

Jurij Gorjanc<sup>1</sup>, Igor B. Mekjavič<sup>2</sup>, Polona Jaki Mekjavič<sup>3</sup>, Janez Gorjanc<sup>4</sup>

## Zdravljenje zmrzlin s hiperbarično oksigenacijo – poročilo z odprave Si.mobil Ski Everest 2000

*Treatment of Freezing Cold Injury with Hyperbaric Oxygen Therapy – Report from the Si.mobil Ski Everest 2000 Expedition*

---

### IZVLEČEK

**KLJUČNE BESEDE:** zmrzline – zdravljenje, hiperbarična oksigenacija

Zmrzline so poškodbe perifernih tkiv zaradi zmrznjenja. Ključni mehanizem njihovega nastanka je vazokonstrikcija krvnih žil periferije in posledična hipoksija tkiv. S hiperbarično oksigenacijo dosežemo boljše preskrbo s kisikom v tistih tkivih, ki še niso nepopravljivo okvarjena. Članek prikazuje primer zmrzlin in njihovo zdravljenje.

---

### ABSTRACT

**KEY WORDS:** frostbite, freezing cold injury, hyperbaric oxygenation

Freezing cold injury (FCI), commonly known as frostbite, is a local injury of peripheral tissues caused by freezing. Its main pathophysiological mechanism is arterial vasoconstriction and hypoxia of peripheral tissues. Hyperbaric oxygenation (HBO) enhances oxygen supply to reversibly damaged tissues. This article is a case report of frostbite management with HBO therapy.

---

<sup>1</sup> Jurij Gorjanc, dr. med., Kirurški oddelek, Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Gosposvetska cesta 3, 2380 Slovenj Gradec.

<sup>2</sup> Prof. dr. Igor B. Mekjavič, Inštitut Jožef Stefan, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Department of Sports and Exercise Science, Institute of Biomedical and Biomolecular Sciences, University of Portsmouth, Portsmouth, Velika Britanija.

<sup>3</sup> Asist. dr. Polona Jaki Mekjavič, dr. med., SPS Očesna klinika, Klinični center, Zaloška 2, 1525 Ljubljana.

<sup>4</sup> Janez Gorjanc, dr. med., Kirurški oddelek, Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Gosposvetska cesta 3, 2380 Slovenj Gradec.

## UVOD

Zmrzline so akutne lokalne poškodbe tkiv zaradi vpliva mraza pod temperaturo ledišča.

Ločiti jih moramo od ozeblin, ki nastanejo pri kronični izpostavitvi temperaturam okolja nad 0°C.

Prvi zgodovinski opisi nastanka zmrzlin segajo v leto 210 pr. Kr. (1). Največkrat jih opisujejo pri vojaki ob pohodih (umikih) preko gorskih prelazov v snegu, vetru in mrazu (2). V civiliziranem svetu je nastanek zmrzlin najpogosteje vezan na slab socialni status (brezdomci) ter športne aktivnosti pozimi (gornišvo, smučanje).

Vzrok za nastanek zmrzlin je mraz, vendar ne njegovo neposredno delovanje (3, 4). Za prizadetost tkiva je v največji meri odgovorna prizadetost mikrocirkulacije (4, 5, 14). Glede na mehanizem nastanka in razvoj uvrščamo zmrzline v skupino poškodb, ki nastanejo zaradi izpostavljenosti tkiv hipoksiji (angl. *acute traumatic peripheral ischemia*) (6).

Najusodnejša za periferna tkiva (prsti nog, rok, uhlji, nos, lica ...) je vazokonstrikcija krvnih žil na periferiji (najprej v koži), kar je na mrazu zaščitni odziv organizma, da ohrani konstantno temperaturo jedra (7). Ob daljši izpostavljenosti mrazu prevlada nad ostalimi mehanizmi, ki ščitijo periferijo. Ker je temeljni vzrok trajne prizadetosti pri zmrzlinah hipoksija perifernih tkiv, je večina terapevtskih ukrepov usmerjena k podpori prekrvljenosti in oksigenaciji tkiv. Uporaba hiperbarične oksigenacije (HBO) v zdravljenju zmrzlin je utemeljena na podlagi raziskav, ki na delno prizadetem tkivu opisujejo možnost reverzibilnih sprememb (8, 9).

