

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT

Tina Bantan

ANTROPOMETRIČNE SPREMEMBE NA VELIKI NADMORSKI VIŠINI  
diplomsko delo

Ljubljana, 2006



UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Gornišstvo z aktivnostmi v naravi

ANTROPOMETRIČNE SPREMEMBE NA VELIKI NADMORSKI VIŠINI

MENTOR

Doc. dr. Leskošek Bojan, prof. šp. vzg.

RECENZENT

Prof. dr. Ušaj Anton, prof. šp. vzg.

KONZULTANT

Izr. prof. dr. Burnik Stojan, prof. šp. vzg.

AVTOR DELA  
Tina Bantan

Ljubljana, 2006

## Zahvala

Zahvaljujem se mentorju, docentu dr. Bojanu Leskošek, izrednemu profesorju dr. Stojanu Burniku in vsem, ki so sodelovali pri diplomski nalogi.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij, bratu Primožu in fantu Leonu, ki mi je vseskozi dajal podporo.

## Antropometrične spremembe na veliki nadmorski višini

Tina Bantan

### Izvleček:

Na velikih, zelo velikih in ekstremnih nadmorskih višinah se razmere v okolju močno razlikujejo od razmer, ki jih je telo vajeno v nižinah. Bistven dejavnik je znižan zračni pritisk ter posledično manjša količina kisika, ki je v vdihanem zraku. V telesu se zaradi tega ruši ravnovesje, ki pa ga telo z različnimi uravnalnimi mehanizmi poskuša obdržati. Po izsledkih iz drugih raziskav se v večini primerov udeležencem na višini zmanjša telesna teža. V diplomski nalogi sem ugotavljala, kako so se antropometrične mere spremenile pri dveh odpravah, in sicer na Everest, 8848 metrov (18 alpinistov,  $37,5 \pm 7,5$  let) ter Gasherbrum II, 8032 metrov (6 alpinistov,  $45,8 \pm 6,7$  let). Pri obeh skupinah je prišlo do zmanjševanja antropometričnih mer. Telesna teža se je v prvi skupini v povprečju zmanjšala za 6, v drugi skupini za 8 kilogramov. Izguba mišične mase je bila v prvi skupini povprečno 3,7, v drugi skupini 3,6 kilogramov, izračunan delež mišične mase pa se je v prvi skupini zmanjšal za 0,8 odstotkov, v drugi skupini pa povečal za 0,1 odstotek. Vzrok temu je spremenjena sestava telesa, predvsem izguba maščobne mase ter s tem zmanjšan delež maščobne mase v prvi skupini za 4,8 in v drugi skupini za 2,9 odstotkov. Glede na začetno stanje so se odstotkovno najbolj zmanjšale kožne gube, in sicer v prvi skupini prsna (43%), suprailiakalna (37%), stegna (34%), v drugi skupini pa kožna guba trebuha (47%), suprailiakalna (43%) in prsna (40%).

Ključne besede: antropometrija, izguba telesne teže, velike višine, višinska bolezen, aklimatizacija, prehrana na velikih višinah.

**KAZALO**

<b>1. UVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. PREDMET IN PROBLEM TER NAMEN DELA.....</b>	<b>9</b>
2.1. SESTAVA TELESA .....	10
2.1.1. <i>Maščobno tkivo.....</i>	<i>10</i>
2.1.2. <i>Kostno tkivo.....</i>	<i>10</i>
2.1.3. <i>Mišično tkivo .....</i>	<i>11</i>
2.2. ANTROPOMETRIJA .....	12
2.3. ZNAČILNOSTI OKOLJA NA VELIKI VIŠINI IN ODZIV ORGANIZMA .....	14
2.4. VIŠINSKA BOLEZEN .....	18
2.5. AKLIMATIZACIJA.....	20
2.6. PREHRANA NA VELIKI VIŠINI .....	22
2.6.1. <i>Izguba telesne teže.....</i>	<i>22</i>
2.6.2. <i>Poraba in vnos energije v telesu.....</i>	<i>23</i>
2.6.3. <i>Ogljikovi hidrati .....</i>	<i>25</i>
2.6.4. <i>Maščobe.....</i>	<i>27</i>
2.6.5. <i>Beljakovine .....</i>	<i>28</i>
2.6.6. <i>Potrebe mikroelementov na veliki višini.....</i>	<i>29</i>
2.6.7. <i>Najprimernejša hrana na velikih višinah.....</i>	<i>30</i>
2.6.8. <i>Dehidracija.....</i>	<i>33</i>
2.6.9. <i>Želodčno črevesne težave .....</i>	<i>34</i>
2.7. DOZDAJŠNJE RAZISKAVE .....	34
<b>3. CILJI PREUČEVANJA S HIPOTEZAMI.....</b>	<b>37</b>
<b>4. METODE DELA.....</b>	<b>38</b>
4.1. VZOREC MERJENCEV .....	38
4.2. VZOREC SPREMENLJIVK .....	39
4.3. POTEK MERJENJA .....	40
4.3.1. <i>Potek prve odprave na Everest 1997 .....</i>	<i>40</i>
4.3.2. <i>Potek druge odprave na Gasherbrum II 2004 .....</i>	<i>40</i>
4.4. METODE OBDELAVE PODATKOV.....	41
<b>5. REZULTATI IN RAZPRAVA .....</b>	<b>42</b>
<b>6. ZAKLJUČEK.....</b>	<b>50</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>51</b>

## 1. UVOD

Odnos ljudi do visokih gora in do višje ležečih predelov, kjer so pogoji tako spremenjeni, da je ogroženo človekovo delovanje in obstoj, se tekom zgodovine in prostora zelo razlikuje. Človek se je v preteklosti gora bal in se jim zato izogibal. Vse pojave, ki jih ni znal pojasniti, je pripisoval bogovom, ki naj bi prebivali v gorah. V nekaterih predelih sveta, sploh v Himalaji, imajo tak odnos še danes, zato vsi, ki so namenjeni tja, poskušajo z daritvijo pomiriti bogove in si zagotoviti varnost in uspeh pri vzponu. Sčasoma se je človek začel zavedati koristi, ki mu jih višje ležeč svet nudi. Izkoriščal je pašnike, rude in naravna bogastva, se tja zatekal pred sovražniki, iskal prehode za potovanja. Kasneje se je izoblikovalo čustveno in duhovno doživljanje gora, zaradi česar so jih obiskovali predvsem izobraženci. V osemnajstem stoletju pa so se začeli pojavljati tako imenovani raziskovalci in osvajalci nekoristnega sveta. Kot glavni motivi za vzpone so prihajali v ospredje želja po pustolovščini, po obvladovanju nevarnih in tveganih dejanj, po odkrivanju novega, neznanega, doseganje izjemnih športnih dosežkov, želja po uveljavljanju, čustveno estetski motivi in še kaj, kar je prisotno tudi danes.

Ker človek vedno hoče doseči več, išče težje in bolj nevarne poti na vrhove, dalj časa vztraja na ekstremnih višinah, je zelo pomembno, da istočasno okolje, v katerega se podaja spoznava in s prilagajanjem upošteva njegove zakonitosti. Poleg tega športniki vedo, da za doseganje najboljših rezultatov in najboljše pripravljenosti ni dovolj le primeren trening, saj je enako pomembno, da upoštevajo tudi zakonitosti primerne prehrane. Za vse, predvsem pa za alpiniste na velikih in ekstremnih višinah je velikokrat odločilnega pomena za dosego cilja razumevanje povezave med količinsko in vsebinsko primerno prehrano ter zmožnostjo telesa za premagovanje telesnih naporov v danih ekstremnih okoliščinah. Predvsem v zadnjem času se veliko posveča celostnemu razumevanju in pojasnjevanju vplivov, ki delujejo na telo na velikih in ekstremnih nadmorskih višinah, odzivom in prilagajanju organizma na te zunanje vplive, spremenjenim potrebam organizma za čim boljše delovanje, kamor spada tudi prehranjevanje, kar bom v svoji nalogi bolj podrobno prikazala. V drugem delu bom preverjala, ali so zaradi gibanja in bivanja na ekstremnih višinah tekom dveh alpinističnih odprav nastale kakšne antropometrične spremembe in če so, interpretirala njihove značilnosti.

V slovenski literaturi je na to temo zelo malo podatkov, kar pa jih je so napisani na različnih mestih. Iz tega razloga je glavni namen prvega, monografskega dela diplomske naloge sistematičen in čim bolj celosten pregled področja zadrževanja in gibanja na povišanih nadmorskih višinah s poudarkom na prehranjevanju. Tako lahko služi kot priročnik tistim, ki se odpravljajo na večje višine.

