

## Výkonnosť a ekonomika behu vytrvalostných bežcov vo vzťahu k oxidácii tukov a krvnému obrazu

Michal Střelecký<sup>1</sup>, Milan Sedliak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta telesnej výchovy a športu

### Abstrakt:

Cieľom nášho príspevku bolo rozšíriť poznatky o ekonomike behu vzhľadom na výkonnosť vo vytrvalostných disciplínach v závislosti od oxidácie tukov a vybraných krvných parametrov. Súbor tvorilo 11 výkonnostných vytrvalostných bežcov ( $n=11$ ;  $27,25 \pm 2,77$  roka, telesná výška:  $182 \pm 5,3$  cm, telesná hmotnosť:  $73,9 \pm 3,9$  a BMI:  $22,3 \pm 1$  kg.m<sup>-2</sup>). Pomocou prerušovaného stupňovaného záťažového testu na bežiacom páse sme sledovali ekonomiku behu (hodnota spotreby kyslíka) a oxidáciu tukov. Sledovali sme aj výkon v behu na 10 km počas pretekov v období pred odberom a záťažovým testom. Závislosť ekonomiky behu od oxidácie tukov a vybraných krvných parametrov sme vyhodnocovali pomocou Spearmanovho korelačného koeficientu ( $r$ ). Pri sledovaní závislosti oxidácie tukov od výkonu v behu na 10 km sme preukázali štatisticky aj vecne významnú závislosť ( $r = -0,68$ ;  $p < 0,05$ ; veľká závislosť). Pri sledovaní ekonomiky behu a oxidácii tukov na úrovni priemerného pretekového tempa skupiny v behu na 10 km sa nepotvrdila štatistická významnosť, ale pri záťažovom teste bol zaznamenaný výrazne nižší pokles oxidácie tukov pri rýchlostiach 16 až 18,5 km/h u výkonnostne lepších bežcov ( $n=5$ ) v porovnaní s bežcami pomalšími ( $n=6$ ) ( $47,94 \% \pm 29,64$  vs  $90,73 \pm 10,15$ ;  $14,21\%$ ;  $p \leq 0,05$ ). Pri ekonomike behu a vybraných krvných parametroch sme nezistili signifikantnú závislosť pri žiadnom z parametrov.

*Kľúčové slová: ekonomika behu, krvný obraz, oxidácia tukov, beh na 10 km, spotreba kyslíka*

Ekonomika behu (RE) patrí medzi významné determinanty pri výkone vo vytrvalostnom behu. Ako komplex zahŕňa v sebe biomechanické, neuromuskulárne, metabolické a kardiorespiračné premenné a preto je dôležité aby sa v praxi implementovali do tréningového procesu (Tawa a Louw 2018). Medzi elitnými bežcami sa môže táto hodnota líšiť aj o 30%, preto ide o jeden z kľúčových parametrov pri vytrvalostnom výkone (Hansen et al. 2021). Je definovaná ako spotreba kyslíka (VO<sub>2</sub>) za minútu na kilogram telesnej hmotnosti pri danej submaximálnej rýchlosti. Môže byť ovplyvnená internými (gény a biologické faktory) a externými vplyvmi (prostredie, tréningový proces, psychika). Existujú empirické dáta dokazujúce podmienenosť ekonomiky behu na kardiorespiračných a metabolických procesoch: mitochondriálna práca, srdcová frekvencia, minútová ventilácia, termoregulácia, či typ svalových vlákien (Saunders et al. 2004). Pri biomechanických faktoroch ide vzhľadom na ekonomiku behu najmä o dĺžku a objem predkolenia, dĺžku Achillovej šľachy, či moment sily

predkolenia. Zaujímavosťou pri ekonomike behu je, že na základe dostupných dát zo štúdie od Jones (2006) sa ekonomika behu môže zlepšiť, avšak bez nárastu hodnoty  $VO_{2max}$ , preto sme sa rozhodli pozrieť aj na vzťah s krvnými parametrami.

