ZMĚNY HEMOGLOBINU A HEMATOKRITU U ELITNÍ BĚŽKYNĚ V PRŮBĚHU DVOU VYSOKOHORSKÝCH VÝCVIKOVÝCH TÁBORŮ

EFFECT OF ALTITUDE TRAINING CAMPS IN DIFFERENT ALTITUDE ON HEMOGLOBIN AND HEMATOCRIT CONCENTRATION IN ELITE FEMALE RUNNER

P. Červinka

Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra atletiky

ABSTRACT

Article is focused in changes in concentration of hemoglobin and hematocrit during two altitude training camps in elite female runner (1 500 m 4:08.68, 5 000 m 15:31.15) in different altitude. Measurement of hemoglobin and hematocrit was realised by Cera Check Hb plus from capillary blood. Concentration of hemoglobin and hematocrit was higher 6 – 14 % then lowland, depend on altitude. In 1 500 m of altitude were changes 6 %, in 2 750 m we measured 14 % with comparing standard training altitude (250 – 300 m). Measurement show that positive changes started in altitude 1 500 m over sea. The best altitude for training is about 2 000 m over sea. Higher altitude was contra productive, because training hasn't proper intensity.

Keywords: altitude training; hemoglobin; hematocrit; elite female runner

SOUHRN

Článek se zabývá změnami hemoglobinu a hematokritu u elitní běžkyně v průběhu vysokohorských výcvikových táborů v různých nadmořských výškách. Měření hemoglobinu a hematokritu byla prováděna přístrojem Cera Check Hb plus ze vzorku kapilární krve odebírané z prstu. Měřením bylo zjištěno, že v závislosti na nadmořské výšce se hodnoty hemoglobinu i hematokritu zvýšily o 6 – 14 % proto výchozímu stavu v nížině. U nadmořské výšky 1 500 m n. m. to bylo o 6 %, u nadmořské výšky 2 750 m n. m. o 14 %. Současně měření ukázala, že k pozitivním změnám v přenosu kyslíku dochází již od nadmořské výšky 1 500 m n. m., ideální je výška 1 900 – 2 000 m n. m. Vyšší nadmořská výška již nepřináší náležitý efekt, protože nedovoluje trénovat potřebnou intenzitou.

Klíčová slova: nadmořská výška; hemoglobin; hematokrit; elitní běžkyně

Úvod

Vysokohorská příprava hraje důležitou roli v přípravě elitních běžců. V průběhu pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce dochází v organismu k celé řadě pozitivních změn, které se následně, při dobře řízeném tréninku promítají, do růstu výkonnosti.

Primárně dochází k reaktivním změnám v organismu, k nimž patří hyperventilace, vegetativní reaktivní změny, zvýšení kardiorespirační odezvy v průběhu submaximálního a maximálního tréninkového zatížení i po jeho ukončení a v neposlední řadě ke ztrátě tekutin.

Součástí reakce organismu na trénink ve vyšší nadmořské výšce jsou také adaptační změny, které probíhají v oblasti udržení acidobazické rovnováhy, zvyšuje se tvorba hemoglobinu a erytrocytů a dochází ke změnám v buněčných funkcích a metabolismu.

Pro vytrvalce je primárně nejsledovanější pozitivní změnou zvýšení transportní kapacity krve pro kyslík. Snížení tlaku kyslíku v tepenné krvi vede k nárůstu absolutního množství erytrocytů stimulací tvorby erytropoetinu. Dovalil, Perič at al. (2006) uvádí po týdenním pobytu v nadmořské výšce 2 300 m zvýšení hemoglobinu a erytrocytů na úrovni 4 – 10 %. Daniels & Oldridge (1970) popisují zvýšení množství hemoglobinu o 6 % při opakovaných třítydenních pobytech, Berglund et. al. (2002) uvádí

9 %, Heinicke, Heinicke, I., Schmidt & Wolfarth, B. (2005) 8,5 %, Lundby, Millet et al. (2012) při systému LHTL 11 %, McLean et al. (2013) 3,6 %, Wehrlin, Hallén, Marti et al. (2006) u různých vytrvalostních sportů 6 – 9 %.

Cíl výzkumu a hypotézy

Cílem výzkumu bylo zjistit dynamiku změn hemoglobinu a hematokritu u elitní běžkyně v průběhu dvou vysokohorských výcvikových táborů. Přepokládáme, v kontextu s literaturou, že bude docházet ke zvýšení hodnot obou sledovaných veličin v rozsahu uváděném literaturou, tedy v rozmezí 4 – 10 %.

