

Červené krvinky obsahují molekuly hemoglobinu, které jsou zodpovědné za transport kyslíku. Čím větší je množství červených krvinek, tedy hemoglobinu, tím se naváže více molekul kyslíku a transportuje např. do svalových buněk

JAKÝ JE VZTAH

TEXT: LIBOR VÍTEK

MEZI VÝKONNOSTÍ V BĚŽECKÉM LYŽOVÁNÍ A KONCENTRACEMI HEMOGLOBINU V KRVÍ?

Každý sportovec, ať vrcholový, výkonnostní, nebo rekreační usiluje přirozeně o co nejvyšší výkonnost. Té se dá dosáhnout většinou kombinací více faktorů – zejména kvalitním tréninkem, tréninkovými podmínkami, dokonalou výživou, lékařskou péčí a možnostmi regenerace.

Sněkterými dispozicemi se však sportovec už narodí, u vytrvalostních sportů, mezi které patří samozřejmě i běžecké lyžování, se jedná zejména o schopnost přenosu kyslíku do svalů. O tento transport se starají červené krvinky, erytrocyty, které obsahují krevní barvivo hemoglobin – a o ten jde především.

Existují totiž jasné důkazy o vztahu mezi koncentrací hemoglobinu v krvi a aerobní výkonností, a také proto je zvyšování hemoglobinu zakázanými prostředky jedním z nejrozšířenějších dopingových prohřešků.

Nejprve však několik slov úvodem k fyziologii krvetvorby. Červené krvinky se tvoří v kostní dřeni, žijí pouze 4 měsíce a jsou nahrazovány nepřetržitou krvetvorbou. K té je ovšem zapotřebí

i dostatečný přísun železa, vitamínu B12 a kyseliny listové potravou. Zatímco dietní příjem vitamínu B12 a kyseliny listové většinou nebývá problém, s železem je to horší, zejména u dívek a žen, mezi jejichž preference nepatří červené maso (nejvýznamnější zdroj železa v potravě).

Nejsilnějším stimulatorem tvorby červených krvinek je hormon erythropoetin produkovaný v ledvinách. Erythropoetin (často označovaný zkratkou EPO) má velký význam v klinické medicíně, kde se používá v léčbě některých typů anémií (chudokrevnosti), zejména u nemocných s chronickými chorobami ledvin. Tento tzv. rekombinantní erythropoetin (přípravený metodami genetického inženýrství) byl uveden na trh v roce 1987.



Prof. MUDr. Libor Vítek, Ph.D., MBA

- profesor lékařské chemie a biochemie na 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy
- lékař internista – hepatolog
- výživový poradce řady českých vrcholových sportovců
- autor řady odborných i populárních textů o zdravé výživě, dopingů ve sportu a dalších souvisejících tématech
- autor počítačového programu na analýzu jídelníčku, který si můžete zdarma vést na webových stránkách: www.sportvital-nutrition.cz

Webové stránky:
www.sportvital.cz

Příspěvky v médiích:

Sama Doma: ČT1: Vyvážená strava, nejnovější trendy (24. 3. 2016)
Hyde Park Civilizace: ČT24: Doping ve sportu (12. 3. 2016)

- v případě zájmu o výživové poradenství pište na vitek@cesnet.cz

Jak je to tedy se vztahem mezi červenými krvinkami a výkonností?

Již v roce 1947 bylo popsáno, že krevními transfúzemi lze zvýšit toleranci k hypoxii, tedy zlepšit okysličování tkání. Tato technika se tak stala oblíbeným dopingovým prostředkem už v 60. letech minulého století.

Bylo skutečně prokázáno, že krevní doping může zvýšit sportovní výkonnost ve vytrvalostních sportech až o 10 % a podávání erythropoetinu dokáže zvýšit maximální aerobní kapacitu až o 20 %!

Podávání erythropoetinu, v dávce menší než se běžně podává u pacientů s anémií doprovázející selhání ledvin, vedlo u trénovaných sportovců za

6 týdnů ke zvýšení hematokritu (procento červených krvinek na 100 ml krve) o celých 10 %, k prodloužení doby do vyčerpání o 17 % a ke zvýšení spotřeby kyslíku o 8 %.

