

# LIKKUMINEN JA SOPEUTUMINEN OHUESSA ILMANALASSA

HEIKKI KARINEN, KIM MUSTONEN, HEIKKI TIKKANEN

Helsingin Yliopisto, Liikuntalääketieteen yksikkö, Helsingin urheilulääkäriasema

Yhteyshenkilö: Heikki Karinen,

Puh: 03- 18161981, sähköposti: heikki.karinen@nic.fi

## TIIVISTELMÄ

**Liikkuminen ja sopeutuminen ohuessa ilmanalassa.  
Karinen H., Mustonen K., Tikkanen H.**

■ Suomalaiset liikkuvat ja retkeilevät kaukomatkoillaan yhä useammin ohuessa ilmanalassa vuoristoissa ja ylängöillä. Vuoristossa liikkuminen edellyttää elimistöltä sopeutumista sekä vähäisempään ilmanpaineeseen että pienempään happimäärään. Vuoristo-oloille ominaisia sairauksia ovat esimerkiksi vuoristoyskä (High Altitude cough syndrome, HACS) ja silmänpohjaverenvuodot (High Altitude Retinopathy, HAR) mutta tavallisin ja vaarallisin näistä on vuoristotaudiksi (Acute Mountain Sickness, AMS) kutsuttu oireyhtymä joka kehittyy, mikäli nouseaan liian nopeasti liian korkealle. Tämä on yleensä itsestäänrajoittuva tila jota ei tavallisesti esiinny alle 2500 m korkeudessa ja joka menee ohi muutamissa päivissä mutta se voi pahimmillaan johtaa hengenvaaralliseen aivo- tai keuhkoödeemaan. Arviolta 40 % ihmisistä sairastuu vuoristotautiin noustessaan yli 4200 m korkeuteen. Yksilön sopeutumisoikeuden nähdessä oikea kiipeilynopeus on tärkein vuoristotautia ehkäisevä toimenpide. Kaikkein tärkein hoito on laskeutuminen niin alas että oireet poistuvat. Lääkehoidon mahdollisuudet ovat rajalliset eivätkä ne korvaa alaslaskautumista. Paineammiohoitoja on myös käytetty lyhytaikaisesti, mikäli laskeutuminen ei ole jostain syystä mahdollista. Mikäli vuoristosairauksien riskit tiedostetaan ja vuoristotaudin oireet tunnetaan ja niihin osataan reagoida oikein ja oikea-aikaisesti, vältetään kiipeilyretken keskeytymiseltä ja pahimmassa tapauksessa myös retken muuttumisesta vakavasti sairaan tai kuolevan potilaan evakuointi ja pelastusoperaatioksi.

*Avainsanat: retkeily, akuutti vuoristotauti, hypoxia, ohut ilmanala*

## ABSTRACT

**Trekking at high altitude  
Karinen H., Mustonen K., Tikkanen H.**

■ Traveling to mountains requires from the body sudden adaptation i.e. acclimatization to both lower air pressure and diminished partial pressure of oxygen. If the adaptation process fails due to too quick ascent rate or exceptional properties of the climber, there develops a condition referred to as acute mountain sickness (AMS), which in the worst case leads to death through pulmonary edema or edema of the brain. Mountain sickness is not an independent illness but a combination of symptoms as the body tries to adapt to thin air. According to epidemiological studies 40 % of climbers or explorers ascending over 4200 meters suffer from mountain sickness.

The correct ascending rate is most important and the best treatment is to descend as low as possible. If you are aware of early signs of mountain sickness and its anticipation, so that leaders of rope teams and expeditions are able to optimize their ascent rate and avoid discontinuing climbing because of rescue procedures for those afflicted with mountain sickness.