Je známe, že pri svalovej práci sú hlavnými zdrojmi pre tvorbu energie cukry a tuky a pomer v akom sa tieto substráty podieľajú na tvorbe energie závisí od intenzity, dĺžky trvania vykonávanej činnosti, trénovanosti jedinca, ale aj na forme stravovania. Dokonca aj pohlavie ovplyvňuje oxidáciu tukov či cukrov (Maunder et al. 2018). Najzásadnejším faktorom ovplyvňujúcim procesy oxidácie substrátov je intenzita. Pri strednej až vysokej intenzite sa čím ďalej, tým viac podieľajú na tvorbe energie cukry, a zase naopak pri nižších intenzitách sú to práve tuky. Z toho vyplýva, že dlhšie trvajúce pohybové aktivity sú závislé na tukoch, pri vyšších intenzitách dôjde k zníženiu pH vo svale a výrazne nižšiemu dodávaniu mastných kyselín krvou do svalov. Jednou z možných príčin je väčšia tvorba katecholamínov a acidózou zapríčinená zhoršená tvorba enzýmu karnitín palmitoyl transferázy, ktorá spája molekulu mastnej kyseliny a karnitínu, čo zabezpečí vstup do mitochondrie a následnú oxidáciu (Venables et al. 2005; Maunder et al. 2018). Pri vytrvalostnom športovom výkone predstavuje vyššia oxidácia tukov dôležitú funkciu. Vedie totiž k šetreniu glykogénových zásob, ktoré sú potrebné pri intenzívnejších fázach pretekov, napr. záverečný úsek danej disciplíny. Pri stúpajúcej intenzite sa dá podiel tukov vyjadriť parabolickou krivkou- pri nižších intenzitách po miernu až strednú stúpa, pokiaľ nedosiahne svoje maximum, od ktorého ďalej klesá a naopak narastá podiel oxidácie cukrov. Dosažené maximum, kedy sa tuky využívajú najviac nazývame maximálna oxidácia tukov a vyjadruje sa najčastejšie v absolútnych hodnotách v g. min<sup>-1</sup>. Intenzita pri ktorej sa tento bod dosiahne nazývame Fatmax. Najčastejšie to býva tesne pred markantným nástupom glykolýzy, v rozmedzí 40 – 70 %  $VO_{2max}$  podľa trénovanosti (Jeukendrup a Achten 2001; Maunder et al. 2018).

Vytrvalostné zaťaženie a jeho adaptačný mechanizmus vplýva na hematologické parametre a aj preto sa odbery krvi a sledovanie zmien krvných parametrov stalo integrovanou súčasťou športovej prípravy vrcholových športovcov (Ciekot-Soltysiak et al. 2017). Schmidt a Prommer (2008) vyzdvihujú transportnú funkciu krvi vo vytrvalostných športoch a považujú ju za determinujúcu, pričom argumentujú, že vytrvalci majú svalovú oxidatívnu kapacitu (teda schopnosť svalov extrahovať  $O_2$  z krvi) pomerne dobre rozvinutú. Demonštrujú to na štúdiách (Prommer et al. 2007), ktoré skúmali koreláciu aplikácie erythropoetínu (EPO) alebo krvnej retransfúzie, ktoré v oveľa väčšej miere korelovali s nárastom  $VO_{2max}$  ako s nárastom celkového objemu krvi, alebo plazmy.

### **Cieľ výskumu**

Cieľom nášho výskumu bolo pozorovať v skupine dospelých vytrvalostných bežcov na dlhé trate vzťahy medzi ekonomikou behu a vybranými parametrami krvného obrazu, a zároveň vzťah medzi ekonomikou behu a oxidáciou tukov počas zaťaženia. Ekonomiku behu sme sledovali pri submaximálnej rýchlosti pomocou spotreby kyslíka.

### **Metodika**

Inklúzne kritéria vo výskume boli nastavené na objem minimálne 150 min bežeckej aktivity týždenne a to s minimálnou trojročnou kontinuálnou praxou v takomto objeme. Ďalším štandardným kritériom bol index telesnej hmotnosti (BMI) medzi 18,5 – 30 kg/m<sup>2</sup>. Náš štatistický súbor (n = 11) pozostáva zo slovenských vytrvalostných bežcov najvyššej úrovne (vybraní na základe dobrovoľnej účasti zo skupiny najlepších slovenských bežcov na dlhé trate za rok 2021). Všetci probandi boli muži s priemerným decimálnym vekom 27,25 ± 2,85 rokov, priemernou telesnou výškou 182 ± 5,3 cm a priemernou telesnou hmotnosťou 73,9 ± 3,9 kg.

