports and Exercise*, *27*(9).

Hudgins, B., Scharfenberg, J., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2013). Relationship Between Jumping Ability and Running Performance in Events of Varying Distance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(3).

IAAF. (2014). IAAF World Indoor Championships. Dostupné 11. listopad 2014, z http://www.iaaf.org/competitions/iaaf-world-indoor-championships

Ingham, S. A., Fudge, B. W., Pringle, J. S., & Jones, A. M. (2013). Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(1).

Ingham, S. A., Whyte, G. P., Pedlar, C., Bailey, D. M., Dunman, N., & Nevill, A. M. (2008). Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Medicine and science in sports and exercise*.

Jones, A. M., & Whipp, B. J. (2002). Bioenergetic constraints on tactical decision making in middle distance running. *British journal of sports medicine*, *36*(2)

Katch, V., & Henry, F. m. (1972). Prediction of running performance from maximal oxygen debt and intake. *Medicine and Science in Sports*, *4*(4).

Kelly, C. M., Burnett, A. F., & Newton, M. J. (2008). The effect of strength training on three-kilometer performance in recreational women endurance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(2).

Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (1999). *Physiology of Sport and Exercise With Web Study Guide-5th Edition*. Human Kinetics.

Korvas, P., & Bedřich, L. (2014). *Struktura sportovního výkonu: učební texty pro studenty FSpS* (1. vyd.). Brno: Masarykova univerzita.

Kuchen, A. (1985). *Atletika: encyklopédia* (1. vyd.). Bratislava: Šport.

Kurz, T. (2001). *Science of sports training: how to plan and control training for peak performance* (2nd ed.). Island Pond, Vt: Stadion.

Kyle, C. (1979). Reduction of Wind Resistance and Power Output of Racing Cyclists and Runners Travelling in Groups. *Ergonomics*, *22*(4)

Lacour, J. R., Bouvat, E., & Barthelemy, J. C. (1990). Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *61*(3-4).

L Brownlie, I. M. (1987). The influence of apparel on aerodynamic drag in running. *The Annals of physiological anthropology = Seiri Jinruigaku Kenkyūkai kaishi*, *6*(3)

Maldonado, S., Mujika, I., & Padilla, S. (2002). Influence of Body Mass and Height on the Energy Cost of Running in Highly Trained Middle- and Long-Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, *23*(4)

Měkota, K. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony* (1. vyd.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti* (1. vyd.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Meško, J. (2014, duben 28). *Vliv kondičních a somatických faktorů na sportovní výkon v lezení* (Master's thesis). Dostupné z https://is.muni.cz/auth/th/360070/fsps_m/

Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., & Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of Sports Sciences*, *29*(13).

Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Mooses, K., & Jürimäe, T. (2013). Anthropometric and Physiological Determinants of Running Performance in Middle-and Long-Distance Runners. / Antropometrijske I Fiziološke Odrednice Uspješnosti Trčanja U Trkača Na Srednje I Duge Pruge. *Kinesiology*, *45*(2)

Morgan, D., Baltini, F., Martin, P., & Korth, P. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO2max among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *21*(1)

Mougios, V. (2006). *Exercise Biochemistry*. Champaign, Ill: Human Kinetics.

Myers, M. J., & Steudel, K. (1985). Effect of limb mass and its distribution on the energetic cost of running. *Journal of Experimental Biology*, *116*(1)

Noakes, T. (2003). *Lore of Running*. Champaign, Ill: Human Kinetics.

Novotný, J. (2013). Sportovní antropologie. Dostupné z http://www.fsps.muni.cz/~novotny/SA_text.pdf

Olesen, H. L., Raabo, E., Bangsbo, J., & Secher, N. H. (1994). Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *69*(2)

Pavlík, J. (2010). *Vybrané kapitoly z antropomotoriky*. Brno: Masarykova univerzita.

Pironnet, F., & Thibault, G. (1989). Mathematical analysis of running performance and world running records. *J. Appl. Physiol*, *67.*

Pugh, L. G. (1971). The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. *The Journal of Physiology*, *213*(2)

Ramsbottom, R., Nevill, A. M., Nevill, M. E., Newport, S., & Williams, C. (1994). Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. *Journal of Sports Sciences*, *12*(5),

Riegerová, J. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)* (3. vyd.). Olomouc: Hanex.