## ETIOLOGIJA

Med vzponom na Mt. Everest (8848 m) je plezalec utrpel zmrzline prstov obeh nog.

Med možnimi vzroki za nastanek zmrzlin so bili prisotni naslednji dejavniki:

- zvečana občutljivost na mraz (plezalec je s prejšnjih himalajskih odprav poročal o »mrzlih nogah«).
- hipoksija (med vzponom nad 8000 metrov je izpostavljenost hipoksiji zelo velika

(manj kot 40% kisika, ki je na razpolago na morsk gladini). Med vzponom nad taborom IV (7950 m) je vdihaval dodatni kisik iz jeklenke (2 litra na minuto).

- neudobna višinska obutev (pritisk čevljev je bil velik v predelu narta – anatomskega poteka arterije dorzalis pedis).
- mraz in veter (-30°C, 40 km/h).
- dehidracija (je na velikih višinah neizogibno stanje, ki dodatno ogrozi mikrocirkulacijo).

## KLINIČNI POTEK

Med vzponom so na 8500 metrih prsti nog postali neobčutljivi. Po osvojitvi vrha je plezalec isti dan sestopil do tabora na višini 7300 metrov. Od pričetka težav je minilo 10 ur (dan 0). Poleg neobčutljivosti za dotik in bolečino so bili vsi prsti nog bledi in mrzli. Naslednji dan je do baznega tabora (5300 m) sestopil peš.

Klinični pregled v baznem taboru je pokazal zmrzline na 6 prstih (I., II. in III. stopnje) 38–42 ur po nastanku (dan 1). Nastali so mehurji z bistro in krvavkasto tekočino.

Zmrzline delimo v 4 skupine: ločimo povrhnje in globoke, v vsaki od teh pa še dve podskupini. Delitev zmrzlin je možna šele po izoblikovani klinični sliki (36–48 ur). Podobna je klasifikaciji opeklin (podobna patofiziologija) in ima napovedno vrednost. Ob pravilnem zdravljenju povrhnje zmrzline praviloma ne puščajo trajnih posledic, medtem ko so pri globokih potrebne amputacije.

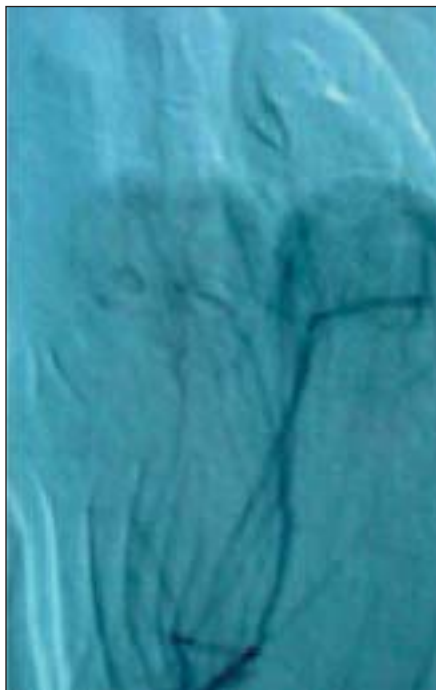
## ZDRAVLJENJE

Zaradi časa, ki je minil po nastanku zmrzlin, prstov nismo ogrevali (10).

Na dan 0 je bolnik vzel ibuprofen (Brufen® 1 × 600 mg). Na dan 1, 2 in 3 je prejel pentoksifilin (Pentilin® 3 × 600 mg), nizkomolekularni heparin (Fragmin® 2500 IE/24 h), ibuprofen (Brufen® 1 × 400 mg), azitromicin (Sumamed® 1 × 250 mg), dekstran (Reodex® 2 × 500 ml).

Edeme smo zdravili lokalno z vakuumom v hipobarični vreči. Odstranili smo le mehurje, napolnjene z bistro tekočino, tiste s hemoragično vsebino smo pustili intaktne (10).

Na dan 4 smo ob nadaljevanju zdravljenja z zdravili (z izjemo i. v. infuzij in po 3. dnevu z izjemo antibiotika) pričeli s HBO. V enem mesecu smo opravili 20 90-minutnih zdravljenj pri tlaku 2,5 bara.