V drugem, raziskovalnem delu sem ugotavljala nastale antropometrične spremembe po dveh uspešno opravljenih odpravah na osemtisočaka. Raziskava sama zase nam ne poda nekih novih zaključkov in vedenj. Tudi meritve, ki so bile izvedene ne pokrivajo problema izgube telesne teže na višini celostno. Vseeno pa lahko ti izsledki pripomorejo k bolj sistematičnemu in obsežnejšemu delu na raziskovalnem področju problematike izgube telesne teže na povišanih nadmorskih višinah v prihodnje.

Med pisanjem diplomske naloge sem se tudi sama udeležila manjše odprave, kjer smo se gibali na povišanih nadmorskih višinah. Tako sem vplive in probleme, opisane v nadaljevanju spoznala na lastni koži, kar mi je olajšalo oziroma delo bolj približalo.

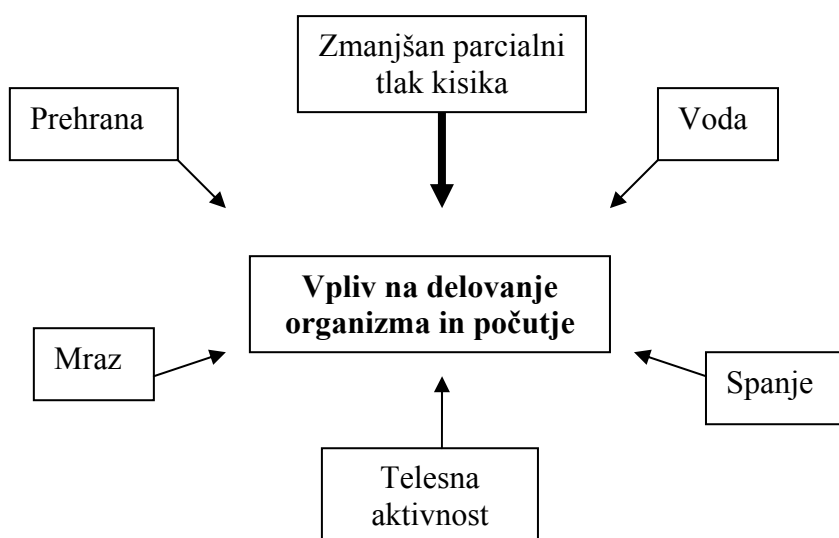
Na to tematiko je še veliko odprtih vprašanj, dosti nepojasnjenih vzrokov, odzivov, delovanja organizma v tem surovem okolju, ki ga pri vsaki odpravi poskušajo premagati. Raziskovalci so z dosedanjimi ugotovitvami marsikomu olajšali vzpone in bivanje na višini, morda komu rešili življenje. Vsaka nova ugotovitev pa predstavlja delček odgovora in upam, da bom s to diplomsko nalogo dodala svoj delček rešitve.



## 2. PREDMET IN PROBLEM TER NAMEN DELA

V zadnjem času je poleg alpinistov tudi veliko turistov in avanturistov, ki se odpravljajo na vzpone na velike višine. Tam se srečajo z neprijaznim okoljem, pomanjkanjem hrane in pijače, mrazom, velikimi telesnimi in psihičnimi napori in drugimi težavami, ki otežujejo gibanje in delovanje. Med drugim se večina alpinistov srečuje z veliko izgubo telesne teže, kar vključuje tako izgubo maščobne kot mišične mase. To zmanjšuje telesno zmogljivost, kar vpliva na sposobnost in zmožnost premagovanja naporov in doseganja zastavljenih ciljev. Poraba energije se pri vzpenjanju in plezanju na velikih višinah zelo poveča, vnos le-te pa je velikokrat minimalen, kar je posledica izgube apetita, težji dostopnosti ter priprave hrane in tekočine. Energijsko bilanco, pri kateri je na eni strani poraba dnevne energije ter na drugi strani vnos energije v telo, je pri tovrstni dejavnosti skoraj nemogoče spraviti na pozitivno vrednost. Da lahko pri vseh teh negativnih vplivih okolja na veliki višini ter težjim življenjskim pogojem (slika 1) človek čim bolje funkcioniра, premaguje velike napore in osvaja zahtevne vrhove, mora biti z njimi čim bolj seznanjen, jih upoštevati in kar se da omiliti.

**Slika 1:** Različni dejavniki, ki vplivajo na delovanje organizma in dobro počutje na velikih višinah.



## **2.1. SESTAVA TELESA**

Telo je zgrajeno iz vode, proteinov, ogljikovih hidratov, maščob, različnih vitaminov in mineralov. Model, ki telo razdeli v dve komponenti, loči telo na mastni del in nemastni del oziroma pusto telesno maso.

Pusta telesna masa (telesna masa brez maščobe) zajema mišično maso, kostno maso, ligamente, kite in notranje organe. Je v tesni povezavi z energijskimi potrebami organizma in je pomembnejši antropometrični parameter kot celotna telesna masa.

### **2.1.1. Maščobno tkivo**

Mastni del predstavlja maščoba v telesu, ki se pojavlja v dveh oblikah, esencialni in neesencialni. Esencialna oziroma bistvena je nujno potrebna za normalno fiziološko delovanje organizma. Nahaja se v vseh organih in v centralnem živčnem sistemu. Predstavlja 3-5 odstotkov celotne teže telesa. Neesencialna oziroma rezervna maščoba pa se kopiči po celem telesu. Večji del se jo kopiči pod kožo, nekaj pa tudi v trebušni votlini okrog notranjih organov in v rumenem kostnem mozgu. Njena funkcija je izolacija telesa, zaščita pred poškodbami in je vir energije. Različni avtorji navajajo, da je minimalen odstotek maščobne mase, ki še zagotavlja nemotene telesne funkcije, 5 odstotkov pri moških in 12 odstotkov pri ženskah. Povprečen odstotek telesne maščobe pa je pri odraslih moških od 15 do 18 odstotkov, pri ženskah pa 22 do 25 odstotkov. Po 20 letu starosti se pri povprečnem posamezniku na vsakih deset let poveča maščobna masa za 1 do 3 odstotke. Po 60 letu pa se postopoma zmanjšuje (Kravitz & Heyward, 1992).

### **2.1.2. Kostno tkivo**

Skelet daje telesu oporo in v glavnem obliko, na njem so nameščene mišice. Vseh kosti v telesu je približno 200 in jim pripada 20 odstotkov telesne teže. Na razvitost kosti vpliva tudi jakost mišic. S krepitvijo mišic postajajo kosti debelejšje in močnejše. Kostno tkivo je trdno in prožno obenem, odvisno od naloge posamezne kosti. Kost je zgrajena iz kostnega tkiva, odeva jo pokostnica, sklepne površine pa hrustanec. Kostni mozeg, ki zapolnjuje kostne votline je rdeči (pri odraslem predvsem v kosteh trupa) in rumeni. Prvi je krvotvoren in v

njem nastajajo vse vrste krvnih celic, predvsem rdeče. Kostno tkivo ima pri odraslem človeku najbolj konstantno težo. Nanj imamo zelo malo vpliva. Pri starejših se kostna masa začne manjšati, in sicer 2 odstotka na deset let.

### **2.1.3. Mišično tkivo**

Kljub temu, da se večinoma mišice deli na posamezne enote (biceps, triceps), pa skeletne mišice skupaj predstavljajo največji organ v telesu. Predstavljajo 30 do 50 odstotkov telesne teže. S treningom in prehrano lahko močno vplivamo na spreminjanje mišične mase v telesu. Med spoloma se razlikuje razporeditev ter celotna količina mišične mase. Janssen s sodelavci je v svoji raziskavi ugotovil, da je pri ženskah za povprečno 36 odstotkov manj mišične mase kot pri moških. Delež mišične mase glede na celotno težo se glede na leta hitro zmanjšuje. Pri normalni populaciji se začne zmanjševati po 30 letu starosti, po 50 je izgubljanje teže na račun mišične mase še večje.

Za določanje mišične mase se najbolj pogosto uporablja merjenje kožnih gub in obsegov okončin. Ta pristop zahteva izbiro mišičnih skupin s predpostavko, da specifična meritev odraža maso merjene mišice in da je masa ocenjene mišične skupine oziroma mišičnih skupin sorazmerna z mišično maso celega telesa (Lukaski, 1997).

## 2.2. ANTROPOMETRIJA

Morfološka antropometrija je metoda za merjenje človeškega telesa ter obdelavo in preučevanje dobljenih rezultatov. Antropometrija izvorno pomeni merjenje razsežnosti človeškega telesa. Uporablja se na različnih področjih, in sicer v športu in športni medicini, pediatriji in šolski medicini, za spremljanje rasti otrok in mladine, v ergonomiji in industriji, kot tudi za znanstvena spremljanja morfoloških značilnosti telesa tekom rasti in razvoja, trenajnega procesa, za ugotavljanje povezanosti telesnih dimenzij z drugimi antropološkimi karakteristikami ter za analizo populacijske strukture. V okviru športa in športne medicine morfološka antropometrija omogoča selekcijo kandidatov za določen šport, spremljanje in razvoj trenajnega procesa, objektivno ocenjevanje razvoja telesa, spremljanje napredka športnika pri rehabilitaciji. V našem primeru smo s pomočjo antropometričnih meritev spremljali in ugotavljali stanje ter spremembe telesnih proporcev, nastalih po alpinističnih odpravah na ekstremnih višinah.