*Keywords: mountaineering, acute mountain sickness, hypoxia, high altitude*

## JOHDANTO

Mount Everestille kiivettiin ensimmäisen kerran 50 v sitten ja sen jälkeen tuhannet kiipeilijät ovat nousseet tälle maailman korkeimmalle vuorelle. Tietävästi vain neljä suomalaista on kiivennyt sinne, mutta nykyään yhä useampi suomalainen retkeilijä suuntaa kohti uusia korkeuksia eri puolille maailmaa. Esimerkiksi Kilimanjarolle järjestetään Suomesta lukuisia vaellusmatkoja vuosittain, ja lähes 5000 suomalaista on jo yrittänyt päästä tälle 5893 m korkealle huipulle. Heistä vain alle puolet on siinä onnistunut. Matkan keskeytymisen syyinä on hyvin usein sopeutumattomuus vuoristo-olosuhteisiin. Kansainvälisissä tehtävissä suomalaiset YK joukot ovat törmänneet ohuen ilmanalan ongelmiin 2 000–3 000 m korkeuksissa Kashmirin, Afganistanin ja Etiopian – Eritrean operaatioissa.

Tavallisimmat ensin nousut korkealle tehdään Kilimanjarolla, Himalajan vaelluspoluilla tai Alppien patikkareiteillä ja hiihtokeskuksissa. Jokaisella paikalla on korkealle menemisen suhteen omia erityispiirteitä, joista on syytä olla tietoinen. Kilimanjaron retket on usein järjestetty melko nopeasti eteneviksi nousuiksi ja sen huipulle 5893 m korkeuteen pyritään nousemaan viidessä kuudessa päivässä, kun taas Himalajalla saman, noin 5 000 – 6 000 m tason saavuttamiseksi saatetaan käyttää 10–15 päivää. Euroopassa nousetaan jopa saman päivän aikana 3 000 – 4 000 m tasoon reitin alkuun vievien junien ja hissien ansiosta, jolloin altistutaan korkeanpaikan sairauksille.

## ILMANPAIN

Maapallon ilmakehän hapen prosentuaalinen osuus on vakio (n. 20,93 %). Merenpinnan tasolla ilmanpaine on n. 760 mmHg, ja vastaava hapen osapaine on n.159 mmHg. Noustaessa merenpinnantasolta korkeammalle alkaa ilmanpaine laskea, vastaavasti laskee myös hapen osapaine. Hapenpuute korkealla perustuukin nimenomaan hapen osapaineen laskuun, ilman kaasuseoksen pysyessä samana. Esimerkiksi 5000 m korkeudella hapen osapaine on enää n. 50 % ja Mount Everestin huipulla 8848 m korkeudella vain n. 30 % merenpinnan tasosta. Ilmanpaine vaihtelee hieman myös vuodenajan ja sääolosuhteiden mukaan. Tämän vuoksi Everestin valloitukset onnistuvat käytännössä ainoastaan kevät-kesällä, jolloin ilmanpaine on siellä korkeimmillaan. (West, Lahiri et al. 1983)

## AKKLIMATISOITUMISEN MEKANISMIT

Akklimatisoitumisella tarkoitetaan elimistön sopeutumista alentuneen happiosapaineen aiheuttamaan haasteeseen. Sopeutuminen voidaan karkeasti jakaa akuutteihin ja pitkäaikaisiin sopeutumismekanismeihin. Akuutti sopeutuminen alkaa lähes välittömästi korkealle menon jälkeen ja varsinaisen akuutin sopeutusvaiheen katsotaan kestävän yhdestä kolmeen päivää. Pitkäaikainen sopeutuminen kestää korkeuden muutoksesta riippuen muutamasta viikosta muutamaan kuukauteen. (Ratzin, Jackson ja Sharkey 1988)

Elimistö pyrkii alkuvaiheessa sopeutumaan hypoksiaan lisäämällä ventilaatiota ja sydämen sykettä. Myös plasmavolyymi vähenee (veren punasolutiheys nousee), joka ainakin teoriassa parantaa hapenkuljetuskykyä lyhyellä tähtäimellä. Pitemmällä tähtäimellä tapahtuvat hematologiset ja solutason muutokset tehostavat hapensaantia ja -käyttökykyä edelleen. Sopeutuvassa elimistössä punasolujen määrä lisääntyy. Myös yksittäisten punasolujen hemoglobiinin ja hapenkuljetukseen liittyvän entsyymien (2,3-Difosfoglyseraatti) määrä lisääntyy. Akklimatisoitumisen myötä hapenotto- ja hapenkuljetuskyky korkealla paranee huomattavasti, mutta ei saavuta kuitenkaan merenpinnan tason arvoja. (Berglund 1992)