Saltin, B. (b.r.). Anaerobic capacity. Past, present and prospective. *Biochemistry of exercise VII, 1990*.

Sommer, J. (2003). *Malé dějiny sportu: aneb o sportech našich předků* (Vyd. 1.). Praha: Fontána.

Spencer, M. R., & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200-to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, *33*(1).

Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(1).

Svedenhag, J., & Sjödin, B. (1984). Maximal and Submaximal Oxygen Uptakes and Blood Lactate Levels in Elite Male Middle- and Long-Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, *05*(05).

Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., … Häkkinen, K. (2010). Strength training in endurance runners. *Int J Sports Med*, *31*(7).

Thomson, J. M. (1981). Prediction of anaerobic capacity: a performance test employing an optimal exercise stress. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport*, *6*(1).

Tim Anderson, W. T. (1994). 955 Running Economy, Anthropometric Dimensions and Kinematic Variables. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *26*(5)

Tucker, R., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2006). An Analysis of Pacing Strategies During Men's World-Record Performances in Track Athletics. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *1*(3).

Varga, I. (Ed.). (1976). *Atletika: behy* (Vyd. 1.). Bratislava: Šport.

Vindušková, J. (Ed.). (2003). *Abeceda atletického trenéra* (1. vyd.). Praha: Olympia.

Vučetić, V., Matković, B. R., & Šentija, D. (2008). Morphological Differences of Elite Croatian Track-and-Field Athletes. *MORFOLOŠKE RAZLIKE ATLETIČARA HRVATSKOG NACIONALNOG RANGA RAZLIČITIH TRKAČKIH DISCIPLINA.*, *32*(3)

Ward-Smith, A. J. (1985). A mathematical theory of running, based on the first law of thermodynamics, and its application to the performance of world-class athletes. *Journal of biomechanics*, *18*(5).

Weston, A. R., Mbambo, Z., & Myburgh, K. H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(6)

Weyand, P., Cureton, K., Conely, D., & Sloniger, M. (b.r.). Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *1993*(25).

Weyand, P. G., Cureton, K. J., Conley, D. S., Sloniger, M. A., & Liu, Y. L. (1994). Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. *Medicine and science in sports and exercise*, *26*(9).

Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*, *63*(3)

Zvonař, M., & Duvač, I. (2011). *Antropomotorika: pro magisterský program tělesná výchova a sport* (1. vyd.). Brno: Masarykova univerzita.

RESUMÉ

Cieľom práce bolo v štruktúre športového výkonu v behu na stredné trate nájsť faktory, ktoré tento výkon najviac ovplyvňujú a limitujú. Zo somatických faktorov má dobré predpoklady štíhly a dlhonohý jedinec. Kondičným faktorom najviac limitujúcim výkon je krátkodobá a strednodobá vytrvalosť. Bez vysoko rozvinutej maximálnej aeróbnej kapacity, schopnosti túto kapacitu čo najviac využiť a schopnosti odolávať narušeniu homeostázy kyslými odpadmi metabolizmu nemôže bežec podať naozaj potenciálne maximálny výkon. Efektívna technika behu je tiež veľmi dôležitá. Nakoniec, aj v zdanlivo takticky jednoduchej disciplíne ako beh po oválnej trati, môže voľba taktického jednania znamenať rozdiel medzi víťazom a porazeným.

Nemôžeme tvrdiť, že sa nám z veľkého počtu kúskov výsledkov vedeckého bádania podarilo zložiť ostrý obraz toho, čo determinuje výkon v behoch na stredné trate. Táto téma je veľmi široká a presnejšie závery vyžadujú komplexný výskum.

SUMMARY

Aim of this thesis was to search the current scientific knowledge and find those factors that affect and limit the performance in middle-distance running. As for anthropometry, excellent runner should be lean. Mass and its distribution over lower limbs is crucial for running economy. Aerobic and anaerobic endurance are the main motor abilities that limit the performance the most. Without well developed maximal oxygen capacity, ability to use high fraction of it and high buffering capacity one cannot perform his best. Effective running is very important. And, last but not least, as much running in few circles at maximal speed is not considered as tactically difficult, tactical decisions during the race, such as choice of pace or positon relating the track or other runners may differentiate the winner from the loser.

However, we cannot claim that we, based on many pieces of research we put together, found those exact factors limiting middle-distance performance. This

field is very complicated and more exact results require a more complex and compact research.