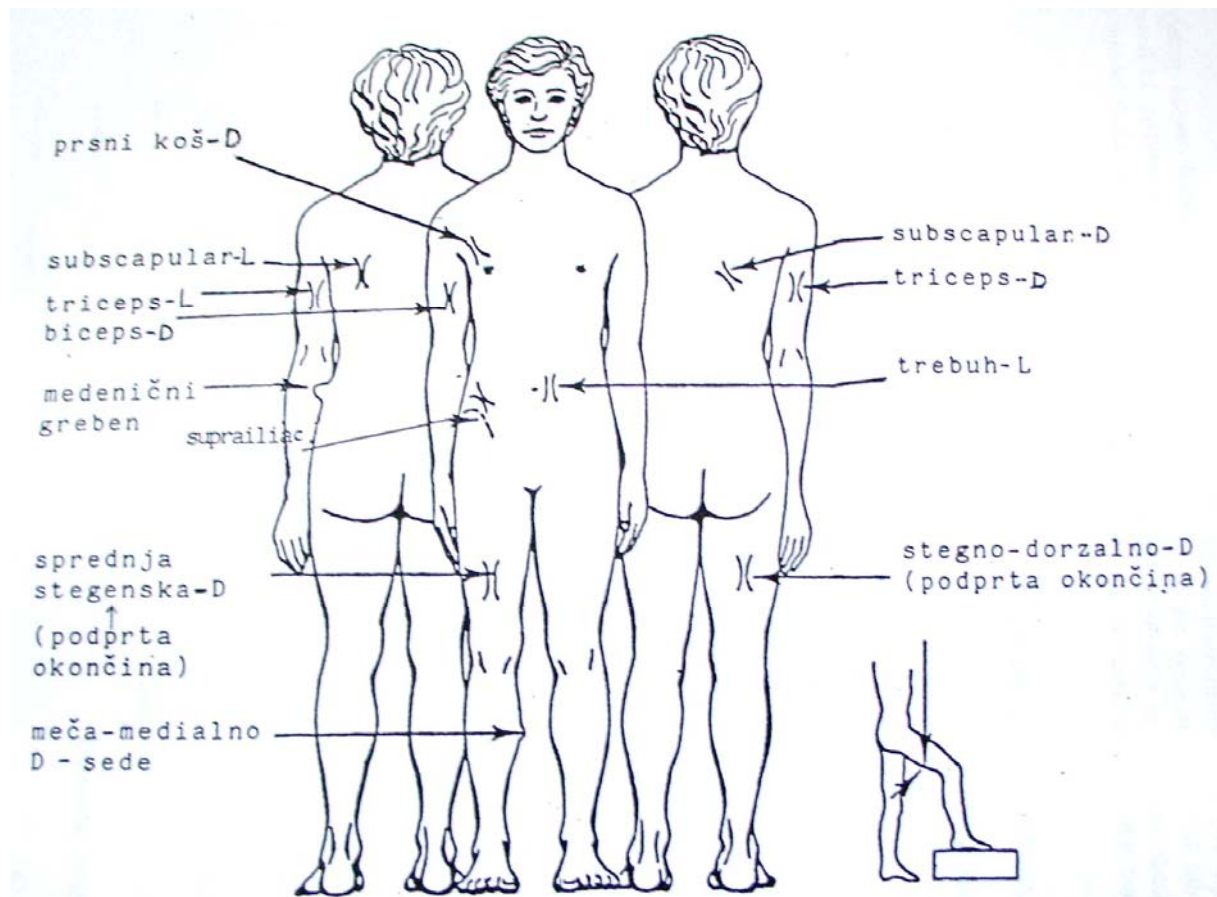
Funkcionalno – diagnostični postopek za športnika največkrat zajema morfološko antropometrijsko merjenje, testiranje funkcionalnih sposobnosti, utrjevanje motoričnih sposobnosti in psihološko testiranje (Mišigoj, 1995).

Ker le enotna osnovna metoda proučevanja omogoča kasnejšo sintezo in primerjavo rezultatov, dobljenih v različnih laboratorijih, so določene propozicije za antropometrična merjenja z internacionalnim biološkim programom (International Biological Program – IBP). Program določa pogoje merjenja, instrumentarij, antropometrične točke, antropometrične mere in tehniko merjenja. Opisanih je 39 antropometričnih mer, in sicer mere, ki predstavljajo longitudinalno dimenzionalnost skeleta (telesne višine - stoje, sede, dosežna, telesna masa, dolžine zgornje in spodnje okončine ter širine kosti in sklepov), mere, ki predstavljajo volumen in maso telesa (telesna masa ter obsegi zgornje in spodnje okončine) in mere, ki predstavljajo podkožno maščevje (kožne gube) (Lasan, 1987).

Uporaba in izvedba antropometričnih meritev je hitra, preprosta in poceni metoda za določanje in ugotavljanje sestave telesa. Z uporabo standardnih inštrumentov se na določenih točkah izmerijo dolžine, širine, obsegi in kožne gube. Metodologija temelji na predpostavki, da je maščobno tkivo porazdeljeno večinoma v pasu, na hrbtu in stegnu. Mišično tkivo pa reprezentirajo večje mišične skupine zgornje in spodnje okončine. Z meritvami in preko

izračunov so dobljeni deleži kostne, mišične in maščobne mase. Čeprav nam da uporaba antropometričnih meritev in izračunov razmeroma reproductivne vrednosti, pa obstaja možnost napak. Pri izračunu maščobne mase s pomočjo merjenja kožnih gub, ki so prikazane v sliki 2, nastane v primerjavi s podvodnim tehtanjem napaka v višini  $\pm 3$  odstotkov (Gruber, 1990).

**Slika 2:** Mesta merjenja kožnih gub (Ross & Wilson, 1974, povzeto po: Bravničar, 1994).



S pomočjo antropometrije lahko določimo telesno, maščobno, mišično in kostno maso telesa. Z oceno telesne mase lahko orientacijsko določimo energijsko-beljakovinsko stanje telesa, če predpostavljamo, da je največ energije uskladiščene prav v maščevju in mišicah. Ta energija je organizmu tudi vedno na razpolago; drobovina in kostna masa telesa pa ostajata razmeroma nespremenjeni (Kocijančič, 1993).

### 2.3. ZNAČILNOSTI OKOLJA NA VELIKI VIŠINI IN ODZIV ORGANIZMA

Velika višina, v kontekstu visokih gora, se nanaša na nadmorske višine nekako med 2500 metri (nizki alpski vrhovi) in 8848 metri (najvišja točka na Zemlji, vrh Mount Everesta). To lahko nadalje razdelimo na veliko nadmorsko višino od 2400 do 4300 metrov, zelo veliko nadmorsko višino od 4300 do 5500 metrov (na višini 5500 metrov so običajno višinski tabori) ter ekstremno nadmorsko višino 5500 metrov in več (Burnik, 2003).

Z nadmorsko višino se drastično spremenijo tudi razmere okolja, ki življenje in aktivnosti na višini zelo otežijo oziroma onemogočijo. Za to sta najbolj odločilna znižan zračni pritisk (prikazan v tabeli 1) ter posledično manjša količina kisika, ki je v vdihanem zraku.

**Tabela 1:** Normne (standardne) vrednosti zračnega tlaka  $p_a$ , temperature  $t$  in gostote  $\rho$  pri različnih nadmorskih višinah (po ICAO – International Civil Aviation Organization) (Kraut, 1993).

Nadmorska višina (m)	Zračni pritisk (mb)	Relativen pritisk (%)	Temperatura zraka (°C)	Gostota zraka (kg/m <sup>3</sup> )
0	1013	100,0	15,0	1,225
500	954			1,167
1000	899	88,7	8,5	1,111
1500	845			1,060
2000	795	78,5	2,0	1,007
2500	737			0,945
3000	701	69,2	-4,5	0,910
4000	616	60,8	-11,0	0,819
5000	540	53,3	-17,5	0,736
6000	472	46,6	-24,0	0,660
7000	411	40,5	-30,5	/
8000	356	35,1	-37,0	0,526
9000	307	30,3	-43,5	/
10000	264	26,1	-50,0	0,413

Atmosferski zrak vsebuje 20,95 odstotkov kisika. Naš metabolizem zahteva povprečno 15 litrov kisika na uro (0,25 litra kisika na minuto), kar bi bilo ekvivalentno 75 litrom zraka pri normalnem zračnem tlaku. Potreba metabolizma po kisiku pa lahko med aktivnostjo naraste od tri do štiri litrov na minuto, pri ekstremnih naporih, kot so vzpenjanje in plezanje s težkim nahrbtnikom pa še več (Pardoe & Pardoe, 2003).