Krvný odber sa konal vždy ráno na lačno, pod dohľadom telovýchovného lekára v priestoroch Diagnostického centra profesora Hamara a krvný obraz s diferenciálom spolu s biochemickými parametrami bol analyzovaný v komerčnom laboratóriu. Spiroergometrické vyšetrenie sa vykonalo v priestoroch Národného Športového Centra (NŠC) pod dohľadom vyškolených pracovníkov pomocou zariadenia Quark CPET (COSMED) a vychádzali sme zo štandardizovaného postupu. Prístroj bol kalibrovaný podľa kalibračného postupu od výrobcu. Počas spiroergometrického záťažového testu sme sledovali najmä parametre: ekonomika behu (RE) na základe spotreby O<sub>2</sub> (ml/min/kg) a podiel oxidácie tukov, pri ktorom sme použili stoichiometrickú rovnicu podľa Jeukendrup a Wallis et al. (2005) v g. min<sup>-1</sup>. Keďže išlo o skupinu najlepších slovenských vytrvalcov je pre správne hodnotenie ekonomiky behu potrebné dosiahnuť stabilný stav metabolických procesov („steady state“) pri zaťažení. Podľa Jones at al. (2020) je takáto doba pri rovnakej rýchlosti 3 minúty, preto sme použili aj podobný protokol ako v spomínanej štúdií, avšak s upravenými rýchlosťami, keďže išlo o bežcov inej výkonnosti. Počas špeciálneho protokolu prerušovaného stupňovaného záťažového testu na bežiacom pásu, ktorý bol použitý, bol možný aj odber laktátu. Prvú minútu probandi bežali v rámci rozcvičenia na rýchlosti 10 km/h, následne každý proband bežal 3+1 min (posledná minúta bola použitá na odber laktátu kedy proband zoskočil z pásu na konštrukciu) na rýchlostiach 12 km/h; 12,6 km/h; 13,3 km/h; 14,1 km/h; 16 km/h; 16,7 km/h; 17,6 km/h; 18,5 km/h, pri čom od 19 km/h nasledovalo každú minútu zrýchlenie o 1 km/h až do maxima. Spiroergometrická maska analyzovala a vyhodnocovala priemer skúmaných premenných

každých 10 s počas priebehu testu. Za 32 „steady-state“ dáta sme považovali namerané hodnoty z posledných 30 s z tretej minúty pri danej rýchlosti. S týmito hodnotami sme ďalej pracovali a vyhodnocovali. Parametre namerané zo spiroergometrického záťažového testu sme dávali do vzťahu s výkonom v behu na 10 km, ktorý probandi absolvovali počas pretekov v rozmedzí max. 1-2 mesiaca od vykonania testu a odberu krvi.

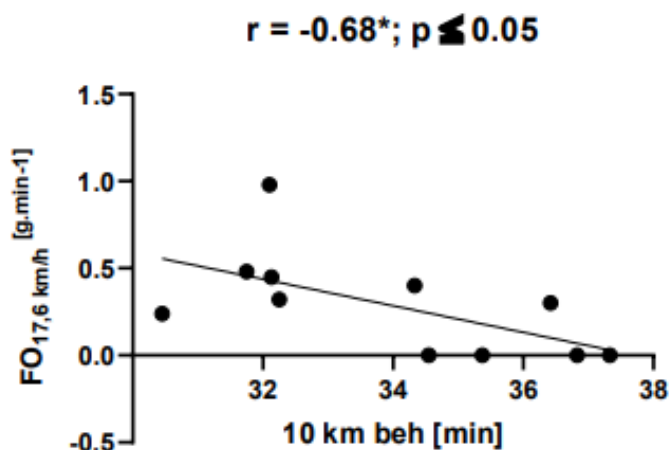
Na základe malého počtu probandov (n=11) sme volili neparametrické štatistické metódy. Pri vyhodnocovaní miery závislosti sledovaných parametrov sme použili Spearmanov korelačný koeficient (r). Štatistickú významnosť výsledkov sme sledovali na 5% ( $p = 0,05$ ;) a 1% ( $p = 0,01$ ;) hladine významnosti. Pre porovnanie významnosti poklesu oxidácie tukov v skupine rýchlejších a v skupine pomalších bežcov (na základe výkonu v behu na 10 km) sme použili Mann-Whitneyho U-test. Na štatistické spracovanie nami nameraných údajov sme využili program GraphPad Prism8 (GraphPad Software, San Diego, CA) a Microsoft Excel.

### **Výsledky**

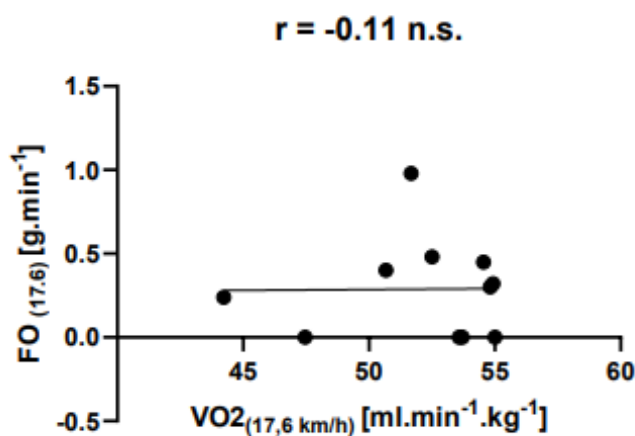
Podľa Hansen et al. (2021) sa elitný bežci nemusia výrazne líšiť v hodnote  $VO_{2max}$ , no pri hodnotení RE pri submaximálnej rýchlosti sa môžu líšiť aj o 30%. Je tiež známe, že tréning bežci sú ekonomickejší v porovnaní s netréningovanými, čo značí, že je tréningom ovplyvniteľná i napriek istej genetickej podmienenosti a môžeme ju tréningom zlepšiť vplyvaním na biomechanické, neuro-muskulárne, kardio-respiračné adaptačné procesy (Tawa a Louw 2018).