Slika 1. Digitalna subtrakcijska angiografija prikazuje jasno mejo med vaskulariziranim in avaskularnim tkivom.

## DIAGNOSTIKA

Nativni rentgenski posnetki niso pokazali sprememb kostne strukture v času po nastanku zmrzlin, niti tik pred amputacijo. Digitalna subtrakcijska angiografija (DSA) je bila opravljena na dan 42 (5). Pokazala je jasno odsotnost arterijske prekrvitve v predelu distalnih členkov palca ter dveh distalnih členkov II. in III. prsta (slika 1).



Slika 2. Scintigrafski posnetek pokaže razliko v kopičenju radi-aktivnega tehnecija ( $Tc^{99}$ ).

Scintigrafija s tehnejem ( $Tc^{99}$ ) je po mnenju številnih avtorjev najboljša diagnostična in hkrati napovedna metoda za ohranitev oz. amputacijo zmrzlih delov (5, 11, 12). Opravljena je bila na dan 40. Kostna (pozna ali tretja) faza je nakazala metabolični defekt na kosteh prizadetih členkov. Zaradi tehničnih težav pri izvedbi scintigrafske preiskave se na njeno vrednost nismo opirali (slika 2).

## KIRURŠKO ZDRAVLJENJE

Na dan 63 je bila na koži prstov nog vidna jasna demarkacija med zdravim in nekrotičnim tkivom. Napravili smo modificirano giljotinsko amputacijo distalnega členka levega palca ter amputacijo dveh distalnih členkov II. in III. prsta leve noge (13). Na desnem stopalu je bila opravljena parcialna amputacija distalnega členka palca. Rane smo pustili široko odprte (slika 3).



Slika 3. Primerjava prstov nog pred zdravljenjem s HBO in po amputaciji. Na desni sliki je bil obseg amputacij manjši, kot je bilo pričakovati glede na področje nekroz (leva slika).

## RAZPRAVLJANJE

Med zdravljenjem v hiperbarični komori je bolnik opisoval občutek toplote na mestih, ki so bila poprej neobčutljiva. Občutki toplote in mravljinčenja so bili prisotni tudi pri ostalih bolnikih, ki smo jih do sedaj zdravili na podoben način. Pri vseh smo uporabljali enak protokol. Rezultati pri do sedaj zdravljenih pacientih so različni in so močno odvisni od stopnje zmrzlin in njihovega obsega.

Primerjava prizadetosti tkiva, vidna na površini (koža) pred opravljenjo hiperbarično oksigenacijo in po njej, je pokazala pomik črte »zdravo/prizadeto« proti periferiji. Ugotovitev je klinična, nastala je na podlagi površinskih meritev na koži (slika 3). Za natančnejše ovrednotenje vpliva hiperbarične oksigenacije pri zdravljenju zmrzlin potrebujemo kontrolirano študijo na laboratorijskih živalih.

Najuporabnejša diagnostična (in napovedna) postopka sta DSA in Tc<sup>99</sup>-scintigrafija. Če je izvedljivo, napravimo trikrat zaporedoma scintigrafijo (na dan 2, 7, in 20) (11). Če med izvidom 2. in 3. preiskave ni sprememb, se

lahko kirurški poseg (kritje vitalne kosti z režnji ali amputacija) opravi takoj po 3. preiskavi.

## ZAKLJUČKI

1. HBO je dodatna (adjuvantna) oblika zdravljenja zmrzlin.
2. S HBO je treba pričeti čim prej.
3. Potrebni so dodatne (klinične) izkušnje za določitev optimalnega trajanja HBO.
4. Med zdravljenjem s HBO so vsi bolniki opisovali občutke toplote in mravljinčenja.
5. Pri vseh bolnikih z zmrzlinami se je demarkacijska črta zdravo/prizadeto pomaknila proti periferiji.
6. DSA in scintigrafija sta diagnostična postopka, ki pomagata k hitrejši odločitvi za kirurški poseg ali konzervativno zdravljenje.
7. Kirurški poseg lahko opravimo takoj po zaključku zdravljenja s HBO oziroma takoj, ko scintigrafija ne pokaže več izboljšanja stanja. Od kirurškega posega odstopimo, če vitalnost globljih tkiv scintigrafsko ni vprašljiva.