Na višini 4000 metrim je v enem litru zraka prav tako 20,95 % kisika, kot na ravni morske gladine (razmerje v zraku ostaja nespremenjeno do približno 90.000 kilometrov visoko v atmosferi), vendar vsebuje zaradi stisljivosti plinov v zraku, na kar vpliva nižji zračni pritisk, v primerjavi z zrakom na morski gladini le 63% molekul kisika (Napier & West, 1996). Prav zmanjšan parcialni tlak kisika v zraku je neposredni vzrok za večino zdravstvenih težav na povečani nadmorski višini.

Kisik preide iz zraka do krvnih celic s pomočjo difuzije skozi difuzijsko membrano pljučnih mešičkov v kri, kjer se veže na molekule hemoglobina in tako potuje do vseh tkiv in celic v telesu. Pogoji, da pride do difuzije kisika je razlika parcialnih tlakov kisika v pljučnih mešičkih in v pljučnih kapilarah (venska kri v pljučnih kapilarah) (Bravničar – Lasan, 1996). Ker je zrak v pljučih nasičen z vodnimi delci, se tlak kisika v vdihanem zraku z večanjem nadmorske višine niža hitreje kot zračni tlak.

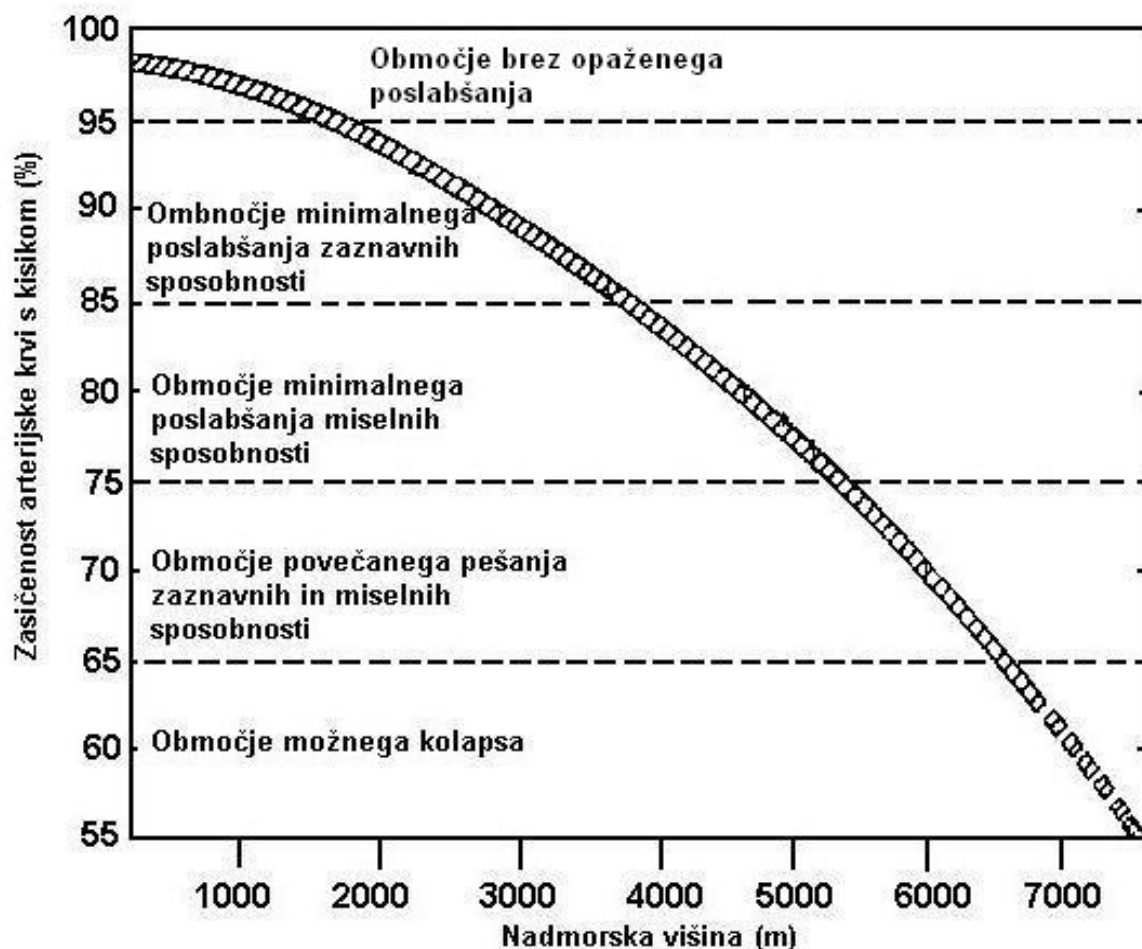
Ker z višino pada zračni tlak in z njim delni tlak kisika v vdihanem zraku, se tudi manjša razlika parcialnih tlakov kisika v pljučnih mešičkih in v pljučnih kapilarah. Posledica tega je nižji tlak kisika v arterijski krvi. Organizem se na to odzove z različnimi uravnalnimi mehanizmi, potrebno pa je poudariti, da se lahko ti odzivi na spremembe med posamezniki močno razlikujejo. Eden izmed njih je povečanje ventilacije (volumen predihanega zraka v časovni enoti), s čimer je dovod kisika v pljuča večji (Haymes & Wells, 1986). Po nekaj dneh izpostavljenosti višini lahko znaša 60 odstotkov več kot na ravni morske gladine. Istočasno pa se poveča tudi izplavljanje ogljikovega dioksida iz telesnih tekočin, poruši se kislo bazično ravnovesje in telo postane bolj alkalno. Ledvici se na to odzoveta s povečanjem izločanja bikarbonata, ki je alkalna substanca, v urin.

Da bi se razlika parcialnih tlakov kisika v pljučnih mešičkih in v pljučnih kapilarah povečala, se v pljučih pljučne kapilare stisnejo in tako povečajo upor toku krvi skozi pljuča. V pljučnem krvnem obtoku naraste tlak, izmenjava plinov je učinkovitejša, vendar nastopi nevarnost prestopa tekočine iz pljučnih kapilar v medcelični prostor, kar povzroči nastanek pljučnega edema.

Eden izmed pokazateljev, koliko kisika je v telesu na razpolago je zasičenost arterijske krvi s kisikom, procent vezanih molekul hemoglobina, ki nosijo kisik. Zasičenost krvi s kisikom začne padati takoj ob izpostavljenosti povišani nadmorski višini. Po nekaj dneh na višini se

telo aklimatizira in na višini 5000 metrov se nasičenost iz začetnih 75 odstotkov poveča na 85 odstotkov (Napier & West, 1996). Manjša količina kisika v arterijski krvi in posledično v tkivih povzroča utrujenost, slabost, manjšo delovno zmožnost mišic ter poslabšanje zaznavnih in miselnih sposobnosti, kar prikazuje slika 3.

**Slika 3:** Odnos med povprečno zasičenostjo arterijske krvi s kisikom in nadmorsko višino ter spreminjanje zaznavnih in miselnih sposobnosti pri neaklimatiziranih posameznikih (Napier & West, 1996).



Na zmanjšano količino kisika, ki pride do tkiv se odzove tudi srce in s povečanjem srčnega utripa prečrpa večjo količino krvi. Zato je na začetku izpostavljenosti višini srčni utrip višji, kot na ravni morske gladine. S prilagoditvijo se, razen na ekstremnih višinah, srčni utrip spusti na normalno vrednost, maksimalen srčni utrip pa ostaja nižji. Z maksimalnim srčnim utripom je pogojena meja, ki določa stopnjo oziroma obseg zmožnosti telesa opravljati težko aerobno delo. Zaradi nižjega maksimalnega srčnega utripa, so zmanjšane tudi delovne sposobnosti organizma (Haymes & Wells, 1986). Količina krvi, ki teče skozi možgane, se



poveča, da zadosti potrebo možganov po kisiku, to pa lahko povzroča glavobole. Učinek pomanjkanja kisika v možganih je pogosto opisan kot blaga omamljenost. Povzroči lahko zmanjšane miselne sposobnosti, kratkotrajen spomin, zmožnost koncentracije, občutljivost oči na svetlobo, matematično sklepanje, razsodnost (Napier & West, 1996). Z aklimatizacijo se te sposobnosti izboljšujejo.

