

Petra Golja¹, Igor B. Mekjavič²

Učinek hipoksije na prekrvljenost kože pri človeku

The Effect of Hypoxia on Skin Blood Flow in Humans

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: hipoksija, mraz, prekrvljenost kože

Nekatera opažanja nakazujejo, da je izpostavljenost poškodbam zaradi mraza večja na večji nadmorski višini. Ker je za nastanek poškodb zaradi mraza ključen pretok krvi skozi tkivo, bi lahko dejavnik, ki bi lokalno pospešil ali ojačal vazokonstrikcijo, povečal izpostavljenost poškodbam zaradi mraza. V raziskavi smo skušali ugotoviti, ali in kako hipoksija vpliva na prekrvljenost kože. Koža kot mejna plast je namreč organ z največjim tveganjem za poškodbe zaradi mraza.

Pretok krvi skozi kožo smo spremljali posredno z merjenjem temperature kože in infrardečo termografijo. Uporabili smo različne temperature okolja (10°, 24°, 28° in 35°C) in različne nadmorske višine (0, 4000, 5600 in 6300 metrov). Višinsko okolje smo posnemali z dihanjem plinskih mešanic z različno vsebnostjo kisika.

Rezultati raziskave kažejo, da v koži temperatura okolja prevlada nad lokalnimi vazokonstriktorskimi učinki hipoksije v hladnem ali toplem okolju. V koži hipoksija sicer sproži vazokonstrikcijo v termoneutralnem okolju, vendar je učinek majhen in prehodnega značaja. Sklepamo, da hipoksija lokalno ne more povečati izpostavljenosti poškodbam zaradi mraza, saj v hladnem okolju ne ojača z mrazom izzvane vazokonstrikcije.

ABSTRACT

KEY WORDS: hypoxia, cold, skin blood flow

Anecdotal evidence suggests that high altitude increases proneness to cold injury. Since local skin blood flow is the major determinant of the occurrence of cold injury, any non-thermal factor which enhances vasoconstriction could also increase proneness to cold injury. This research examined whether hypoxia is such a factor.

Skin blood flow was monitored indirectly by measuring skin temperature and using infrared thermography. Several environmental temperatures (10°, 24°, 28° and 35°C) and four different altitudes (0, 4000, 5600 in 6300 m) were simulated in the experiment. High altitude was simulated by breathing hypoxic gas mixtures containing known amounts of oxygen.

The results of the study indicate that environmental temperature overrides the local vasoconstrictive effects of hypoxia in the skin in cold and warm environment. Hypoxia produces vasoconstriction in the skin in thermoneutral environments, however this effect is small and transient. It was concluded that hypoxia does not locally increase proneness to cold injury, since it does not enhance cold-induced vasoconstriction in cold environment

¹ Petra Golja, dipl. univ. biol., University of Portsmouth, Department of Sports and Exercise Science, Institute of Biomedical and Biomolecular Sciences, Velika Britanija; Institut Jožef Stefan, Odsek za avtomatiko, biokibernitiko in robotiko, Jamova 39, 1000 Ljubljana.

² Prof. dr. Igor B. Mekjavič, University of Portsmouth, Department of Sports and Exercise Science, Institute of Biomedical and Biomolecular Sciences, Velika Britanija; Institut Jožef Stefan, Odsek za avtomatiko, biokibernitiko in robotiko, Jamova 39, Ljubljana.

UVOD

Kljub ustreznemu načrtovanju in ustrežni zaščitni opremi v okolju včasih nastopijo razmere, v katerih se je nemogoče izogniti poškodbam zaradi mraza. Poškodbe zaradi mraza nastopijo, ker je pretok krvi skozi tkivo premajhen, da bi zagotavljal dovolj visoko oskrbo s toploto in vzdrževal zadostno temperaturo tkiva. Mrazu izpostavljeno tkivo se zato lokalno podhladi, včasih tudi zmrzne. Če je tkivo dlje časa izpostavljeno temperaturam med 0°C in 15°C, nastopijo ozeblina, če pa so temperature dovolj nizke, da tkivo lokalno zmrzne, pride do zmrzlin (1). Poškodbe so najpogostejše na distalnih delih, ki imajo poleg najslabše toplotne oskrbe tudi največje razmerje med površino in prostornino.