Současně je cílem ověřit, zdali ke zvyšování hodnot dochází kontinuálně anebo se projevuje vliv aklimatizačních krizí, které jsou v odborné literatuře popisovány ve shodě obvykle 2., 9. a 15. den pobytu (Suchý, Dovalil & Perič 2009).

Metodika

Při dvou výcvikových táborech elitní běžkyně jsme sledovali pravidelně hodnoty hemoglobinu (dále Hb) a hematokritu (Hct), které spolu úzce souvisejí. Vyšší koncentrace hematokritu indikují i vyšší hodnoty hemoglobinu, což může mít nejčastěji dvě příčiny. První je nevhodný pitný režim, který nedokáže nahradit vyšší ztráty vody (a nejen vody, ale i minerálů), druhým je využití nedovolených prostředků, především EPA. Ideální je, pokud se podaří, navzdory subjektivní pocitům běžců, udržovat hematokrit na standardní úrovni, což je však ve vyšší nadmořské výšce obtížné, vzhledem k vyšším přirozeným ztrátám vody z organismu. Proto měříme ve vyšší nadmořské výšce obvykle vyšší hodnoty hematokritu i hemoglobinu.

Odběry vzorku kapilární krve z prstu jsme prováděli v předem určených intervalech, vždy v 8:00 h ráno. K vyhodnocení vzorku krve odebrané přímo do měřicího stripu byl použit přístroj Cera Check Hb plus. Jeho přesnost měření je 3,2 %. Přístroj pracuje na principu elektrochemické metody. Hemoglobin reaguje s činidlem na testovacím proužku za vzniku elektrického proudu, který je měřen. Výsledek je dán matematickým výpočtem podle algoritmu, který přístroj provede během 5 s. Hodnota hematokritu je pak kalkulována, tedy odvozena od hodnoty hemoglobinu.

Graf 1./ Graph 1.

Hodnoty hemoglobinu a hematokritu při VT v Sulultě (2 750 m n. m.)./ Hemoglobin and hematocrit values in the training camp at Sululta (2 750 m).

První výcvikový tábor o délce 28 dní se konal v nadmořské výšce 2 750 m v etiopské Sulultě, v tréninkovém středisku Yaya Athletics Village olympijského vítěze Haile Gebrselaieho. Druhý výcvikový tábor, taktéž o délce 28 dní se konal v italské Resii v nadmořské výšce 1500 m a v Melagu

(1 950 m n. m.), kam došlo k přesunu v polovině soustředění. U prvního výcvikového tábora byly intervaly odběru pravidelné, každý druhý den. U druhého byly nepravidelné, 3–6–5–6–4 dny, nicméně postihovaly všechna kritická období při tréninku ve vyšší nadmořské výšce.

Probandka je elitní běžkyně na střední a dlouhé tratě (tabulkově v první světové stovce). Její osobní rekordy jsou 5 000 m 15:31,15 min, 1500 m 4:08,68 min. Naměřená hodnota $VO_2\max$ 66,8 ml·kg·min⁻¹ (2014), výška 171 cm, hmotnost 50 kg, BMI 17,1.

Výsledky

Výsledky obou časových řad měření jsme zpracovali v programu Microsoft Excel a podrobili expertnímu posouzení. Grafické vyjádření výsledků zachycují grafy 1, 2. Před VT jsme provedli odběr v laboratoři pro stanovení výchozí hodnoty, nicméně vlastní zvýšení jsme posuzovali také podle výsledků měření na začátku a na konci výcvikových táborů v příslušné nadmořské výšce (grafy 3 a 4).

Výchozí hodnoty se lišili relativně výrazně, což bylo dáno tím, že před VT v Resii/Melagu byl zjištěn významný pokles hladiny železa a feritinu v krvi a následně bylo indikováno užívání železa v perorální formě v dávkování 1-0-1.

Graf 2./ Graph 2.

Hodnoty hemoglobinu a hematokritu při VT v Resii a Melagu (1 505 a 1 950 m n. m.)./ Hemoglobin and hematocrit values in the training camp at Resia and Melag (1 505 and 1 950 m).

Před VT v Sulultě (2 750 m n. m.) byly laboratorní hodnoty Hb 136 g/l a Hct 0,39. Po příjezdu na místo konání VT byly naměřeny úvodní hodnoty 142 g/l, respektive 0,43 a konečná 157 g/l a 0,52, nejvyšší hodnota byla naměřena 18. den pobytu, a to 171 g/l a 0,51. Nejnižší hodnoty byly naměřeny 5. den pobytu 142 g/l a 0,43 a 11. den pobytu 149 g/l a 0,45.