## LITERATURA

1. Schechter DC, Sarot RA. Historical accounts of injuries due to cold. *Surgery* 1968; 63: 527.
2. Larrey DJ. *Memoirs of Military Surgery*, Vol II. Baltimore: Joseph Cushing; 1814. p. 156.
3. Vogel JE, Dellon AL. Frostbite Injuries of the Hand. *Clin Plast Surg* 1989; 16 (3): 565-76.
4. Meryman HT. Mechanics of freezing in Living Cells and Tissues. *Science* 1956; 124: 515.
5. Walter M, Erasmi H. Pathophysiologie, Diagnose und Therapie Oertlicher Erfrierungen. *Zentralbl Chir* 1989; 114: 1113-20.
6. Kindwall EP. *Hyperbaric medicine practice*. Arizona: Best Publishing Company; 1995. p. 543.
7. Bojanić N, Tatić V. Morfološke promjene u tkivima kod promrzlina; Vojnosanitetski pregled. *Vojnosanit Pregl*, 5: 339.
8. Gage AA, Ishikawa H, Winter PM. The Effect of Hyperbaric Oxygenation on Tissue Survival. *Cryobiology* 1970; 1 (1): 1-8.
9. Okuboye JA, Ferguson CC. The Use of Hyperbaric Oxygen in the Treatment of Experimental Frostbite. *Can J Surg* 1968; 11: 78.
10. McCauley RL, Heggors JP, Robson M-84. C. Frostbite - Methods to minimize tissue loss. *Postgrad Med* 1990; 88.
11. Foray J. Mountain Frostbite. Current Trends in Prognosis and Treatment. *Int J Sports Med* 1992; 13: 193-6.
12. Mills WJ. Summary of Treatment of the Cold Injured Patient. *Alaska Med* 1973.
13. Seymour I, Schwartz SI. Principles of Surgery. In: McGraw-Hill, *Arterial disease*. 7th ed. International Edition., 1999. p. 983-84.
14. Friedman BN, Lange K, Weiner D. *The Pathology of Experimental Frostbite*. Washington: Army Institute of Pathology; 1946.

Polona Jaki Mekjavič<sup>1</sup>, Igor B. Mekjavič<sup>2</sup>, Jurij Gorjanc<sup>3</sup>

# Višinska retinopatija – poročilo z odprave Si.mobil Ski Everest 2000<sup>4</sup>

*High Altitude Retinopathy –  
Report from the Si.mobil Ski Everest 2000 Expedition<sup>4</sup>*

---

## IZVLEČEK

**KLJUČNE BESEDE:** višinska bolezen, retinopatija

Višinska retinopatija so spremembe na očesni mrežnici, ki nastanejo na višini več kot 3000 metrov. Vsem članom odprave Si.mobil Ski Everest 2000, katere cilj je bil omogočiti vodji odprave smučanje z vrha Mt. Everesta v bazni tabor, smo posneli stereofotografije očesnega ozadja. Dva člana sta imela ob vrnitvi v Ljubljano na očesnem ozadju znake višinske retinopatije. Eden od njiju je imel med vzpenjanjem izrazito višinsko bolezen, medtem ko drugi ni imel nikakršnih znakov te bolezni. Višinska retinopatija pri slednjem je po vsej verjetnosti nastala zaradi ekstremnega fizičnega napora na višini med smučanjem z vrha Mt. Everesta v bazni tabor. Višinska retinopatija je, kot del višinske bolezni, pomemben napovednik razvijajočega se možganskega edema. Lahko pa se višinska retinopatija pojavi tudi kot posledica velikega fizičnega napora na višini.