Mraz deluje kot vazokonstriktor, zato zmanjšuje prekrvljenost v izpostavljenih telesnih delih. Če bi se mrazu pridružil dejavnik, ki bi vazokonstrikcijo pospešil ali ojačal, bi se izpostavljenost poškodbam zaradi mraza najverjetneje povečala.

Pretok krvi skozi tkivo je ključen pri nastanku poškodb zaradi mraza. Veliko je že znanega o pretoku krvi skozi različne organske sisteme tako v običajnih kot tudi v višinskih razmerah. Kljub temu ne vemo veliko o pretoku krvi skozi kožo v višinskih, torej hipoksičnih razmerah. Prav koža pa je tisti organ, ki je najprej in v največji meri izpostavljen poškodbam zaradi mraza.

Da bi ugotovili, ali morda višinske hipoksične razmere lahko pripomorejo k nastanku poškodb zaradi mraza, smo zasnovali raziskavo, v kateri smo spremljali pretok krvi skozi kožo pri različnih okoljskih temperaturah ter v običajnih in simuliranih višinskih razmerah.

METODOLOGIJA

V raziskavi so sodelovali zdravi prostovoljci, ki so bili predhodno seznanjeni s protokolom in so opravili zdravniški pregled. Raziskavo smo razdelili v dva ločena poskusa. Preiskovanci so v obeh poskusih mirovali leže, oblečeni v kratke hlače. Pretok krvi skozi kožo smo spremljali posredno z merjenjem temperature kože na sedmih mestih (prst na roki, podlakt, čelo, prsi, stegno, meča, prst na nogi) ter z infrardečo termografijo.

V prvem poskusu smo v termonevtralnem okolju ($T_{amb} = 28^{\circ}\text{C}$) z infrardečo termografijo in termistorji spremljali temperaturo kože, pri čemer so preiskovanci ($N = 8$) skozi ustnik 15 minut dihali ali 20,9% (običajen zrak), ali 12,0%, 10,0% oz. 8,0% O_2 v N_2 . Dihalne mešanice ustrezajo nadmorski višini približno 0, 4000, 5600 in 6300 metrov. Razmak med dihanjem hipoksičnih mešanic je bil vsaj 24 ur, njihov vrstni red pa izbran naključno. Poleg temperature kože smo med poskusom spremljali tudi srčni utrip (HR, min^{-1}), nasičenost hemoglobina (SO_2 , %), sistolični (SAP, mmHg) in diastolični (DAP, mmHg) krvni tlak, minutni dihalni volumen (V_i , $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$) in količino CO_2 v izdihanem zraku (F_{ETCO_2} , %).

V drugem poskusu so preiskovanci ($N = 10$) 10 minut dihali 10,0% O_2 v N_2 . Pred tem so bili 20 minut izpostavljeni mrzlemu ($T_{amb} = 10^{\circ}\text{C}$), rahlo hladnemu ($T_{amb} = 24^{\circ}\text{C}$) ali toplemu ($T_{amb} = 35^{\circ}\text{C}$) okolju. Spremljali smo temperaturo kože na sedmih mestih ter srčni utrip (HR, min^{-1}), nasičenost hemoglobina (SO_2 , %) in rektalno temperaturo (T_{re} , $^{\circ}\text{C}$).

Protokol raziskave je odobrila etična komisija.

REZULTATI

V termonevtralnem okolju so bile spremembe v HR, SO_2 , SAP, DAP, V_i in F_{ETCO_2} pogojene z dihalno mešanico. Večja nadmorska višina je po pričakovanjih izzvala večjo spremembo v opazovanih spremenljivkah.

V termonevtralnem okolju je temperatura kože padla takoj po začetku dihanja hipoksične mešanice. Skok je najlepše razviden na infrardečih termogramih. Spremembe so bile večje na distalnih delih telesa, a niso presegle (povprečje (standardni odklon)) 0,3 (0,2) $^{\circ}\text{C}$. Padec temperature kože je bil prehodnega značaja. Na proksimalnih delih telesa je temperatura kože proti koncu hipoksičnega obdobja narasla, a ne za več kot 0,4 (0,2) $^{\circ}\text{C}$.