Kisik se v krvi veže na hemoglobin in tako potuje do vseh tkiv. Na en gram hemoglobina se lahko ob polni zasičenosti veže 1,34 mol kisika. Količina kisika, ki je v krvi je odvisna od stopnje zasičenosti in od količine hemoglobina. Na višini morske gladine je zasičenost hemoglobina s kisikom 96 odstotkov, z višino zasičenost pada (na 4300 metrih je 82 odstotna) (Haymes & Wells, 1986), kar se vidi iz slike 3. Zaradi zmanjšane zasičenosti krvi s kisikom pride do tkiv manj kisika, zaradi česar začne kostni mozeg proizvajati dodaten hemoglobin. To poveča količino kisika, ki je v decilitru krvi. Koncentracija hemoglobina se začne povečevati po dveh dneh izpostavljenosti višini, po enem tednu na 3940 metrov se poveča za 20 odstotkov. Istočasno pa se za 14 odstotkov zmanjša volumen plazme. Kri postane bolj viskozna (Buskirk et al., 1967; povzeto po: Haymes & Wells, 1986), to pa v povezavi z dehidracijo in mrazom poveča nevarnost ozeblin. Ker povečana količina hemoglobina omogoča večjo količino kisika, ki pride do tkiv, se v nekaj dneh zniža proti normalnim vrednostim tudi srčni utrip in količina prečrpane krvi. V krvnih celicah se po prvih 24 urah na višini povečuje koncentracija 2,3 difosfoglicerata (2,3 DPG), ki pomaga pri razpadu oksihemoglobina. S tem se v tkivih izmenja večja količina kisika (Harriss et al., 1998).

Skupaj z velikimi višinami je prisoten tudi mraz, ki je lahko še dodatno podkrepjen z vetrom. Pri izpostavljenosti hladnemu okolju lahko telo izgublja toploto s sevanjem, znojenjem, s toplotnim prevajanjem in konvekcijo. Telo preko mehanizma termoregulacije vzdržuje telesno toploto, zmanjša izgube ter proizvaja izgubljeno oziroma nadomestno toploto. Dva glavna odziva na mraz pri človeku sta vazomotorni odziv (zožitev žil na mrazu), ki preprečuje oziroma zmanjšuje toplotne izgube in metabolično uravnavanje toplote, ki toploto proizvaja. Kontraksije skeletnih mišic (zavedne v obliki mišičnega dela ali nezavedne kot dregetanje mišic) so največji izvor toplote. Proizvodnja toplote pa poveča porabo kisika ter istočasno porabo energije, količina pa je odvisna od mišične mase, vključene v dregetanje oziroma delo in od trajanja ter silovitosti dela.

Količina in kvaliteta spanja sta na višini pomembna faktorja, ki kažeta, ali se je posameznik

dobro aklimatiziral. Motnje spanja so povezane s trajanjem ter višino izpostavljenosti. Na zelo veliki in ekstremni višini se lahko pojavlja zbujanje od 30 do 40 krat na noč. Razlog tega naj bi bilo neritmično, periodično dihanje, ki se pojavlja ponoči. Običajno nastopi po nekaj vdihih premor, ki lahko traja do petnajst sekund. Če premor traja dalj časa, se oseba zbudi. Zaradi neritmičnega dihanja je med spanjem zmanjšana tudi ventilacija, kar povzroči padec v nasičenju krvi s kisikom pod povprečno vrednost. Stopnja hipoksije, ki jo telo občuti med spanjem, ustreza višji višini kot je dejanska višina spanja (Napier & West, 1996). To je osnova za znano alpinistično pravilo »hodi višje, spi nižje«. Čas spanja je zmanjšan za petdeset odstotkov, prav tako je za petkrat zmanjšano spanje REM (rapid eye movement), v tej fazi telesno mišičevje izgubi tonus, imenujemo ga tudi aktivno spanje. To lahko traja več tednov. Moteno spanje vpliva na povečano zaspanost, spremembe razpoloženja tekom dneva ter zmanjšanje apetita. Hackett in Roach (2001<sub>a</sub>) priporočata posameznikom, ki imajo velike probleme s spanjem, da pred spanjem vzamejo tablete diamox (125g). Omilijo periodično dihanje, izboljšajo prekrvavitev in so uporabni kot sredstvo za boljše spanje pred aklimatizacijo.

## 2.4. VIŠINSKA BOLEZEN

Drugačno okolje, kateremu so izpostavljeni vsi na veliki višini, je vzrok za nastanek različnih bolezenskih znakov, ki se kažejo na telesnem in duševnem stanju. Vsi ti znaki označujejo višinsko bolezen. Glavni vzrok za te težave je pomanjkanje kisika v zraku in posledično v telesnih tkivih. Poznane so tri oblike višinske bolezni, in sicer akutna višinska bolezen, višinski pljučni in višinski možganski edem.

Akutna višinska bolezen je najpogostejša in najmanj nevarna oblika višinske bolezni. Ali se bo pojavila je odvisno od hitrosti vzpenjanja, dosežene nadmorske višine, višine, na kateri oseba spi in od posameznikovega odziva telesa (Barry & Pollard, 2003). Pri akutni višinski bolezni se pojavijo glavobol, otekline oziroma periferni edemi, slabo počutje, utrujenost, izguba teka in ravnatežja, vrtoglavica, slabost, bruhanje, motnje spanja in zmanjšano izločanje urina. Ti simptomi se pojavijo posamezno ali skupaj. Običajno se razvijejo šest do deset ur po vzponu, lahko tudi po eni uri. Redko se pojavi pod 2000 metrov nadmorske višine. Iz poročil o pogostosti bolezni lahko pričakujemo, da bo občutilo simptome akutne višinske bolezni že na višini 2600 metrov 20 odstotkov ljudi, na višini 5000 metrov pa več kot 50 odstotkov. Ljudje nad 50 let so nekoliko manj dovzetni za simptome akutne višinske bolezni kot mlajši.

(Hackett & Roach, 2001<sub>b</sub>). Veliko avtorjev navaja, da dobra telesna pripravljenost ni zagotovilo oziroma zaščita pred akutno višinsko boleznijo. Za večino, ki občutijo malce močnejši glavobol, ni potrebno posebno zdravljenje. Za resnejše primere je priporočljiv počitek in sestop na nižjo višino, saj lahko akutna višinska bolezen napreduje v višinski možganski ali pljučni edem. Napier in West (1995) navajata tablete diamox kot učinkovito sredstvo za odpravo simptomov akutne višinske bolezni. Opozarjata pa tudi na stranske učinke tablet, in sicer povečano izločanje urina, mravljinčavost prstov in pust okus v ustih. Proti glavobolu ali kot preventiva je primeren analgetik kot je aspirin, acetaminophen in ibuprofen (Hackett & Roach, 2001<sub>a</sub>).

Višinski pljučni edem je med višinskimi boleznimi najbolj nevarno stanje. Pljuča se zaradi povečanega prehoda tekočine iz krvnega obtoka v medcelični prostor med pljučnimi alveolami napolnijo s tekočino. Povečan pritisk v pljučnih arterijah lahko poškoduje stene kapilar. Prestop kisika iz alveol v pljučne kapilare je zelo zmanjšan. Ponavadi se pojavi drugo noč na povečani višini, po več kot štirih dneh pa je pojav pljučnega edema manj verjeten zaradi prilagoditvenih celičnih in biomehaničnih sprememb v pljučnih kapilarah (Krasney, 1994). Prvi znaki so pomanjkanje sape, pospešeno dihanje, povečan pulz, slabše fizične sposobnosti, suh in kasneje moker kašelj, splošna utrujenost, kasneje pomodrelost (cianoza), zmanjšana možganska funkcija, lahko tudi smrt (Burnik, 2003). Pogosta je povišana telesna temperatura do 38°C. Stanje se ponoči pogosto poslabša. Prvi ukrep je takojšen sestop na nižjo nadmorsko višino. Pritisk v pljučnih arterijah zmanjša dihanje dodatnega kisika za 30 do 50 odstotkov (Hackett & Roach, 2001<sub>b</sub>). Če kisik ni na voljo, je primerno zdravilo nifedipine, ki tudi zmanjšuje pritisk (Napier & West, 1996).

Višinski možganski edem nastane zaradi nepretrgane vazodilatacije (krčenja žil), poslabšanega samonadzora možganov, povečanega pritiska v možganskih kapilarah, zaradi česar pride do otekanja možganskega tkiva in posledično povečanega pritiska na možgane (Krasney, 1994). Pogosto se začne kot akutna višinska bolezen, s simptomi glavobola, slabosti, izgube apetita in bruhanja, kasneje pa napreduje, klinična slika je še bolj jasna, pojavi se ataksija oziroma nekoordiniranost gibov in mišic, nerazumnost, težave z zavestjo in halucinacije. Oseba s to diagnozo mora takoj sestopiti, prejeti dodaten kisik ter zdravilo dexamethasone (Napier & West, 1996).