Probandi dosiahli priemerný výkon v behu na 10 km priemerný čas  $33:57 \pm 2$  s, čo predstavuje tempo 3:24/km. Na obrázku 1 znázorňujeme závislosť výkonu v behu na 10 km (os x) od oxidácie tukov pri pretekovom tempe (os y). Výsledky merania dosiahli štatistickú významnosť ( $p \leq 0.05$ ) a Spearmanov korelačný koeficient dosiahol hodnotu  $r = -0,68$ , čo predstavuje strednú závislosť z hľadiska vecného významu.

Na obrázku 2 je znázornená závislosť medzi ekonomikou behu probandov a oxidáciou tukov pri rýchlosti 17,6 km.h<sup>-1</sup>, čo predstavuje priemerné tempo 3:25/km. Výsledky merania nepotvrdili štatistickú významnosť ( $r = -0,09$ ; n.s.).

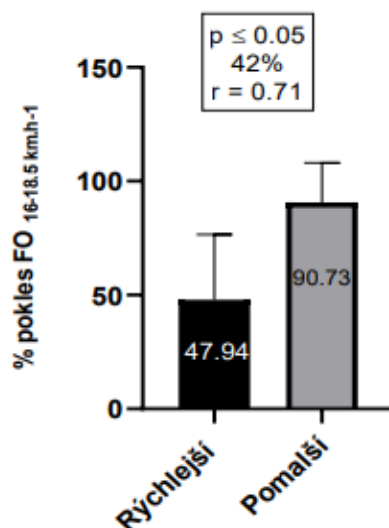


Obr. 1 Závislosť medzi výkonom v behu na 10 km a oxidácii tukov pri priemernom tempe behu na 10 km (3:25/km)



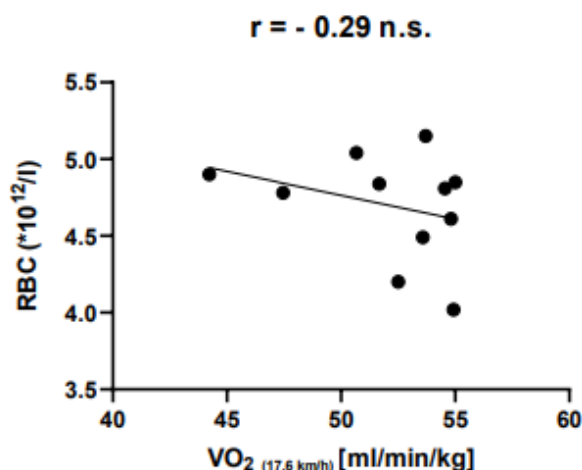
Obr. 2 Závislosť medzi ekonomikou behu (VO<sub>2</sub>) a oxidáciou tukov pri priemernom tempe pozorovanej skupiny pri behu na 10 km (3:25/km)

Na obrázku 3 je znázornený percentuálny pokles oxidácie tukov pri záťažovom teste do maxima pri rýchlostiach 16; 16,7; 17,6 a 18,5 km.h<sup>-1</sup> bežcov rýchlejších a pomalších ( $47,94 \pm 28,62$  vs  $90,73 \pm 17,37$ ;  $p \leq 0,05$ ). Probandov sme si rozdelili do dvoch skupín podľa výkonnosti v behu na 10 km. Pozorované rýchlosti predstavujú bežecké tempá 3:45; 3:35; 3:25; 3:14 min.km<sup>-1</sup>, pri čom priemerné tempo probandi v behu na 10 km dosiahli 3:25 min.km<sup>-1</sup>.

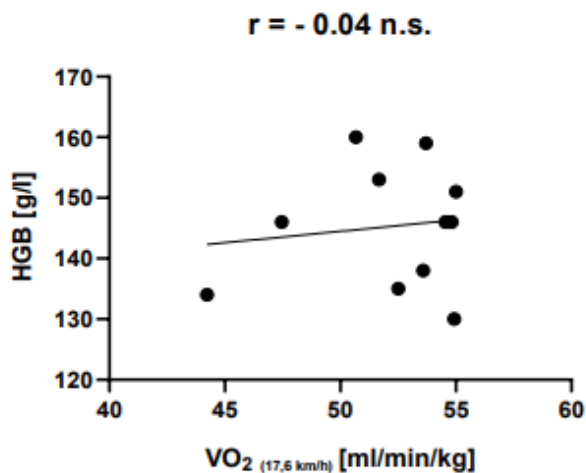


Obr. 3 Porovnanie poklesu oxidácie tukov (%) od rýchlosti 16 km.h-1 po rýchlosť 18,5 km.h-1 u bežcov rozdielnej výkonnosti