Z těchto všech důvodů je velmi účelné a žádoucí sledovat koncentrace hemoglobinu u všech vrcholových vytrvalostních a silově-vytrvalostních sportovců a adekvátně reagovat na zjištěné hodnoty.

Jaké koncentrace hemoglobinu mají tedy lyžaři běžci?

Výše uvedená fakta poukazují na důležitost hemoglobinu. Podívejme se tedy, jak se u lyžařů běžců vyvíjeli koncentrace hemoglobinu v průběhu posledních 30 let (tedy v podstatě od nástupu erythropoetinu na farmaceutický trh).

V roce 1988 rozhodla Mezinárodní lyžařská federace (FIS) o kontrole krevního dopingu testováním lyžařů na heterologní krevní transfúze (tj. transfúze od jiného člověka). To umožnilo získat informace o hladinách hemoglobinu u elitních lyžařů běžců od roku 1989 (některé skandinávské lyžařské federace začaly s kontrolou hladin hemoglobinu dokonce o 2 roky dříve). V roce 1996 přistoupila FIS k novému opatření, které spočívalo v zákazu startu na závodech, pokud byla u závodníka zjištěna koncentrace hemoglobinu přesahující o 3 směrodatné odchylky průměrné hodnoty. Jiné sankce však FIS neuplatňovala, neboť neměla důkaz, proč u konkrétního závodníka by měla být hladina hemoglobinu tak vysoká (kromě krevního dopingu mohli být teoretickým důvodem dlouhodobý pobyt ve vysokohorském prostředí nebo v hypoxických stanech – je skutečně prokázáno, že 3–4 týdenní pobyt ve výškách nad 2 000 m nad mořem zvyšuje hladiny hemoglobinu o 10 až 15 g/L). V roce 1997 přijala FIS nové pravidlo, které stanovilo maximální hladinu hemoglobinu u mužů na 185 g/L a 165 g/L u žen.



Běžecke lyžování občas také řeší dopingové skandály, Therese Johaugová měla pozitivní vzorek na steroid clostebol během letní přípravy.

Jakmile stanovila FIS v roce 1997 limitní koncentrace hemoglobinu, poklesly jeho hladiny u lyžařů běžců z ohromných 195 na 180 g/L, u žen dokonce ze 197 na 155 g/L.

A jak tedy vypadaly hodnoty hemoglobinu u lyžařů běžců před 30 lety?

V roce 1987 při letní přípravě měli členové švédské reprezentace následující hodnoty hemoglobinu: 153 g/L (muži) a 138 g/L (ženy).

V roce 1989 na Mistrovství světa v severském lyžování ve finském Lahti měli lyžaři dokonce o 8,5 g/L méně hemoglobinu, než byl průměr

v běžné populaci (148 g/L muži, 135 g/L ženy).

Tento paradox je pouze zdánlivý. Je dlouhou dobu známo, že u vytrvalostních sportovců dochází k výraznému zvětšení objemu krevní plazmy, čímž vlastně dochází k naředění červených krvinek. Dokonce se uvádí, že pokud má elitní vytrvalec „normální“ hladiny hemoglobinu, je to již nefyziologický stav. Výsledky z Lahti tedy nebyly žádným překvapením a byly v souladu s předpoklady.

O to větší poprask vzbudily výsledky hladin hemoglobinu elitních lyžařů z roku 1996. Jejich koncentrace hemoglobinu byly výrazně vyšší i v porovnání s lidmi žijícími trvale v nadmořských výškách 2000–2500 m. Jakmile zavedla FIS v roce 1997 výše uvedená opatření, poklesly hladiny hemoglobinu u lyžařů běžců z ohromných 195 na 180 g/L, u žen dokonce ze 197 na 155 g/L.

Tento dramatický trend v hladinách hemoglobinu nemůže být překvapením. Běžecke lyžování je vysloveně ideálním sportem pro krevní doping. Bývá obvyklé, že prvních 50 závodníků na vrcholných soutěžních akcích v běžecském lyžování končí s odstupem do 10% od vítězného času – a na začátku článku jsem uvedl, že krevní doping je schopen 10% zvýšení výkonnosti skutečně dosáhnout.