Če hiter sestop ni mogoč ali so tabori postavljeni zelo visoko, je uporabno sredstvo za prvo pomoč pri težjih oblikah višinske bolezni vreča Gramow. Narejena je iz impregnirane tkanine,

je lahka in velika za manjši nahrbtnik. Oboleli pacient je znotraj vreče, ki se ročno napihne in tako poveča pritisk nanj. S tem se pacienta umetno spusti na manjšo višino ter poveča pritisk in koncentracijo plinov v zraku (Burnik, 2003).

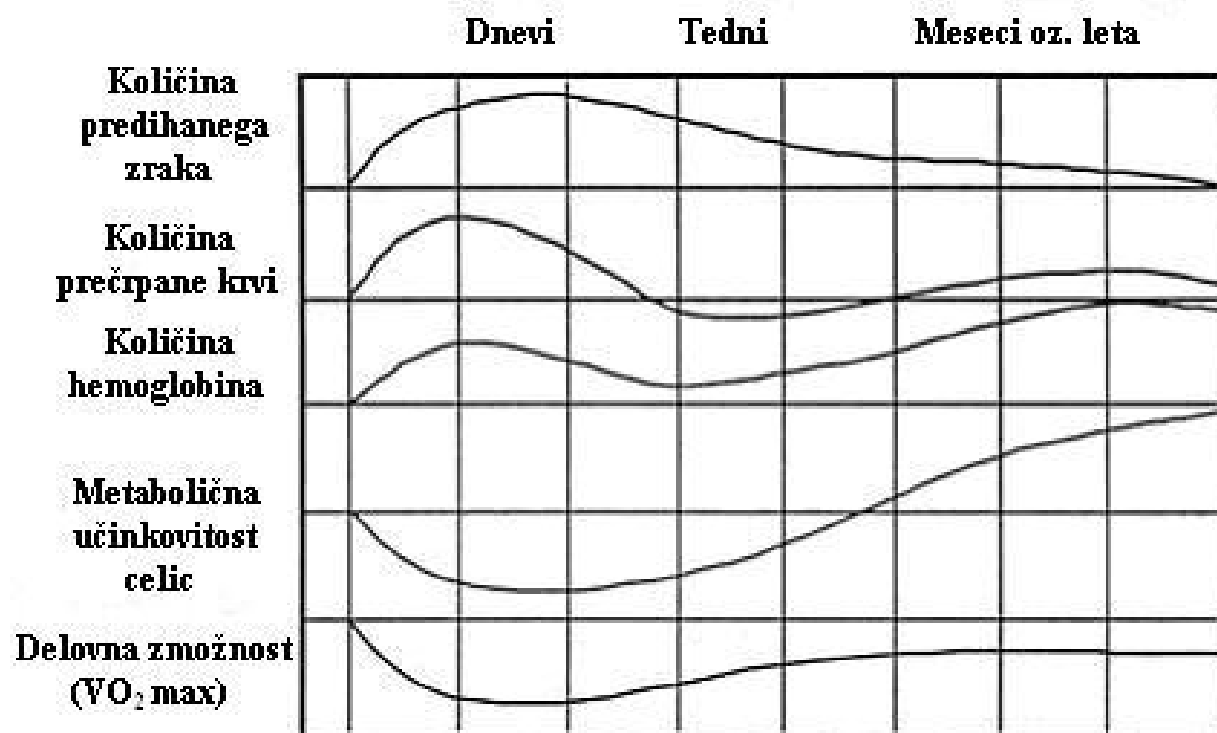
Za preprečitev nastanka višinske bolezni je najboljši način postopno vzpenjanje, da se telo bolj aklimatizira. Priporočeno je, da se nad višino 2500 metrov višina, na kateri posameznik spi, ne poveča za več kot 600 metrov na dan. Pri vzponu do 1200 metrov naj bi se namenil dodaten dan za aklimatizacijo. Pri primerjavi vzpona na 3500 metrov v eni uri ter postopnega vzpona v štirih dneh, se je pri slednjem pojav simptomov akutne višinske bolezni zmanjšal za 41 odstotkov (Purkayastha et al., 1995).

## 2.5. AKLIMATIZACIJA

Aklimatizacija pomeni v alpinizmu prilagajanje človeka na višino. V telesu se ob vzponu na povišane nadmorske višine sproži vrsto fizioloških sprememb in procesov že omenjenih v poglavju 2.3. za prilagoditev spremenjenim razmeram in povečanje oskrbe tkiv s kisikom. Na hipoksično okolje se telo odzove s povečano pljučno ventilacijo, adaptacijo v srčno žilnem sistemu, ki poveča količino dostavljenega kisika tkivom in spremembami v tkivih, ki omogočajo boljše izločevanje kisika in učinkovitejšo izrabo kisika za metabolične procese (Neubauer, 2001). Ti adaptacijski procesi so najbolj izraženi v prvem tednu bivanja na višini. Po približno desetih dneh naj bi bili 80 odstotno prilagojeni na drugačno okolje. Razlogi, zakaj se posamezniki dobro aklimatizirajo in drugi ne, niso pojasnjeni. Dobra telesna pripravljenost ni zagotovilo za dobro aklimatizacijo. Če je oseba že bila na povišani višini in ni imela večjih težav je večja verjetnost, da se pri ponovni izpostavljenosti težave ne bodo pojavile, vendar tudi to ni zagotovilo. Po sestopu na nižje nadmorske višine se aklimatizacijske prilagoditve telesa izgubijo v približno enakem časovnem obdobju, kot so bile pridobljene.

Potreba tkiv po kisiku je enaka kot na morski površini. Da se kljub zmanjšani količini kisika v zraku oziroma zmanjšanemu parcialnemu tlaku kisika tej potrebi zadosti, se poveča frekvenca in globina dihanja. Pospesi se tudi obtok krvi, kar povzroči pospešeno bitje srca. V pljučih se stisnejo pljučne kapilare in povečajo upor toku krvi, kar omogoča difuzijo plinov kljub spremembi parcialnih tlakov. Kostni mozeg začne pospešeno proizvajati rdeča krvna telesa (že po petih dneh prilagoditvenih procesov), v tkivih se pojavi pospešena rast kapilar (Burnik, 2003). Potek teh sprememb je prikazan na sliki 4.

**Slika 4:** Približna velikost, smer in časoven potek sprememb, ki se pojavijo tekom aklimatizacije na 4267 do 4572 m (Bernadette, 1996).



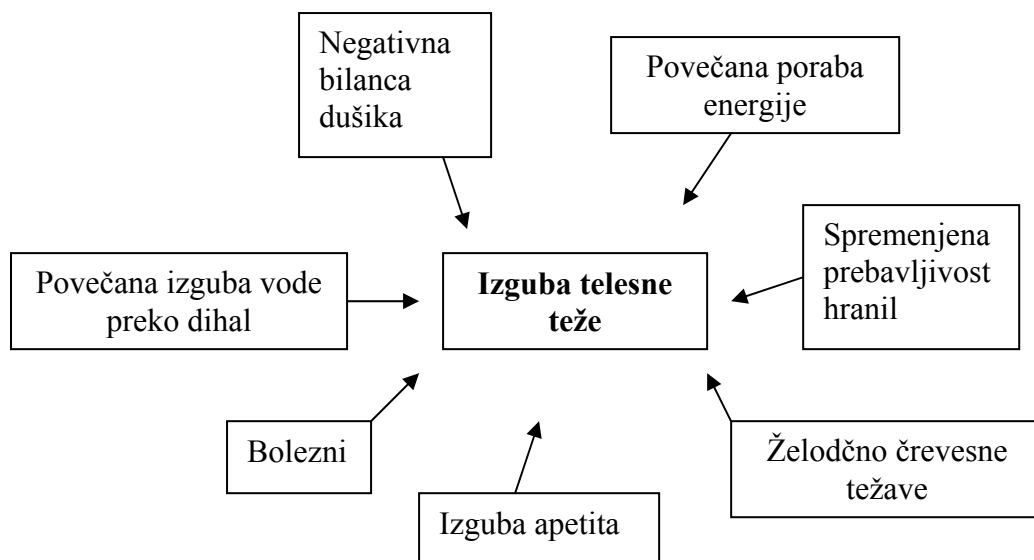
Pugh je ugotavljal, da se je pri daljšem bivanju na višini nad 5200 metri (znanstveniki so na svojih ekspedicijah preživeli šest mesecev na višini 5800 metrih, alpinisti pa več tednov na višini 6500 metrov) aklimatizacija zaustavila in so se fizične sposobnosti začele slabšati. Pri skupini, ki je preživela šest mesecev na višini 5800 metrov je bilo opazno tudi konstantno izgubljanje na telesni teži. Haymes zato priporoča, da je bolje, da se čim bolj aklimatizira na višinah do 5200 metrov in šele nato vzpenja in osvaja višje vrhove.