---

## ABSTRACT

**KEY WORDS:** altitude sickness, retinopathy

High-altitude retinopathy (HAR) is characterized by changes in the retina occurring normally at altitudes above 3000 m above sea level. We conducted stereophotography of the eye fundus of all members of the Si.mobil Ski Everest 2000 expedition, whose goal was to enable the expedition leader to ski from the summit of Mt. Everest to base camp. Two members of the expedition presented with HAR upon return to Ljubljana. One member had suffered severe high-altitude sickness, whereas the second had no signs and symptoms of high-altitude sickness; his retinopathy was most likely induced by extreme physical exertion at the altitude of skiing from Mt Everest to base camp. Since HAR is also a precursor of high altitude sickness, it is a useful index of impending high altitude cerebral edema. However, its occurrence may also be attributed to extreme physical effort at the altitude.

---

<sup>1</sup> Asist. dr. Polona Jaki Mekjavič, dr. med. Očesna klinika Ljubljana, Zaloška 29, 1000 Ljubljana.

<sup>2</sup> Prof. dr. Igor B Mekjavič, Institute of Biomedical and Molecular Sciences, University of Portsmouth, White Swan Road, Portsmouth, Hampshire, PO1 2DT, Velika Britanija; Institut Jožef Stefan, Jamova 39, 1000 Ljubljana.

<sup>3</sup> Jurij Gorjanc, dr. med., Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Gosposvetska cesta 3, 2380 Slovenj Gradec.

<sup>4</sup> Povzetek tega poročila je bil predstavljen tudi na mednarodnem Oftalmološkem kongresu Alpe Adria 2001.

## UVOD

Višinsko retinopatijo (angl. *high altitude retinopathy* – HAR) predstavljajo patološke spremembe na očesni mrežnici ali retini: zvižugane in razširjene mrežnične žile, povečana prekrvavljenost izhodišča vidnega živca (hiperemija papile optikusa) in posamezne krvavitve v mrežnici (retinalne krvavitve). Pojavi se na višini več kot 3000 metrov, predvsem zaradi hipoksije (1). Tudi večji fizični napor lahko povzroči krvavitve iz predhodno razširjenih (HAR) retinalnih kapilar na višini (2). Retinalne krvavitve zaradi HAR so ponavadi na več mestih hkrati in praviloma ne vplivajo na vid. Vid je zmanjšan v primeru, ko krvavitev nastane tudi v centralnem delu mrežnice, v rumeni pegi oz. fovei; v tem primeru nastane izpad v centru vidnega polja (centralni skotom). Krvavitev se lahko iz mrežnice razširi v steklovino (hematovitreus), kar prav tako lahko zmanjša vidno ostrino.

Poleg krvavitev lahko zaradi hipoksije na mrežnici nastanejo t. i. mehki eksudati, ki so tudi znak HAR.

Ker spremembe, ki nastanejo na mrežnici zaradi HAR, ne vplivajo vedno na vid, se jih gorniki pogosto sploh ne zavedajo in zato tudi ni enotnih podatkov o pogostosti HAR. V klinični literaturi so podatki o pojavnosti od 0 do 66 % (3).

HAR je tudi znak višinske bolezni in je vedno prisotna pri gornikih, ki imajo zaradi višine možganski edem (4).

Krvavitve v mrežnici pri HAR se ponavadi spontano resorbirajo v nekaj tednih po izpostavitvi višini (5).

## METODE

Članom odprave Si.mobil Ski Everest 2000 (n = 7) smo pregledali oči pred odpravo in en mesec po osvojitvi vrha. Vsi so dosegli višino 7000 metrov, pet jih je osvojilo vrh Mt. Everesta in eden je smučal z vrha do baznega tabora.

Pregled oči je vključeval določitev vidne ostrine, pregled sprednjega segmenta, optičnih medijev in mrežnice, vključno s stereofotografijami očesnega ozadja. Primerjali smo rezultate pregledov pred odpravo z rezultati ob vrnitvi in tako določili nastanek eventualnih sprememb.

## REZULTATI

Pri nobenem članu odprave nismo opazili sprememb bodisi v vidni ostrini, sprednjem segmentu ali optičnih medijih.