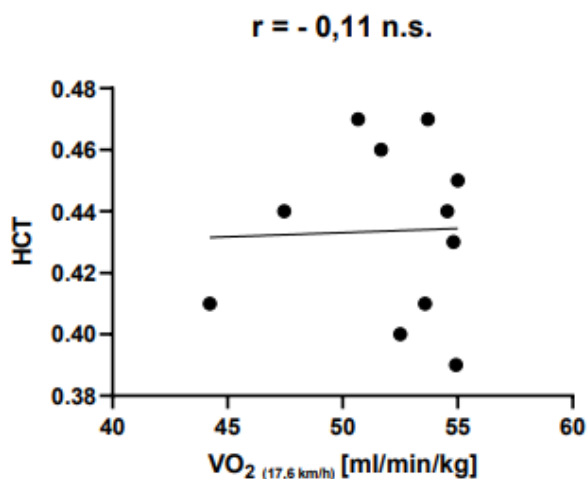
Na obrázku 4 môžeme vidieť grafické znázornenie závislosti ekonomiky behu (os x) od počtu RBC (os y). Na obrázku 5 môžeme vidieť grafické znázornenie závislosti ekonomiky behu (os x) od koncentrácie HGB v krvi (os y). Na obrázku 6 môžeme vidieť grafické znázornenie závislosti ekonomiky behu (os x) od HCT krvi (os y). Spearmanov korelačný koeficient dosiahol pri analýze RE s RBC hodnotu ( $r = -0,29$ ), pri RE s HGB ( $r = -0,04$ ) a pri RE s HCT ( $r = -0,11$ ), pričom výsledky merania nepreukázali štatistický významný vzťah.



Obr. 4 Závislosť medzi ekonomikou behu (sledované pomocou spotreby O<sub>2</sub>) pri priemernom tempe behu na 10 km skúmaného súboru od počtu erytrocytov (RBC)



Obr. 5 Závislosť medzi ekonomikou behu (sledované pomocou spotreby O<sub>2</sub>) pri priemernom tempe behu na 10 km (VO<sub>2</sub>) skúmaného súboru od koncentrácie hemoglobínu (HGB) v krvi



Obr. 6 Závislosť medzi ekonomikou behu (sledované pomocou spotreby O<sub>2</sub>) pri priemernom tempe behu na 10 km skúmaného súboru od hematokritu (HCT) v krvi

### Diskusia

Naše výsledky naznačujú, že vyššia oxidácia tukov v istej miere pozitívne ovplyvňuje výkon v behu na 10 km. Podobné závery má aj štúdia Frandsen et al. (2017), kde sa potvrdila vysoká korelácia výkonu v dlhých disciplínach triatlonu s maximálnou oxidáciou tukov ( $r=0.35$ ,  $p \leq 0.01$ ), no v porovnaní s objemom a intenzitou v behu na 10 km ide o odlišné energetické nároky. Pitsiladis et al. (1996) sledovali vplyv rozdielneho stravovania sa 7 dní pred behom na 10 km v jednoskupinovom časovo nesúbežnom experimente. Porovnávali vplyv vysoko sacharidovej diéty a nízko sacharidovej diéty na výkon v behu na 10 km a na oxidáciu tukov. Síce potvrdili vyššiu oxidáciu tukov po aplikovaní nízko sacharidovej diéty ( $p \leq 0.05$ ),

no rozdiel vo výkone v behu na 10 km sa signifikantne nepotvrdil. Išlo však o menej trénovaných bežcov v porovnaní s našimi ( $48,20 \pm 2,3$  vs.  $33,96 \pm 2,35$  min), úskalie môže byť aj, že šlo o jednoskupinový časovo nesúbežný experiment s krátkym vyhasinacím obdobím a navyše so štandardným tréningovým objemom. Podobný dizajn a výsledky prináša aj Prins et al. (2019), kde sledovali skupinu 7 rekreačných bežcov výkonnostných bežcov a vplyv 40 dňovej nízko a vysoko sacharidovej diéty na výkon v behu na 5 km. Po aplikácii nízko sacharidovej diéty došlo k signifikantne vyššej oxidácii tukov ( $0,74 \pm 0,25$  vs.  $0,13 \pm 0,18$ ;  $p \leq 0.01$ ), no nedošlo k signifikantnej zmene výkonu v behu na 5 km. Ani výsledky štúdie Lima-Silva et al. (2010) nepotvrdzujú závislosť behu na 10 km a oxidácie tukov u bežcov o niečo nižšej výkonnosti ako v našej práci ( $35.5 \pm 1.7$  min na 10 km) a ako dôvod uvádzajú, že beh na 10 km u elitných bežcov prebieha v intenzite vyššej ako 85 %  $VO_{2max}$ , ktorú považujú za hraničnú pre zvýšenú oxidáciu sacharidov.