Sopeutuminen on aina stressi elimistölle jossa energiankulutus on normaalia korkeampi ja hermostollinen toiminta on kiihtynyt (Butterfield, Gates ym. 1992). Kiihtynyt ventilaatio yhdistettynä yleensä melko kuivaan vuoristoilmaan aiheuttaa helposti elimistön kuivumista. Myös happo-emäs tasapaino häiriintyy kiihtyneen ventilaation aiheuttaman tehostuneen hiilidioksidin poistumisen johdosta (Ratzin Jackson ja Sharkey 1988). Pitkäaikaisen akklimatisoitumisen vaikutuksena on havaittu myös painon putoaminen ja lihassmassan pieneneminen (Hoppeler 1990). Mahdollisia selittäviä tekijöitä tämän osalta ovat riittämätön energiensaanti ja häiriintynyt proteiinisynteesi (hapen puutteen aiheuttama stressi) (Butterfield, Gates ym. 1992; Natrici, Kayser ym. 1993).

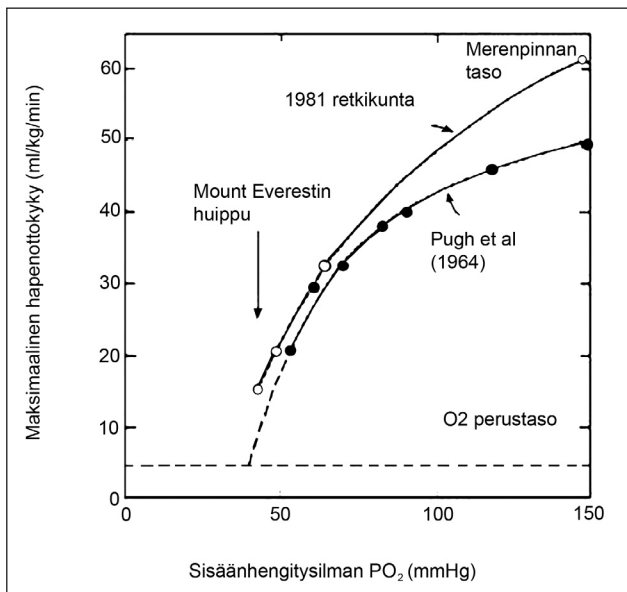
Sopeutusprosessia ei voida keinotekoisesti tehostaa, vaan kaikki riippuu elimistön omasta kyvystä sopeutua (Bartsch, Merki ym. 1993). Sopeutuminen on myös hyvin yksilöllistä ja geneettisillä tekijöillä arvellaan olevan suuri merkitys sopeutumisessa. Esimerkiksi huipputaso vuorikiipeilijöillä angiotensiiniä konvertoivan entsyymien (ACE) -geenin insertio alleeli on merkittästi yleisempi kuin normaaliväestössä (Montgomery, Marshall ym. 1998).

Olennoisinta on yksilöllisesti sopiva päivänousuvauhti, jotta elimistölle jää riittävästi aikaa asteittaiseen sopeutumiseen. Tarkkaa rajaa sille, mistä elimistön sopeuttaminen tulisi aloittaa, ei ole määritetty, mutta nyrkkisääntönä merenpinnantason asukeille voi pitää 2000–2500 m korkeutta. Alkuperäiskansat, jotka elävät jatkuvasti korkealla vuoristossa omaavat erilaisen geneettisen perimän ja heidän lähtötasonsa on jo aivan erilainen (Group 1981). Tästä johtuu Himalajalla asuvien Sherpojen uskomaton toimintakyky jopa yli 8000 metrin korkeudessa.