Rozdíl mezi nížinnou laboratorní hodnotou hemoglobinu a úvodní hodnotou na VT činí 4 %, zvýšení mezi úvodní a konečnou hodnotou 10,5 %, což je v korelaci s hodnotami uváděnými v literatuře. U hematokritu to bylo 10,25 % a mezi úvodem a koncem VT 9,3 %.

V případě druhého výcvikového tábora v Resii/Melagu (1 500 m n. m./1 950 m n. m.) byl rozdíl mezi nížinnou laboratorní hodnotou a úvodní hodnotou hemoglobinu 10,8 %, což částečně připisujeme perorální saturaci železem, která se v rozdílu tří dnů mezi laboratorním a úvodním měřením na místě již může pozitivně projevit. Mezi prvním a posledním měření činil rozdíl 14 %. U hematokritu to bylo 10,8 %, respektive 11,46 %.

Diskuse

Výsledky měření jsou ve shodě s výsledky uváděnými v literatuře. V Sulultě jsme zjistili při podrobné analýze křivek snížení hodnot 5. den po příjezdu a 11. den po příjezdu. Nejvyšší naměřená

hodnota byla 18. den pobytu 171 g/l a 0,51, poté došlo ke snížení hodnot hemoglobinu i hematokritu a jejich stabilizaci na úrovni 157 – 158 g/l u hemoglobinu a hodnot hematokritu na 0,47 až 0,48. To lze přičíst dokončenému procesu aklimatizace a stabilizaci parametrů. Přesto jsou naměřené hodnoty relativně vysoké v porovnání s nížinou. Stejně tak je vysoká hodnota hematokritu, což přičítáme především mírné setrvalé dehydrataci plynoucí z ne zcela dokonalého pitného režimu. Stejně jako i jiní sportovci, také naše probandka, navzdory příslušné edukaci, považuje např. kávu či jiné pochutiny za součást pitného režimu. Nedocházelo tedy k úplné náhradě ztrát vody, které jsou v tak velké nadmořské výšce vyšší, než obvykle. Obecně je správný pitný režim u sportovkyň jednou z rezerv růstu tréninkového zatížení a výkonnosti.

V případě druhého výcvikového tábora jsme kombinovali dvě nadmořské výšky. V úvodních 14 dnech došlo ke zvýšení hemoglobinu o 8 % ze 136 g/l na 144 g/l a hematokrit o 7,3 %, tj. z 0,41 na 0,44. Po přesunu do výšky 1 950 m n. m. se hladina hemoglobinu zvýšila ještě o 5,4 % na 155 g/l a hematokrit o 6,8 % na 0,44. Celkový rozdíl mezi úvodním a závěrečným dnem VT činil u hemoglobinu 14 % (136 oproti 155 g/l) a u hematokritu 14,6 % (0,41 oproti 0,47). Vzestup hodnot byl kontinuální. Současně je však třeba připomenout, že intervaly mezi měřeními byly delší.

Graf 3./ Graph 3.

Vstupní a konečné hodnoty hemoglobinu při vysokohorských VT./ Initial and final value of hemoglobin at altitude training camps.

Svoji roli hrál také pobyt v nestejně nadmořské výšce. Z uvedeného lze vyvodit, že pozitivní efekt lze zaznamenat již u středních nadmořských výšek okolo 1 500 m, nicméně efekt je ještě výraznější u nadmořské výšky blížící se 2 000 m. Výsledky měření z nadmořské výšky 2 750 m ukazují na dlouhou fázi adaptace a hlavně výrazný vzestup hladiny hemoglobinu i hematokritu ukazuje, že od určité výšky začíná být vysokohorská příprava kontraproduktivní, protože dochází k vysoké zátěži kardiovaskulárního ústrojí. Limit 3 000 m n. m. se jeví skutečně jako maximální vhodná hranice po tréninku ve vysoké nadmořské výšce, a to ještě pro zkušené běžce vysoké výkonnosti, kteří používají vysokohorská soustředění v přípravě opakovaně. To ukazuje i naše zkušenost ze Sululty, kdy místní odchovanci, kteří se v této výšce narodili, neměli problémy, na rozdíl od všech přivážených Evropanů.