V mrzlem, rahlo hladnem in toplem okolju je ob izpostavitvi 10,0% O_2 v N_2 HR značilno narasla ($P \leq 0,001$). SO_2 je značilno padla ($P < 0,001$) od začetne vrednosti 98 (1) % na minimum 73 (15) %, 71 (11) % in 70 (6) % v mrzlem, rahlo hladnem in toplem okolju. Sprememba rektalne temperature med vsemi tremi pogoji ni bila statistično značilna.

V mrzlem in toplem okolju hipoksija ni izzvala sprememb v kožni temperaturi. V rahlo hladnem okolju smo med prostovoljci opazili znatne razlike v lokalnih temperaturnih odzivih kože na hipoksijo. Kakorkoli že, temperaturne spremembe so bile majhne (0,2 (0,2)°C) in prehodnega značaja.

RAZPRAVA

Hipoksija je po pričakovanjih učinkovala na HR, SO_2 , SAP, DAP, ventilacijo in F_{ETCO_2} v odvisnosti od odmerka. V termonevtralnem okolju je hipoksija prehodno vplivala tudi na lokalno temperaturo kože. Če predvidevamo, da je bil vzrok spremembam temperature kože spremenjen pretok krvi skozi tkivo, potem lahko sklepamo, da je hipoksija v koži sprožila prehodno vazokonstrikcijo. Ta je bila zlasti opazna v distalnih delih. Kasneje med hipoksijo je kožna temperatura v proksimalnih delih narasla. Pojav si morda lahko razlagamo s toplotno prevodnostjo med kožo in pod njo ležečim mišičnim tkivom. Znano je namreč, da hipoksija v mišičnem tkivu povzroči vazodilatacijo (2–4). Povečan pretok krvi in s tem toplote skozi mišice se z rahlim časovnim zamikom izrazi tudi v temperaturi kože, saj toplota prehaja od mišic skozi kožo v okolje. Čeprav so bile spremembe temperature kože v termonevtralnem okolju majhne, smo

opazili precejšnje razlike med preiskovanci, tako v amplitudi kot v trajanju odziva.

ZAKLJUČEK

Glede na rezultate raziskave hipoksija v hladnem ali toplem okolju ne more vplivati na temperaturo kože, potemtakem tudi ne na lokalni pretok krvi. V mrzlem in toplem okolju o spremembah temperature kože odloča predvsem temperatura okolja. Hipoksija v takih okoljih ni zadosti velik dražljaj, da bi lahko vplivala na potek sprememb v temperaturi kože.

Sklepamo lahko, da hipoksija lokalno ne more povečati izpostavljenosti poškodbam zaradi mraza, saj z mrazom izzvana vazokonstrikcija v hipoksičnih pogojih ni ojačana. Pri tem ne smemo pozabiti, da je hipoksija dejavnik, ki na človeški organizem deluje sistemsko in ne zgolj lokalno. Če smo izključili možnost, da bi hipoksija lahko povečala izpostavljenost poškodbam zaradi mraza lokalno, seveda ne moremo izključiti možnosti, da hipoksija lahko vpliva na termoregulacijske poti v centralnem živčnem sistemu in na aktivnost višjih kortikalnih centrov. V primeru, da hipoksija lahko spremeni toplotno zaznavo, najverjetneje lahko vpliva tudi na vedenjsko termoregulacijo, s tem pa odpira možnosti za rušenje celotnega toplotnega ravnovesja človeka.

LITERATURA

1. Ward M. Mountain medicine. *A clinical study of cold and high altitude*. London: Crosby Lockwood Stales; 1975. p. 244.
2. Black JE, Roddie IC. The mechanism of the changes in forearm vascular resistance during hypoxia. *J Physiol* 1958; 143: 226–35.
3. Durand J, Verpillat JM, Pradel M, Martineaud JP. Influence of altitude on the cutaneous circulation of residents and newcomers. *Federation Proc* 1969; 28: 1124–28.
4. Vogel JA, Pulver RI, Burton TM. Regional blood flow distribution during simulated high altitude exposure. *Federation Proc* 1969; 28: 1155–59.

Prispelo 6. 10. 2002