## HAPENOTTOKYVYN MUUTOKSET OHUESSA ILMANALASSA

Hapenpuute korkealla perustuu hapen osapaineen muutokseen; mitä korkeammalle nousetaan, sitä alhaisempi on ilmakehän hapen osapaine. Kun muutos on riittävän suuri, keuhkoissa tapahtuva veren hapettuminen heikkenee, valtimoveren hapen osapaine ja hemoglobiinin happisaturaatio laskee, ja siten myös kudosten hapensaanti kärsii (Ratzin Jackson ja Sharkey 1988). Elimistön hapenotto- ja hapenkuljetuskyky heikkeneminen on eksponentiaalista verrattuna korkeuden lisääntymiseen, eli heikkeneminen on aluksi hyvin vähäistä mutta sitä voimakkaampaa mitä korkeammalle nousetaan (Kuva 1) (West, Boyer ym. 1983).

Pughin ym. (1964) tekemistä hapenotto- ja hapenkuljetusmittauksista eri hapen osapaineissa pääteltiin aikanaan, että hapenotto- ja hapenkuljetuskyky Mount Everestin huipulla olisi jotakuinkin normaalia lepota- ja lepotasolla (West, Boyer ym. 1983). Koska kävelykin nostaa aineenvaihdunnan 3–4 kertaiseksi lepotasolta, luonnollinen johtopäätös oli että huipun valloittaminen ilman lisähapetta olisi mahdotonta. Teoria osoitettiin vääräksi kun huippu valloitettiin ilman lisähapetta vuonna 1978 (Peter Habeler ja Reinhold Messner). Westin ym. (1983) tekemissä mittauksissa Mount Everestillä ryhmän keskimääräisen maksimaalisen hapenotto- ja hapenkuljetuskyvyn arvioitiin huipulla olevan n. 4 MET:n tasolla (n. 15 ml/kg/min), joka juuri ja juuri riittää kävelyyn. Westin mittauksissa ryhmän keskimääräinen maksimaalinen hapenotto- ja hapenkuljetuskyky merenpinnantasolla oli selvästi Pughin käyttämää ryhmää korkeampi (62 ml/kg/min vs. 50 ml/kg/min) (West, Boyer ym. 1983). Näistä mittauksista voidaan päätellä että alle 60 ml/kg/min merenpinnantason hapenotto- ja hapenkuljetuskyvyn omaavan henkilön on ainakin teoriassa hyvin vaikea valloittaa Mount Everestin huippua ilman lisähapetta.



**Kuva 1. Maksimaalisen hapenottokyvyn ja hapen osapaineen välinen yhteys. Westin (1981) tekemissä mittauksissa ryhmän keskimääräinen maksimaalinen hapenottokyky merenpinnantasolla oli selvästi Pughin (1964) käyttämää ryhmää korkeampi (62 ml/kg/min vs. 50 ml/kg/min). Näistä mittaustuloksista voidaan päätellä, että alle 60 ml/kg/min merenpinnantason hapenottokyvyn omaavan henkilön on ainakin teoriassa hyvin vaikea valloittaa Mount Everestin huippua ilman lisähapeta. (West, Boyer et al. 1983)**

## VUORISTOSAIRAUDET

### Akuutti vuoristotauti:

Sopeutumismekanismeista huolimatta monet kokevat ns. akuutin vuoristotaudin (Acute Mountain Sickness, AMS) oireita jos he nousevat nopeasti yli 2500 m korkeuteen. Alle 2500 m korkeudella oireet ovat harvinaisempia ja/tai lievempiä. AMS:n oireet vaihtelevat lievästä fataaleihin ja sen diagnoosi perustuu päänsäryn lisäksi vähintään yhteen seuraavista oireista: ruokahalun menetyks, pahoinvointi, oksentelu, väsymys/heikkous, tasapainohäiriöt, univaikeudet. Myös nousuhistoria ja -nopeus vaikuttavat diagnoosia asetettaessa. Yleensä AMS parantuu itsestään 1–2 vuorokaudessa. Elimistön kuumuminen voi pahentaa oireita. (Barry, Pollard 2003)