Napriek tomu, že my sme vzťah medzi RE a oxidáciou tukov nenašli, Burke et al. (2017) potvrdili u chodcov na 10 a 20 km zhoršenie v RE pri intenzite rovnakej ako pri pretekoch pri vyššej oxidácii tukov, čo odôvodňujú nižším energetickým ekvivalentom (pri rovnakom množstve  $O_2$  sa uvoľní menej energie z tukov ako z cukrov) pre tuky ako hlavný substrát energetického krytia. Podobne ako v našej práci, Prins et al. (2019) nepotvrdil signifikantné zhoršenie v RE u bežcov s vyššou oxidáciou tukov ( $45,2 \pm 4,0$  vs  $44,3 \pm 3,1$  ml.  $min^{-1} \cdot kg^{-1}$  ; n.s.), síce sa nepotvrdila štatistická významnosť, v spomínanej štúdii aj v našej práci môžeme pozorovať vyššiu spotrebu  $O_2$  v skupine bežcov v s vyššou oxidáciou tukov, načo rozhodne môže vplývať vyššie nároky tukov ako substrátu na  $O_2$  (Leverve et al. 2007).

Medzi výkonnostne rozdielnymi probandami vidno veľký rozdiel v poklese využívania tukov v energetickom krytí. Napriek nižšiemu energetickému ekvivalentu môže mať tento fenomén 38 veľkú výhodu vo vytrvalostných disciplínach. Zvýšená oxidácia tukov potláča glykogenolýzu, čím šetrí zásoby sacharidov v tele, ktoré limitujú výkon vo vytrvalostných disciplínach (Yeo et al. 2011), najmä tých, ktoré sú v trvaní viac ako 90 min. Väčšina vytrvalostných bežcov vrátane našich probandov sa venujú aj dlhším disciplínam ako polmaratón, či maratón, aj to môže byť dôvod prečo pri 10 km u rýchlejších bežcov vidno vyššiu oxidáciu tukov napriek vyššej intenzite a kratšiemu trvaniu ako 90 min. Avšak, je potrebné si uvedomiť, že aj pri vytrvalostných disciplínach v takomto dlhom trvaní, kedy hovoríme o submaximálnej intenzite, sa často v priebehu pretekov kvôli taktickému zámeru (konečný šprint, únik do kopca...) vytrvalci priblížia k maximálnym intenzitám, kedy je nevyhnutné mať k dispozícii rýchle zdroje v procese hradenia energie (Burke et al. 2017). Jedna z adaptačných zmien na vytrvalostný tréning patrí aj zvýšenie oxidácie tukov v dôsledku

viacerých adaptačných metabolických procesov- zmnoženie kapilár (zvýšená transportná kapacita substrátov), zvýšenie počtu mitochondrií, zvýšenie aktivity oxidatívnych enzýmov. Ako následok dokáže adaptovaný sval oxidovať väčšie množstvo substrátov pri vysokých intenzitách. Na vytrvalostný tréning adaptované svaly uchovávajú aj väčšie množstvo intracelulárneho tuku (triglyceridov) a vyjadrujú aj vyššiu enzymatickú aktivitu lipoproteínovej lipázy, ktorá podporuje štiepenie a oxidáciu tukov. Súhrnom týchto procesov sa zväčší aj prísun mastných kyselín do svalov a mitochondrií (Hawley et al. 1998). Výkonnejší bežci v našom pozorovanom súbore disponujú aj vyšším stupňom trénovanosti, čo môže na základe vyššie spomenutých procesov byť dôvodom ich vyššej oxidácie tukov v porovnaní s pomalšou skupinou bežcov.