Při porovnání výsledků z prvního a druhého výcvikového tábora je patrné, že efekt výšky je limitovaný a konečné hodnoty hemoglobinu se příliš nelišily – 157 oproti 155 g/l, při stejné hodnotě hematokritu 0,47 (graf 3 a 4). Potvrzuje se zkušenost z literatury (Suchý, Dovalil & Perić, 2009), že efektivita pobytu není přímo úměrná nadmořské výšce. Navíc v nadmořské výšce 1 950 m lze trénovat intenzivněji než ve výšce 2 750 m n. m. a tudíž z pohledu adaptace nervosvalové je tato výška efektivnější. Z tohoto pohledu se jeví pobyt ve výškách nad 2 500 m n. m. jako racionální pro rozvoj

aerobní vytrvalosti. Chceme-li a potřebujeme-li trénovat vyšší intenzitou, je ideální pobyt ve výšce 1 900 – 2 200 m n. m. Ideálním kompromisem se jeví také použití metody LHTL, kdy intenzivní tréninky probíhají v nadmořské výšce cca 1 000 – 1 500 m n. m. se současným pobytem ve výšce 1 900 – 2 700 m n. m.

Graf 4./ Graph 4.

Vstupní a konečné hodnoty hematokritu při vysokohorských VT./ Initial and final value of hematocrit at altitude training camps.

Závěry

1. Výsledky šetření u elitní běžkyně prokázal pozitivní vliv vysokohorských výcvikových táborů na zlepšení schopnosti transportu kyslíku. Naměřená data ukazují zvýšení hodnot hemoglobinu a hematokritu při 28 denním pobytu na úrovni 6 – 14 %, v závislosti na nadmořské výšce.

2. Hodnoty stabilně rostly po celou dobu VT s maximem dosaženým 18. den, poté docházelo k mírnému poklesu a stabilizaci hodnot.

3. Výsledky ukazují, že k dostatečnému efektu dochází již v nadmořské výšce 1 500 m n. m., nejeftivnější se jeví výšky okolo 2 000 m n. m. VT v nadmořské výšce 2 750 m ukázal, že na této úrovni již není zvýšení koncentrace hemoglobinu a hematokritu v porovnání s nadmořskou výškou 2 000 m tak výrazné. Není tedy nezbytné vyhledávat co nejvyšší nadmořskou výšku, ale výsledky potvrdily zkušenost i poznatek z literatury, že nejeftivnější se jeví pobyt v nadmořské výšce 1 900 – 2 200 m n. m.

Literatura

- Berglund, B., Gennser, M., Örnham, H., Östberg, C., & Wide, L. (2002). Erythropoietin concentrations during 10 days of normobaric hypoxia under controlled environmental circumstances. *Acta Physiol Scand*, 174, 225-229.
- Daniels, J., & Oldridge, N. (1970). The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Medicine Science in Sports*, 2, 107-112.
- Dovalil, J. et al. (2005). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Heinicke, K., Heinicke, I., Schmidt, W., & Wolfarth, B. (2005). A three-week traditional altitude training increase hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *Int J Sports Med*, 26(5) 350-355.
- Levine, B. D., & Gundersen, J. S. (1997). Living high-training low: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J Appl Physiol*, 83, 102-112.
- Lundby, C., Millet, G. P. et al. (2012). Does "altitude training" increase exercise performance in elite athletes? *Br J Sports Med*, 46, 792-795.

- McLean, B. D., Buttifant, D., Gore, C. J., White, K., Liess, C., & Kemp, J. (2013). Physiological and Performance Responses to a Preseason Altitude-Training Camp in Elite Team-Sport Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 391-399.
- Pahud, F. (1986). Training at altitude: general principles and personal experience. *New studies in athletics*, 3, 53-57.
- Robach, P., Schmitt, L., Brugniaux, J. V., Nicolet, G., Duvallet, A., Fouillot, J. P., & Richalet, J. P. (2006). Living high-training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. *European journal of applied physiology*, 97(6), 695-705.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., & Gore, C. H. J. (2009). Endurance Training at Altitude. *High Altitude & Biology*, 10(2).
- Stray-Gundersen, J., Chapman, R. F., & Levine, B. D. (2001). "Living high-training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of applied physiology*, 91(3), 1113-1120.
- Suchý, J., Dovalil, J., & Perič, T. (2009). Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce. *Česká kinantropologie*, 13(2), 38-53.
- Wehrlin, J. P., Hallén, J., & Marti, B. (2006): Live high – train low, for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *J. Appl. Physiol.*, 100, 1938-1945.
- Wilber, R. L. (2001). Current trends in altitude training. *Sports Medicine*, 31(4), 249-265.

RNDr., PaedDr. Pavel Červinka, Ph.D.
UK FTVS Praha
José Martího 31
162 52 Praha 6 – Veleslavín
cervinka@ftvs.cuni.cz