Lievä AMS on varsin tavallinen. Taulukossa 1. on esitetty sen esiintyvyyksiä eri korkeuksissa eri puolilla maailmaa. Lentäminen suoraan merenpinnan tasolta 3860 m korkeuteen lähentelee tietoista riskinottoa sillä silloin yli kahdeksan henkeä kymmenestä sairastuu. Huomattavasti korkeammallakin esiintyvyys on ollut vähäisempää koska elimistön sopeutumista on jo tapahtunut hitaamman siirtymisen vuoksi. (Barry and Pollard 2003)

Vuoristotaudin diagnostiikkaan on saatu yhtenäiset kriteerit vuonna 1991 (International Hypoxia Symposium, Lake Louise, Alberta, Kanada) ja kehitettiin yksinkertainen kyselylomake epidemiologiaa

Taulukko 1. Akuutin vuoristotaudin esiintyvyyksiä eri korkeuksissa. (Barry and Pollard 2003)

Havintojoukko	Paikka	Korkeus	Oireiden esiintyvyys
Vaeltajat	Colorado	2000-2500m	15–25%
	Alpit	3000-3650m	13–34%
	Nepal	3500-5500m	43–63%
Suora turistilento	Nepal	3860 metriin	84 %

tutkimuksia varten. Tämä ns. Lake Louise AMS Questionnaire koostuu viidestä oireisiin liittyvästä kysymyksestä ja kolmesta kliinisestä arvioinnista. Testi antaa pisteitä 0–24 ja hoitoa vaativan AMS:n rajaksi on sovittu 4 pistettä taudin vaikeutuessa mitä enemmän pisteitä kertyy (moderate AMS 4–8 p, severe AMS >8 pistettä). (Sutton, Goates ym. 1992)

Tärkein AMS hoito on nousun keskeyttäminen ja laskeutuminen alemmaksi kunnes oireet ovat poistuneet. Nyrkkisääntönä hoidolle voidaan pitää laskeutumista 500 m alemmaksi tai siihen korkeuteen jossa viimeksi on oleskeltu ilman oireiden esiintymistä. (Zafren, Honigman 1997)

### Ödeemat:

Lievä vuoristotauti voi muuttua vakavammaksi, jos oireet ja varoitusmerkit ovat jääneet huomaamatta tai niistä ei ole välitetty. Hengenvaarallisissa keuhko- ja aivoödeematioissa (HAPE: High Altitude Pulmonary Edema, HACE: High Altitude Cerebral Edema) aivojen tai keuhkojen solunulkokoiisiin tiloihin alkaa kertyä nestettä.

Näiden vakavien tilojen oireita ovat päänsäryn lisäksi lisääntyneet hengitysvaikeudet, yskä, huonotuulusuus ja syvähengityskivut sekä lopulta yskän mukana keuhkoista tuleva verinen vaahto tai plasman-kaltainen neste. Ödeemien kehittymiselle ei ole määritettävissä mitään tiettyä korkeutta. Vastikään kirjallisuudessa on kuvattu useita keuhkoödeematapauksia 1400–2400 m korkeuksissa vaikka yleensä nämä ongelmat esiintyvät vasta yli 2500 m korkeudessa (Gabry, Xavier ym. 2003). Mikäli ensioireet jätetään huomioimatta ja nousua jatketaan, voivat oireet pahentua muutamassa tunnissa jolloin sairastunut ei välttämättä kykene enää omin avuin laskeutumaan.

Ödeemien kehitys joko aivo tai keuhkoperäiseksi on sattumanvaraista, ihminen voi kärsiä joko toisesta, molemmista tai vuorotellen jommastakummasta. Näihin tiloihin ainoa todellinen hoito on mahdollisimman nopea laskeutuminen alemmas. Minimissään tulee pyrkiä laskeutumaan tasolle jossa on viimeksi oleskeltu ilman mitään oireita.