## 2.6. PREHRANA NA VELIKI VIŠINI

### 2.6.1. Izguba telesne teže

Skoraj vsem ljudem se na veliki višini zmanjša telesna teža. Tako kaže tudi večina študij, pri katerih se je, kljub posebni skrbi in pozornosti namenjeni vnosu primerne hrane, teža na višini konstantno zmanjševala. Obseg izgube telesne teže na višini je v določeni meri odvisen od trajanja bivanja na višini, zahtevnosti vzpona in končne dosežene višine. Pri mnogo različnih raziskavah je bila povprečna izguba teže 200 gramov na dan. Ta izguba zajema tako maščobno, kot tudi mišično maso. Za alpinista lahko to predstavlja veliko oviro. Posledično se zmanjša odpornost na mraz, poveča se utrujenost, pride do zmanjšanja fizičnih sposobnosti in psiholoških sprememb, kot na primer povečane razdražljivosti. Dejavniki, ki na to vplivajo so zajeti v sliki 5.

*Slika 5: Dejavniki, ki se pojavijo na višjih nadmorskih višinah in vplivajo na zmanjševanje telesne teže.*



Potreba po energiji se na veliki višini poveča za 15 do 50 odstotkov v primerjavi s potrebo po energiji za enako delo na nizki nadmorski višini. Višina, mraz ter naporne fizične aktivnosti lahko dvignejo porabo energije do 6000 kalorij dnevno. Vnos hrane pa se ponavadi zmanjša, predvsem zaradi pomanjkanja apetita, omejenih količin dostopne hrane ter težjemu

pripravljanju obrokov. Prve tri do štiri dni na veliki višini so prisotni tudi simptomi akutne višinske bolezni (AVB) in je vnos hrane in pijače še dodatno moten. Vendar pa ostaja apetit zmanjšan tudi, ko ostali simptomi AVB prenehajo in potreben je manjši vnos hrane, da se doseže občutek sitosti. Večja kot je višina, večji je padec apetita.

Nekaj raziskav, kjer je bila merjena bilanca dušika je pokazalo, da je zmanjšanje telesne teže v povezavi s povečanjem izločanja dušika oziroma negativno dušikovo bilanco. Butterfield s sodelavci (1992) domneva, da se lahko padcu v bilanci dušika izogne z energijsko zadostno prehrano. Pri poskusu so bili testiranci na višini morske gladine v dušikovem ravnovesju. Med prvim tednom izpostavljenosti višini 4300 metrov, ko je bil vnos energije enak kot prej, je bila bilanca dušika negativna, pojavilo se je izgubljanje teže. S povečanjem vnosa energije, ki je zadostil povečani porabi (400 kcal/dan več kot na višini morske gladine), je dušikova bilanca postala pozitivna in ostala v ravnovesju do konca tri tedenskega bivanja na višini. Pri vseh se je izgubljanje teže upočasnilo, pri štirih od sedmih udeležencev pa popolnoma ustavilo (Butterfield et al., 1992).

Boyer in Blume (1984) v raziskavi na odpravi na Mount Everest ugotavljata, da povečana telesna aktivnost močno vpliva na izgubo telesne teže na veliki nadmorski višini, medtem ko so na ekstremni nadmorski višini glavni razlogi za izgubo teže motnje v absorpciji snovi ter katabolizem beljakovin.

Pri večini se na višini zmanjša občutek za okus, spremenijo se prehrabene želje, kar povzroči zmanjšano toleranco do monotone hrane. Nekateri so raje lačni, kot da bi se silili s hrano, ki jim ne paše. Omeniti pa je potrebno tudi to, da vzame priprava hrane na višini več časa (čas kuhanja se na vsakih 1500 metrih podvoji), saj višja nadmorska višina in s tem nižji atmosferski tlak zniža temperaturo vrelišča. Zaradi nizkih temperatur je hrana že na začetku hladnejša, izguba toplote pa večja.

## **2.6.2. Poraba in vnos energije v telesu**

Človek potrebuje energijo za rast, razvoj, vzdrževanje tkiv, telesno toploto in delo. Celotno energijsko dnevno porabo telesa sestavljajo poraba energije med počitkom, fizična aktivnost in termogeneza (Pokorn, 1998). Telo dobiva energijo iz zalog glikogena (iz mišic, jeter), iz

lastnih maščobnih zalog, lahko tudi iz beljakovin v mišicah ali pa nastane ob presnavljanju ogljikovih hidratov, beljakovin in maščob, ki jih dobimo s hrano. Mlač navaja, da je osnovna energijska poraba v dolini za žensko približno 1400 kcal (kilokalorija; 1kcal = 4,18J), za moškega pa 1700 kcal na dan. Poraba energije pri dejavnosti lahko znaša tudi do 15000 kcal. Pokorn pravi, da so povprečne dnevne potrebe alpinista 5000 kcal. Za normalno delovanje organizma je potrebno, da je v ravnovesju, kar velja tudi za energijsko bilanco. Le-ta je definirana kot vnos energije minus poraba energije. Če je vnos energije nezadosten za pokritje vseh energijskih potreb, je energijska bilanca negativna. To pa lahko vpliva na manjšo fizično sposobnost, predvsem vzdržljivost in moč ter zmanjšanje telesne teže. Pri večini študij, opravljenih pri alpinistih na veliki višini, je prišlo do negativne energijske bilance. Poraba energije je zaradi dolgotrajne in intenzivne obremenitve zelo visoka. Nekatere študije so pokazale, da se je ob enakem vnosu energije kot na višini morja, poraba energije med počitkom na začetku izpostavljenosti veliki višini naglo dvignila, se kasneje rahlo spustila, vendar po treh tednih na veliki višini ostala povečana, in sicer za 17% večja kot na višini morske gladine (Bernadette, 1996).

Na drugi strani pa je vnos energije bistveno manjši. Poleg tega, da je količina in dostopnost hrane velikokrat omejena, je prisotna tudi neješčnost. Dosti raziskovalcev se je ukvarjalo s tem, kako bi povečali vnos. Rose s sodelavci (1988) je ponudil testirancem pri simuliranem vzponu na Mount Everest njihovo najljubšo hrano. Vnos hrane se je vseeno zmanjševal, izguba teže se je nadaljevala tekom vzpona. Hannon in ostali (1976) so ugotovili, da se je količinska poraba hrane po sedmih dneh na veliki višini pri ženskah vrnila na normalno raven, ob standardni hrani. Avtorji so na podlagi teh in ostalih izsledkov sklepali, da se lahko ženske bolje prilagodijo na višino. Worme s sodelavci je uspel z visoko hidratnimi obroki dvigniti vnos energije nad količino na višini morja (na višini je bil vnos 3600 kcal na dan, v dolini 2600 kcal na dan). Kljub nezadovoljstvu z obroki, želodčno črevesnimi težavami in še vedno manjšemu vnosu energije od porabe (dnevna poraba je bila 4450 kcal/d, deficit je bil torej 850 kcal/d), je zadostovalo za vzdrževanje sposobnosti in puste telesne mase. Rai s sodelavci (1975) je uspel pri skupini vojakov, ki so štiri mesece delali na višini 4700 metrov povečati njihovo težo. Njihovi obroki so vsebovali 3700 do 3900 kcal/d, z zvišano vsebnostjo maščob od 45 do 324 gramov (400 do 2900 kcal/d) v obliki masla in rastlinskih olj (Bernadette, 1996).

Nekaj raziskav je bilo narejenih tudi glede učinka višine na samo absorpcijo maščob,



beljakovin in ogljikovih hidratov. Na višinah 3500, 4700 in 5500 metrov ni prišlo do težav pri absorpciji katerega izmed živil. Boyer in Blume (1984) pa sta v raziskavi na odpravi Mt. Everest opazila zmanjšano absorpcijo maščob in zmanjšano porabo maščob kot vira energije, kar se je pojavilo nad višino 5400 metrov. Tako pojasnjujeta, da je bila izguba teže pod to višino predvsem na račun maščobne mase, nad 5400 metri pa zaradi povečanega katabolizma mišičnih beljakovin. Pri osebah z višjim odstotkom maščobne mase se je poraba le-te začela prej kot pri bolj suhih, poraba mišične mase pa se je pri vseh začela istočasno. Ugotovila sta, da se je kljub zadostni količini ogljikovih hidratov pojavil katabolizem beljakovin pred izpraznjenjem maščobnih zalog.

### 2.6.3. Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so glavni vir energije v človekovem telesu. Med prebavo se pretvorijo v monosaharide (enostavni ogljikovi hidrati), ti pa v glukozo, edini sladkor, ki prehaja v kri. S pomočjo krvnega obtoka potuje po telesu in mu daje energijo za obnovo, delo celic in mišic, hrano za možgane, dihanje, ohranjanje temperature. Dnevno naj bi ogljikovi hidrati poleg beljakovin in maščobnih kislin v prehrani zavzemali 50 do 70 odstotni delež. Presežek glukoze v telesu se shranjuje kot rezerva v obliki glikogena v mišicah in jetrih.