Viacero štúdií potvrdzuje závislosť výkonu vo vytrvalostných športových disciplínach od krvných parametrov (Montero a Lundby 2019). Zvýšená transportná kapacita pre O<sub>2</sub>, lepšia extrakcia O<sub>2</sub> tkanivami vo veľkej miere ovplyvňujú vytrvalostný výkon. Preto sa podľa Muche et al. (2021) často do tréningového procesu 41 implementuje v pre O<sub>2</sub> a následne sa to môže preukázať na lepšej RE a výkone v nižších nadmorských výškach. Podobné závery potvrdzuje aj Saunders et al. (2009), ktorý pozoroval skupinu elitných bežcov (n=9), ktorí využívali princíp „live high-train low“ (2860 ± 41 m.n.m) v porovnaní s (n=9) výkonnostne rovnakou kontrolnou skupinou (600 m.n.m). Skupina „live high-train low“ dosiahla signifikantné zlepšenie v absolútnej spotrebe O<sub>2</sub> (ml.min<sup>-1</sup>) o 3.2% (p ≤ 0.05) a došlo aj k nárastu celkovej hemoglobínovej masy o 4,9% (p ≤ 0.01), ktorá koreluje so zvýšenou HGB koncentráciou, no autori upozorňujú, že k takémuto nárastu dôjde len po dostatočnom objeme tréningových hodín v takomto prostredí (400 h počas 48 dní vo vysokej nadmorskej výške). Heinicke et al. (2004) potvrdzujú (po pobyte v nadmorskej výške) nárast celkovej hemoglobínovej masy, počtu RBC (p ≤ 0.05), koncentrácie HGB a HCT (p ≤ 0.01) a závislosť s hodnotou VO<sub>2</sub>max, avšak neporovnávali spotrebu O<sub>2</sub> pri submaximálnych intenzitách, čiže RE. Levine a Stray-Gundersen (1997) potvrdzuje, že zvýšenie počtu RBC (o 9%) vďaka princípu „live high train-low“ vedie k zvýšeniu VO<sub>2</sub>max a RE o 5%. Sledovali sme aj vzťah medzi RE a parametrami: MCV (r = 0,43), MCH (r = 0,34), MCHC (r = 0,19), RDW (r = -0,60), sérové železo (r = -0,29), feritín (r = 0), transferín (r = 0,11). Medzi sledovanými parametrami sa v žiadnom z prípadov nepotvrdil štatisticky významný vzťah (n.s.). Rôzne závery vyššie spomínaných štúdií naznačujú, že hodnoty parametrov krvného obrazu u športovcov sú veľmi náchylné na časť sezóny v ktorej sa vytrvalostní športovci práve nachádzajú. V štúdií Malczewska-Lenczowska et al. (2013) porovnávali krvné parametre (RBC, HGB, HTK) vytrvalcov a šprintérov, kde zatiaľ čo šprintéri mali počas celého ročného tréningového cyklu relatívne stále hodnoty,

vytrvalci ich mali vyššie len po ukončení prípravného 42 obdobia, najnižšie hodnoty dosiahli v prechodnom období po ukončení súťažného obdobia. Možnou príčinou môže byť vyššia intenzita záťaže počas pretekov, či tréningových jednotiek v porovnaní s obdobím prípravným, kde ide viac o objem. Takéto závery potvrdzuje aj štúdia Banfi et al. (2011), ktorá skúmala kolísanie hodnôt krvného obrazu v priebehu sezóny v rôznych športových odvetviach. V našom prípade došlo k testovaniu v období september-november 2021, čo je práve vyvrcholenie súťažnej sezóny a začiatok prechodného obdobia a aj to je jedna z možných príčin, prečo sme nenašli žiadnu súvislosť medzi krvnými parametrami a RE.

### **Záver**

Na základe výsledkov našej práce sme potvrdili závislosť výkonu v behu na 10 km a oxidácie tukov. Po rozdelení bežcov podľa výkonnosti sme pozorovali percentuálne nižší pokles oxidácie tukov pri stupňujúcej sa rýchlosti v skupine rýchlejších bežcov. Vyššia oxidácia tukov pri záťaži je jeden z adaptačných mechanizmov vytrvalostného tréningu. Pomáha pri nižších intenzitách šetriť zásoby glukózy v krvi, ktoré dokážu využiť neskôr pri intenzívnejších častiach pretekov. Preto odporúčame dlhodobejšie sledovanie tohto parametra pri vytrvalostných bežcoch s prihliadaním aj na ich jedálniček, ktorým dokáže byť táto hodnota ovplyvnená. 45 Zámerom testovacieho protokolu na bežiacom páse v našej práci bolo dosiahnuť „staedystate“ pri rýchlostiach behu, ktoré bežci využívajú pri pretekoch, či tréningovom procese. Použili sme unifikovaný protokol pre všetkých probandov. Pri ďalšom skúmaní odporúčame použiť individualizovaný protokol pre každého bežca samostatne, ktorý bude samostatne zohľadňovať výkonnosť zúčastnených bežcov v pozorovanej skupine. Pri interindividuálnom sledovaní vybraných parametrov krvného obrazu a ich vzťahu s ekonomikou behu sme nedospeli k štatisticky významným zisteniam, avšak sledovali sme, že kde v porovnaní s referenčnými hodnotami bežnej populácie sa nachádzali naši probandi. Ako naznačuje zahraničná literatúra, pre športovcov vyššej výkonnosti je vhodnejšie intraindividuálne sledovanie týchto parametrov a môže pomôcť pri spätnej väzbe a hodnotení účinnosti tréningového procesu a stavu výkonnosti.