O tom, že běžecke lyžování není (pravděpodobně ani dnes) čisté, hovoří výsledky hladin hemoglobinu lyžařů na mistrovství světa v severském lyžování v roce 2001. Analyzováno bylo



Inhalace xenonu měla být údajně využívána ruským lyžařským týmem, o čemž přinesla média zprávy po Olympijských hrách v Soči

50 nejlepších lyžařů běžců. Z celé padesátky mělo 17 % lyžařů vysoce abnormální hodnoty hemoglobinu. Při analýze lyžařů na 4. až 10. místě vzrostlo toto procento na 33 %, z medailistů mělo abnormální hladiny hemoglobinu celá polovina. Mezi lyžaři, kteří se umístili na 41. až 50. místě mělo tyto abnormální hodnoty jen 3 % běžců. Předpokládaný výskyt abnormálních hodnot hemoglobinu v běžné populaci je přitom jen 0,3 %.

Autoři tohoto výzkumu uváděli, že je extrémně nepravděpodobné, že by za takto vysoké hladiny hemoglobinu mohl pobyt ve vysokohorském prostředí nebo v hypoxických stanech a vyjádřili přesvědčení, že příčinou je krevní doping. U všech sportovců však za vysokým hemoglobinem určitě doping hledat nemůžeme, mnoho z nich má koncentrace hemoglobinu přirozeně vysoké – moje osobní zkušenost hovoří, že skuteční šampióni mají opravdu vysoké koncentrace hemoglobinu, pravděpodobně díky genetickým dispozicím. Podobně lze upozornit na známý případ finského olympijského vítěze Eero Mäntyranty, který měl v důsledku vrozené genetické abnormality receptoru pro erytropoetin zhruba o 20 % vyšší počet červených krvinek (což mu ovšem nijak nezabránilo v tom, aby se stejně stal dopingovým hříšníkem).

To, že krevní doping opravdu je (či v nedávné minulosti skutečně byl) realitou, dokazují známé dopingové skandály. Jen pro zajímavost, tři chycení dopingoví hříšníci v běžeckých disciplínách na Olympijských hrách v Salt Lake City v roce 2002 (v jejich případě se jednalo o darbopoetin, derivát erytropoetinu) získali na předchozích olympiádách a mistrovstvích světa celkem 38 medailí!

Existují i další metody krevního doping, spočívající v autotransfúzi krve, nebo používání

transportérů kyslíků na bázi rekombinantního, hovězího nebo lidského hemoglobinu, nebo perfluorokarbonových emulzí, které se používají například ve válečné medicíně (tzv. krevní náhražky). Tyto techniky se objevily záhy poté, co byly zavedeny metody stanovení rekombinantního erytropoetinu v krvi (které mimochodem nejsou zcela přesné a vedou občas i k falešně pozitivním výsledkům, což je další velký problém sportovní medicíny).

Nejnověji jsou pak na trhu moderní preparáty ze skupiny označované zkratkou ESA (Erythropoietic Stimulating Agents). Mezi takové patří například tzv. CERA (Continuous Erythropoiesis Receptor Activator, tedy kontinuální aktivátor receptoru pro erytropoézu). Patří mezi tzv. třetí generaci látek ESA, má podstatně delší poločas v organismu, jinými slovy, neodbourává se tak snadno jako erytropoetin nebo darbopoetin. Preparát CERA je tedy možné užívat 1–2x za měsíc s výsledky, které jsou srovnatelné s podáváním rekombinantního erytropoetinu třikrát týdně. Prvním usvědčeným dopingovým hříšníkem zneužívajícím tuto látku byl v roce 2008 italský cyklista Riccardo Ricco, následovala ho řada dalších cyklistů, ale také s ročním zpožděním olympijský vítěz na 1500 m z Pekingu Rashid Ramzi...

A to se ještě hovoří o reálném nebezpečí genového doping, který by měl pomoci sportovcům zvýšit produkci erytropoetinu.

Na obzoru se však ukazují další možnosti, jako je například inhalace xenonu, údajně využívaná ruským lyžařským týmem, o čemž přinesla média zprávy po Olympijských hrách v Soči. Xenon je vzácný (a drahý) plyn, který má nepochybné anestetické účinky. Jako první země ho pro klinické využití schválilo v roce 2000 právě Rusko. Kromě využití v anestézii xenon zvyšuje krevtovbu – opět zvýšením produkce erytropoetinu. Až do roku 2014 nebyl xenon na dopingové listině, byla to tedy „ideální“ látka pro získání konkurenční výhody nad soupeři.