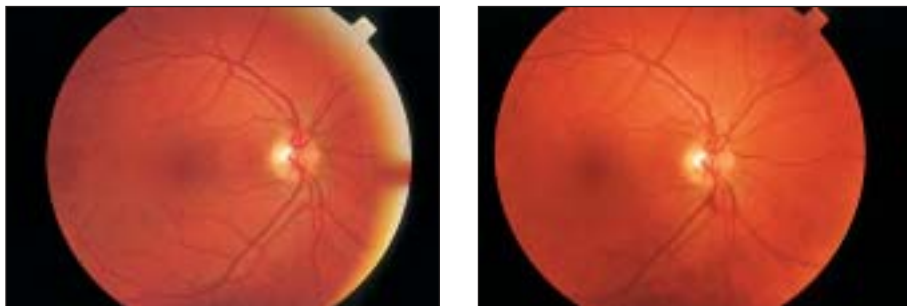
Pri pregledu mrežnice smo po odpravi našli spremembe v smislu retinopatije pri dveh članih odprave.

Eden od njiju je imel že pred odpravo izrazito zvižugane žile mrežnice v obeh očeh (slika 1). Po vzponu je oblika žil ostala enaka, njihova širina pa se je povečala (dilatacija retinalnih žil). Papila vidnega živca je bila močnejše prekrvavljena in nekoliko dvignjena. Alpinist, pri katerem smo po vzponu opazili omenjene spremembe, je imel pri vzpenjanju s tabora 2 (6500 m) na tabor 3 (7300 m) težave z dvojnimi vidom, zmanjšano vidno ostrino in glavobolom. Težave so izzvenele, ko se je spustil za 200 m. Pri tem alpinistu je bila retinopatija povezana z akutno višinsko boleznijo in pretečim možganskim edemom.



Slika 1. Sliki očesnega ozadja alpinista, ki je imel preteči možganski edem na višini 7000 m. Po vzponu (desna slika) so retinalne žile širše in papila vidnega živca je močnejše prekrvavljena kot pred vzponom (leva slika).





Slika 2. Sliki očesnega ozadja levega očesa alpinista, ki je smučal z vrha Mt. Everesta v bazni tabor. Na očesnem ozadju je po vzponu (desna slika) pod papilo vidnega živca intraretinalna krvavitev, ki je verjetno nastala zaradi ekstremnega fizičnega napora. Pred vzponom na očesnem ozadju ni bilo sprememb (leva slika).

Drugi alpinist je imel pred odpravo povsem normalno sliko mrežnice (slika 2). Pri pregledu ob vrnitvi pa smo opazili že delno resorbirane intraretinalne krvavitve tik pod papilo vidnega živca v levem očesu (slika 2). Ta alpinist ni imel nobenih težav z višinsko boleznijo. Omenjene spremembe na mrežnici so verjetneje nastale zaradi izrazitega fizičnega napora na višini (ponavljajočih se Valsalvinih manevrov) pri smučanju z vrha Mt. Everesta v bazni tabor.

## ZAKLJUČEK

Znaki višinskega možganskega edema so se pokazali tudi kot višinska retinopatija v smi-

slu dilatiranih žil mrežnice in hiperemije papile vidnega živca. Mrežnica je namreč razvojno del centralnega živčnega sistema, zato spremembe na žilah možganov, povezane z višinskim možganskim edemom, lahko opazujemo na mrežnici.

Kljub temu da je višinska retinopatija znak pretečega možganskega edema, pa lahko nastane tudi pri ljudeh, ki nimajo nobenih znakov višinske bolezni. V takem primeru je HAR lahko posledica ekstremnega fizičnega napora na višini.

## LITERATURA

1. McFadden DM, Houston CS, Sutton JR, Powles AC, Gray GW, Roberts RS. High altitude retinopathy. *JAMA* 1981; 245: 581-6.
2. Brinchmann-Hansen O, Myhre K, Sandvik L. Retinal vessel responses to exercise and hypoxia before and after high altitude acclimatisation. *Eye* 1989; 3: 768-76.
3. Wiedman M. High altitude retinal hemorrhage. *Arch Ophthalmol* 1975; 93: 401-3.
4. Wiedman M & Tabin GC. High-altitude retinopathy and altitude illness. *Ophthalmology* 1999; 106: 1924-7.
5. Schults WT & Swan KC. High altitude retinopathy in mountain climbers. *Arch Ophthalmol* 1975; 93: 404-8.

Prispelo 12. 11. 2002