Ensiapuna voidaan käyttää lisähapeta tai painekammioita, joilla potilaalle voidaan keinotekoisesti luoda vallitsevaa korkeutta happirikkaammat olosuhteet. Lääkehoidoista asetazolamide, nifedipiini ja dexametasoni voivat mahdollisesti lievittää oireita. (Group 1981; Levine B 1989; Oelz O 1989)

### Äkilliset neurologiset toimintahäiriöt: (TNDHA)

Äkillisiä, yleensä muutamassa minuutissa ohimeneviä neurologisia oireita, tuntohäiriöitä, mielialan muutoksia tai muistinmenetystä on raportoitu esiintyneen liikuttaessa yli 6000 m korkeudessa. Näistä on käytetty nimityksiä Transient neurological disorder at high altitude (TNDHA) (Cauchy E 2002) ja High Altitude Global Amnesia (HAGA) (Litch JA 1999; Litch JA 2000). Näiden taustalla arvelaan olevan hypokapnian aiheuttaman aivoverisuonien supistumisen joka johtaa paikallisiin verenkiertohäiriöihin. Migreenikohtauksen, kaasu- tai tromboemolian mahdollisuus on myös olemassa. Hyper-

ventilaatio tai hengityksen pidättäminen voi myös laukaista kyseiset oireet (Cauchy E 2002).

### Silmänpohjaverenvuodot (HAR)

Vuoristossa liikuttaessa kiipeilijöillä esiintyy silmänpohjan verenvuotoja (High Altitude Retinopathy, HAR) jotka ovat yleensä oireetomia mutta osuessaan tarkannäön keskukseen voi näkö heikentyä oleellisesti. Yleensä nämä korjaantuvat ajan mittaan itsestään mutta voivat myös johtaa pysyviin näkökenttäpuutoksiin tai näön heikkenemiseen. Eri tutkimusten mukaan näitä esiintyy 6000 m korkeudessa noin 30 % kiipeilijöistä (Butler FK 1992). Verenvuotojen syy on epäselvä mutta niiden on arveltu liittyvän kovaan rasitukseen ja anti-inflammatoristen kipulääkkeiden käyttöön (MacLaren RE 1995; MacLaren RE 1995).

### Krooninen vuoristoyskä (HACS)

Kuivan ja kylmän vuoristoilman hyperventiloiminen ärsyttää hengitysteitä ja tämä voi johtaa ilmäteiden kuivumiseen, lisääntyneeseen limaneritykseen, vasomotoriseen riniitiin ja bronchospasmiin jotka yhdessä tai erikseen stimuloivat vagaalista yskärefleksiä. Tällainen vuoristoyskä (High Altitude Cough Syndrome, HACS) pahenee yleensä korkeammalle mentäessä ja kirjallisuudessa on kuvattu useita kylkiluunmurtumia HACS:n vuoksi. (Litch JA 1998)

### KIIPEILYN JATKAMINEN VUORISTOTAUDIN JÄLKEEN

Jos oireet ovat olleet lievät ja hävinneet nopeasti, voi kiipeilyä jatkaa 1-2 oireettoman päivän jälkeen. Tällaisia kiipeilijöitä pitää seurata tavallistakin tarkemmin, sillä ongelmat voivat alkaa uudelleen nousun myötä. (Ward M 1994)

Henkilö joka on jouduttu kantamaan alas, ei saa enää kiivetä ylös. Toivuttuaan potilaan täytyy pysytellä matalalla tai palata kotimaahansa kielitaitoisien saattajan seurassa. Asetatsolamiidi lääkitystä (Diamox™, Ödemin™) voi edelleen jatkaa niin kauan kunnes loppullinen laskeutuminen on aloitettu. Tällaisen henkilön tulee olla erityisen varovainen seuraavilla kiipeilyretkillä.