Co jsou ale povolené způsoby zvyšování krevtovby?

Etický problém představuje v podstatě jakékoli „umělé“ zvyšování hladin hemoglobinu (snad s výjimkou vysokohorských soustředění). Erytropoetin a další příbuzné hormony zvyšující tvorbu červených krvinek jsou samozřejmě zakázané. Ale ke stejnému účinku dochází i při dlouhodobém tréninku ve vysokohorském prostředí nebo při používání speciálních stanů



Hypoxický stan, do kterého je z kompresoru vhnán vzduch se sníženým obsahem kyslíku

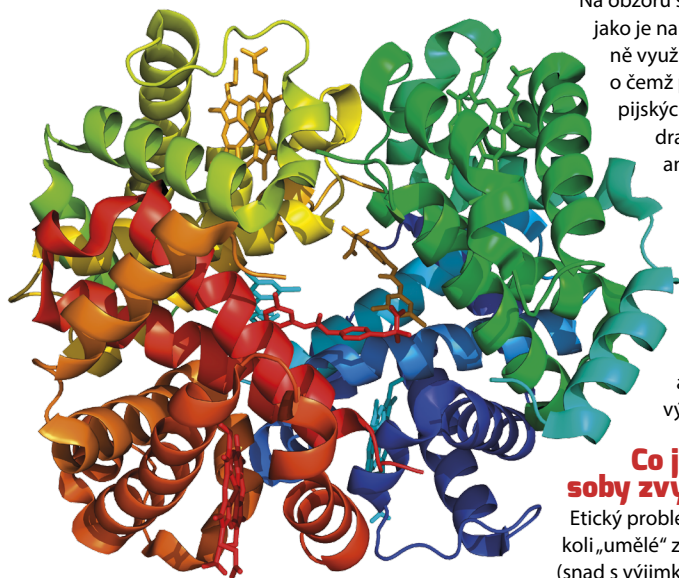
navozujících hypoxémii, která ve svém důsledku vede ke zvýšení počtu červených krvinek. Tyto „čisté“ způsoby zvyšování hladin hemoglobinu si však nemůže dovolit každý sportovec. Zatímco hypoxický stan stojí zhruba 7 000 amerických dolarů a dlouhodobá soustředění ve vysokohorském prostředí často ještě mnohem více, je užívání erytropoetinu prakticky za babku – v průměru několik tisíc korun za měsíc. Podíváme-li se na webové stránky společnosti Hypoxico prodávající hypoxické stany, nalezneme zde video Michaela Phelpse, který přiznává, že tyto prostředky využívá ke zvyšování hladin hemoglobinu – otázkou je, jak moc je toto ještě etické...

Co říci závěrem?

Červený krevní obraz, tedy množství červených krvinek a koncentrace hemoglobinu by měly zajímat každého vytrvalostního a silové vytrvalostního sportovce. Pomiňme teď samozřejmě doping – o červené krvinky se dá starat i fyziologickými způsoby. Tyto parametry, stejně tak jako parametry metabolismu železa by měly být pravidelně sledovány a konzultovány s trenéry, spolu s optimalizací jídelníčku k zajištění dostatečného přísunu substrátů nezbytných pro krevtovbu. ◀

Literatura:

- 1 Videman T et al. Changes in hemoglobin values in elite cross-country skiers from 1987 to 1999. Scand J Med Sci Sports 2000;10:98–102.
- 2 Stray-Gundersen J et al. Abnormal hematologic profiles in elite cross-country skiers: blood doping or? Clin J Sport Med 2003;13:132–7.



Struktura molekuly hemoglobinu. Hemoglobin je bílkovina, která v sobě obsahuje 4 ionty železa. Každý ion na sebe váže v plicích 1 molekulu kyslíku a transportuje ho do místa potřeby. Při uvolnění kyslíku do buněk na sebe naváže oxid uhličitý a transportuje ho zpět do plic, kde dochází k uvolnění oxidu a navázání kyslíku