***Príspevok je riešený v rámci projektu Centrum pre pohybovú aktivitu, prevenciu a podporu zdravia seniorov (ITMS2014+ 305041X157). Financované z prostriedkov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, operačný program Interreg V-A Slovenská republika – Rakúsko***

## Literatúra

1. BANFI, G., et al., 2011. Seasonal variations of haematological parameters in athletes. *European journal of applied physiology*, 111(1), 9-16.
2. BURKE, L. M., et al., 2017. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of physiology* 595(9), 2785-2807.
3. CIEKOT-SOLTYSIAK, M. et al. 2018. Training-induced annual changes in red blood cell profile in highly-trained endurance and speed-power athletes. *Journal of Sports Medicine and Fitness*, 58(12), 1859-1866.
4. FRANDBSEN, J. et al., 2017. Maximal fat oxidation is related to performance in an ironman triathlon. *International journal of sports medicine*, 38(13), 975-982.
5. HANSEN, C. E., et al., 2021. Factors correlated with running economy among elite middle-and long-distance runners. *Physiological Reports*, 9(20).
6. HAWLEY, J.A. et al., 1998. Strategies to enhance fat utilisation during exercise. *Sports Medicine*, 25(4), 241-257.
7. JEUKENDRUP, A. a J. ACHTEN, 2001. Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise? *European Journal of Sport Science*, 1(5), 1-5.
8. JONES, A. M. 2006. The physiology of the world record holder for the women's. *International Journal of Sport Science and Coaching*, 1(2), 101-116.
9. LEVERVE, X., et al., 2007. Choosing the right substrate. In: *Novartis Foundation Symposium*. Chichester; New York; John Wiley.
10. LEVINE, B.D., a J. STRAY-GUNDERSEN, 1997. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of applied physiology*, 83(1), 102-112.
11. LIMA-SILVA, A. E., et al., 2010. Relationship between training status and maximal fat oxidation rate. *Journal of sports science & medicine*, 9(1), 31.
12. MALCZEWSKA-LENCZOWSKA, J. et al. 2013. Total haemoglobin mass, blood volume and morphological indices among athletes from different sport disciplines. *Arch Med Sci*, 9(5), 780-787.
13. MAUNDER, E. et al., 2018. Contextualising maximal fat oxidation during exercise: determinants and normative values. *Frontiers in Physiology*, 9(599).
14. MONTERO, D. a C. LUDBY, 2019. Regulation of Red Blood Cell Volume with Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, 9(1), 149-164.

15. PITSILADIS, Y. P. et al., 1996. Effects of alterations in dietary carbohydrate intake on running performance during a 10 km treadmill time trial. *British journal of sports medicine*, 30(3), 226-231.
16. PRINS, P. J., et al., 2019. High rates of fat oxidation induced by a low-carbohydrate, highfat diet, do not impair 5-km running performance in competitive recreational athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 738.
17. PROMMER, N. et al. 2007. Timeframe to detect blood withdrawal associated with autologous blood doping. *Med Sci Sports Exerc* 39, S3.
18. SAUNDERS, P. U., et al., 2004. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine*, 34(7), 465-485.
19. TAWA, N. a Q. LOUW, 2018. Biomechanical factors associated with running economy and performance of elite Kenyan distance runners: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(1), 1-10.
20. VENABLES, M. C., et al., 2005. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *Journal of applied physiology*, 97(1), 160-167.
21. YEO, W. K., et al., 201. Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(1), 12-22.

## Summary

### Performance and running economy of endurance runners in relation with fat oxidation and blood count

Michal Střelecký, & Milan Sedliak

*The purpose of the research was to extend the knowledge of running economy in endurance disciplines and its dependence on fat oxidation and selected blood parameters. The investigated group consisted of 11 elite endurance runners (n=11; 27,25 ± 2,77 years, body height: 182 ± 5,3 cm, body mass 73,9 ± 3,9 and BMI: 22,3 ± 1 kg.m<sup>-2</sup> ). An incremental treadmill test was performed where we evaluated the running economy (oxygen cost) and fat oxidation. The performance in 10 km run was also evaluated during a race taking place in a period before the treadmill test and the blood draw. The dependence of running economy on fat oxidation and selected blood parameters was analysed using the Spearman's correlation coefficient (r). We found a correlation between fat oxidation and 10 km run performance (r = -0,68; p < 0,05; high dependence). There was no statistical significance found between running economy and 10 km average race pace, however there was a significantly lower decrease in fat oxidation observed on the treadmill test in between the speeds 16-18,5 km/h in the group of faster runners*

*(n= 5) in a comparison with slower runners (n= 6) ( $47,94 \% \pm 29,64$  vs  $90,73 \pm 10,15$ ;  $14,21\%$ ;  $p \leq 0,05$ ) within the observed group. There was found no significance when observing the dependence of running economy on the selected blood parameters.*

**Mgr. MICHAL STŘELECKÝ** – doktorand denného štúdia na Katedre biologických a lekárskech vied zaoberajúci sa vplyvom pohybovej aktivity na starnutie a cirkadiánnny rytmus.

**doc. Mgr. MILAN SEDLIAK, PhD.** – docent na Katedre biologických a lekárskech vied zaoberajúci sa vplyvom vytrvalostnej a silovej pohybovej aktivity na morfológiou svalu a cirkadiánnny systém.