### KORKEALLA LIIKKUMISEN KÄYTÄNNÖN OHJEITA

Korkeassa ilmanalassa liikuttaessa turvallisuuden ja retken onnistumisen kannalta on tärkeää antaa elimistölle mahdollisuus (aikaa) sopeutumiseen. Käytännössä tämä toteutuu vain maltillisen ja yk-

silöllisesti sopeutetun nousuvauhdin keinoin. Ryhmässä on aina mentävä heikoimman lenkin tahdissa. Lisäksi mahdollisiin vuoristosairauksiin on aina suhtauduttava hyvin vakavasti.

Ihminen ei välttämättä toimi vähähappisissa olosuhteissa järkevästi. Korkealla käyvän henkilön aivot reagoivat hapen puutteeseen tuottamalla mielihyvää. Tämä on usein syynä arviointikyvyn puutteeseen korkealla, mistä johtuu ns. yksinäiset hortoilijat, jotka korkeilla vuorilla päätyvät kuolemaan virhearvioita tehtyään (Saito 1995). Nuoret, hyväkuntoiset mieshenkilöt ovat usein suurimmas- sa vaarassa sairastua vuoristotautiin, koska heillä on usein hyvän fysiikan ansiosta mahdollisuus viedä elimistö liian nopeasti liian korkealle. Fyysisesti parempikuntoiset henkilöt kestävät rasitusta paremmin mutta hyvä fysiikka ei suojaa vuoristotaudilta (Milledge 1991).

Vuoristotaudin riskin vähentämiseksi on olemassa erilaisia suosituksia ja ohjeita nousunopeuden rajoittamisesta 300 metriin päivässä oleskeltaessa yli 3000 m korkeudessa (Taulukko 2). Suositusten päivänousuvauhti tarkoittaa nukkumapaikkojen välistä korkeuseroa. Lepopäivän aikana voi kiivetä korkeammalle, kunhan palaa takaisin alemmas nukkumaan. Lentäminen, autoilu tai hiihtohissillä nousu vuoristoon on tietoista riskinottoa.

Tärkeä osa toimista vuoristotaudin välttämiseksi on riittävä syöminen ja juominen. Nestehukka on huomattavasti normaalia suurempaa tihtyneen hengityksen vuoksi. Suositeltava nesteen nauttimisen määrä on n. 5–7 litraa päivässä. Myös energiankulutus on huomattavan suurta akklimatisoitumisen ja fyysisen rasituksen vuoksi, joten riittävästä energiansaannista hiilihidraattipitoisen ruokavali- on keinoin tulee huolehtia.

### LÄHTEET:

- Barry, P. and A. Pollard (2003). "Altitude illness." *BMJ* 326: 915–919.
- Bartsch, P., B. Merki, et al. (1993). "Treatment of acute mountain sickness by simulated descent: a randomised controlled trial." *BMJ* 1993(306): 1098–101.
- Berglund, B. (1992). "High altitude training: aspects of hematological adaptation." *Sports Medicine* 14(5): 289–303.
- Butler FK, H. D. J., Reynolds RD, (1992). "Altitude retinopathy on Mount Everest, 1989." *Ophthalmology*. 99(5):739–46, 1992 May.
- Butterfield, G. E., J. Gates, et al. (1992). "Increased energy intake minimizes weight loss in men at high altitude." *J. Appl. Physiol.* 72: 1741–1748.
- Cauchy E, L. P, Boussuges A, Le Roux G, Dumas JL, Richalet JP (2002). "Transient neurological disorders during a simulated ascent of Mount Everest." *Aviation, Space and environmental medicine* 73(12): 1224–1229.
- Gabry, A. L., L. Xavier, et al. (2003). "High-Altitude Pulmonary Edema at Moderate Altitude (< 2,400 m; 7,870 feet). A Series of 52 Patients." *Chest* 123: 49–53.

### Taulukko 2 Suosituksia nousunopeudesta ja vuoristotaudin välttämiseksi.

Suosituksia:
→ 3000 m jälkeen korkeintaan 300 m päivänousuvauhti.
→ Jokaista noustua 900 m kohden yksi kokonainen lepopäivä.
→ Mahdollinen oireilu on aina otettava vakavasti!
→ Jos oireita ilmenee, älä nouse ylemmäksi ennen kuin oireet häviävät.
→ Jos oireet pahenevat, lähde välittömästi alaspäin!

Muita ohjeita:
→ Liiku korkealla rauhallisesti, itseäsi säästellen, ja taukoja pitäen.
→ Tarkkaile tuntemuksiasi ja kerro niistä myös toverillesi.
→ Kysele aktiivisesti myös toveriesi tuntemuksia.
→ Nauti runsaasti nesteitä, jotta elimistön kuivuminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi.
→ Huolehdi riittävän runsaasta energiansaannista

- Group** (1981). "Acetazolamide in control of acute mountain sickness." *Lancet* 1981(ii): 180–3.
- Hoppeler, H.** (1990). "Morphological adaptations of human skeletal muscle to chronic hypoxia." *Intl. J. of Sports Med.* 11(1): 15–20.
- Levine B, Y. K., Kobayashi T, Fukushima M, Shibamoto T, Ueda G.** (1989). "Dexamethasone in treatment of acute mountain sickness." *New England Journal of Medicine* 1989(321): 1707–13.
- Litch JA, B. R.** (1999). "Transient global amnesia at high altitude." *New England Journal of Medicine* 340: 1444.
- Litch JA, B. R.** (2000). "High-altitude global amnesia." *Wilderness & Environmental Medicine.* 11(1):25–8, 2000 Spring.
- Litch JA, T. M.** (1998). "Cough induced stress fracture and arthropathy of the ribs at extreme altitude." *International Journal of Sports Medicine.* 19(3):220–2, 1998 Apr.
- MacLaren RE** (1995). Asymptomatic retinal haemorrhage is common at altitude. *BMJ.* 311: 812–813.
- MacLaren RE** (1995). "Retinal haemorrhage in Himalayan mountaineers." *Journal of the Royal Army Medical Corps.* 141(1):25–8, 1995 Feb.
- Milledge J S, B. J. M., Broome J, Luff N, Pelling M, Smith D** (1991). "Acute mountain sickness susceptibility, fitness and hypoxic ventilatory response." *Eur Respir J* 4: 1000–4.
- Montgomery, H., R. Marshall, et al.** (1998). "Human gene for physical performance." *Nature* 393(6682): 221–2.
- Natrici, M. V., B. Kayser, et al.** (1993). "Effect of chronic hypoxia on work-induced skeletal muscle hypertrophy." *J. Physiol.* 467: 109–114.
- Oelz O, M. M., Ritter M.** (1989). "Nifedipine for high altitude pulmonary edema." *Lancet* 1989(ii): 1241–3.
- Ratzin Jackson, C. G. and J. B. Sharkey** (1988). "Altitude, training and human performance." *Sports Med.* 6: 279–284.
- Saito S, S. H., Imai T, Futamata Y, Yamamori K** (1995). "Estimation of the degree of acclimatization to high altitude by a rapid and simple physiological examination." *International Archives of Occupational & Environmental Health* 67(5): 347–51.
- Sutton, J., G. Goates, et al.** (1992). *The Lake Louise Consensus on the Definition and Quantification of Altitude Illness.*, Queen City Printers, Burlington, Vermont 1992.
- Ward M, M. J., West J** (1994). *High altitude medicine and physiology.* London, Chapman and Hall.
- West, J. B., S. J. Boyer, et al.** (1983). "Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest." *J. Appl. Physiol.* 55(3): 688–698.
- West, J. B., S. Lahiri, et al.** (1983). "Barometric pressures at extreme altitudes on Mt. Everest: physiological significance." *J. Appl. Physiol.* 54: 1188–1194.
- Zafren, K. and B. Honigman (1997). "High-altitude medicine." *Emergency Medicine Clinics of North America.* 15(1): 191–222.