Ogljikove hidrate lahko delimo po zapletenosti njihovih molekul na enostavne (monosaharidi in disaharidi) in sestavljene (polisaharidi). Monosaharidi so sladkega okusa in se topijo v vodi. Sem spadajo:

- grozdni sladkor ali glukozo (v medu, sadju),
- fruktozo ali sadni sladkor (zlasti v sadju),
- galaktozo (v mleku).

Disaharidi so sestavljeni iz dveh molekul monosaharidov. To so:

- pesni, trsni sladkor ali saharoza (glukoza + fruktoza),
- mlečni sladkor ali laktoza (glukoza + galaktoza) – v mleku sesalcev,
- sadni sladkor ali maltoza (glukoza + glukoza).

Zgradba polisaharidov je kompleksna in so večkratno sestavljeni enostavni sladkorji. So netopni v vodi. Med prebavo najprej razpadejo v monosaharide in disaharide, kateri so topni v vodi. V to skupino spadajo:

- glikogen – živalski škrob, ki se nahaja v jetrih

- škrob, sestavljen iz številnih molekul glukoze (v žitih, gomoljih, korenih, zrnju stročnic).

V zadnjem času se vse bolj uporablja delitev ogljikovih hidratov glede na njihov glikemični indeks - GI (glukoza ima glikemični indeks 100). Po zaužitju ogljikovih hidratov z visokim glikemičnim indeksom (GI nad 50), se v krvi močno poveča količina glukoze. Urejevalni mehanizem, ki ga upravlja trebušna slinavka se na to odzove z zelo povečanim izločanjem inzulina. Le-ta usmeri glukozo v organe, ki jo potrebujejo. Hitrost sinteze glikogena je 5-6 odstotkov na uro. Pokorn taka živila priporoča za po aktivnosti, da se napolnijo glikogenske zaloge. Velika količina inzulina pa povzroči še uskladiščenje maščobnih kislin v obliki maščobnih zalog ter preprečuje izrabo že nakopičenih ogljikovih hidratov. Ogljikovi hidrati z nizkim glikemičnim indeksom za razliko od prvih v organizmu sproščajo malo količino glukoze in glikemija se zato le malo zviša. Hitrost sinteze glikogena iz teh živil je le 3 odstotkov na uro.

Ogljikohidratni tip prehrane, skupaj s primernimi treningi, poveča rezerve glikogena v mišicah in jetrih ter zviša izkoristek ogljikovih hidratov. Ogljikovi hidrati so pri športno aktivnih nepogrešljiv vir energije tudi zato, ker so hitro prebavljivi (organizem jih po zaužitju posrka v 20 do 25 minutah), energija iz njih se sintetizira dvakrat hitreje kot iz maščob. Zaradi tega lahko tudi dokaj uspešno nadomeščamo ogljikove hidrate že med samo aktivnostjo. V ta namen so na tržišču razne energetske rezine, tablice in geli, ki se zaužijejo s tekočino. Za aktivnosti na veliki višini nekateri najbolj priporočajo slednje, saj lahko prvi dve na mrazu zmrzneta, kar predstavlja veliko težavo pri samemu žvečenju, poleg tega se izgubi okus.

Hrana bogata z ogljikovimi hidrati:

- med, marmelada, sirupi,
- riž in testenine,
- suho sadje,
- energetske napitki,
- športne tablice, geli, napitki v prahu,..

Alpinisti tudi sami opažajo, da se jim apetit po nekaj dneh na višini spremeni od začetne želje po maščobah do ogljikovih hidratov. Ogljikovi hidrati predstavljajo najbolj učinkovito gorivo z vidika porabe kisika in nekateri raziskovalci so dokazali preventivne lastnosti ogljikovih hidratov pri simptomih, povezanih s hipoksijo, izboljšanje simptomov akutne višinske bolezni in pozitivne učinke na koncentracijo kisika v krvi ter dihalne sposobnosti (Dramise et

al., 1975; povzeto po Bernadette, 1996). Pred kratkim je Lawless et al. (1999) pokazal, da uživanje ogljikovih hidratov pomembno poveča vsebnost kisika in nasičenost arterijske krvi z oksihemoglobinom pri osebah na simulirani veliki višini (Askew, 1995). V raziskavah, kjer je bil vnos ogljikovih hidratov načrtno zmanjšan, so bile fizične sposobnosti poslabšane (Bernadette, 1996). Mišični glikogen se lahko izčrpa po 2-3 urah telesne aktivnosti (60-80  $VO_2max$ ), da se zaloge obnovijo je potrebno okoli 20 ur (Pokorn, 1998). Ker so v alpinizmu navori dosti daljši ter kontinuirani, istočasno pa je tudi preskrba s hrano otežena, se mora telo posluževati tudi drugih virov energije.

#### **2.6.4. Maščobe**

Maščobe so sestavljene iz glicerola in maščobnih kislin, v manjših odstotkih pa so prisotni tudi holesterol, vitamini (K in E), izoflavonoidi. Pomembne so za zdravje kože in las, nujno potrebne pri transportu v maščobi topnih vitaminov (A, D, E in K), sodelujejo pri uravnavanju krvnega tlaka in nivoja holesterola v krvi. Glede na tip maščobnih kislin, ki določa tudi tip maščobe, jih delimo na:

- nasičene (so večinoma v hrani živalskega izvora, npr. v mesu, mleku, maslu, pri sobni temperaturi so v trdem stanju, so bolj škodljivi za telo),
- enkrat nenasičene (so v olivnem, arašidovem, avokadovem olju, koristne za preprečevanje bolezni srca in ožilja),
- večkrat nenasičene maščobe (so v večini rastlinskih olj, ob razpadu nastajajo prosti radikali, znižujejo dober in slab holesterol).

Maščobe predstavljajo poleg ogljikovih hidratov za športnika, ki se ukvarja s športi z dolgotrajnejšo obremenitvijo pomemben vir energije. Telo jih začne uporabljati brž, ko izprazni glikogenske rezerve, nakopičene v mišičnem tkivu. Z energijskega vidika ima 1 gram maščob približno 9 kalorij (pri ogljikovih hidratih in beljakovinah so v 1 gramu 4 kalorije). Vendar se porabi dosti več časa za njeno presnovo, poleg tega se za presnovo porablja kisik, ki ga v hipoksičnem okolju na veliki višini že tako primanjkuje. Dobro trenirani imajo manjšo glikogensko porabo (zaloge se kasneje izpraznijo), poleg tega pa je poraba maščob v organizmu za proizvodnjo energije dosti bolj učinkovita kot pri slabše fizično pripravljenih športnikih.

### 2.6.5. Beljakovine

Beljakovine so najpomembnejše spojine v živih celicah. Sestavljene so iz številnih aminokislin, ki so njihove poglavitne sestavine. Nekatere aminokislino lahko proizvaja organizem sam, druge moramo nujno dobivati z beljakovinsko prehrano (8 esencialnih aminokislin). Med presnavljanjem človeški organizem pretvarja beljakovine v te preproste molekule ali aminokislino, ki so tudi sestavni del vseh tkiv. Nepogrešljive so pri rasti in razvoju telesa, skrbijo za pravilno delovanje encimov, hormonov, protitelesc, prenosu živčnih dražljajev.

Pri beljakovinski presnovi imajo mišice velik pomen. Mišična aktivnost vpliva na presnovo aminokislin v mišicah. Količina mišičnih in jetrnih beljakovin se med telesno obremenitvijo zmanjšuje. Beljakovine se med športno aktivnostjo in takoj po njej dosti slabše sintetizirajo kot pri počitku, istočasno pa je med obremenitvijo povečana razgradnja (katabolizem) beljakovin - to je proces razgradnje mišičnih beljakovin in pretvarjanja v glukozo. Pri zmanjšani energijski vrednosti dnevni obrokov hrane, je tudi izkoristek beljakovin manjši, s tem pa upočasnjena obnova in rast mišic. Oksidacija aminokislin med obremenitvijo je obratno sorazmerna z razpoložljivimi rezervami glikogena. Zato premalo ogljikovih hidratov v prehrani izčrpa hranilne zaloge glikogena v jetrih in mišicah, kar pospeši katabolizem beljakovin v telesu. Nizka zunanja temperatura poveča presnovo maščob in beljakovin.

Dnevno naj bi športniki, ki se ukvarjajo z vzdržljivostnimi panogami zaužili od 1,2 do 1,4 gramov beljakovin na kilogram telesne teže in ne več kot 15% beljakovin glede na celodnevne energetske potrebe. Več zaužitih beljakovin lahko preobremeni presnovo, poveča porabo energije, zniža tek, lahko se pojavi dehidracija, nekaterim lahko povzroči tudi drisko. Ker so nekateri izmed teh simptomov prisotni že zaradi višinske bolezni, moramo na veliki višini paziti na ne prevelik vnos beljakovin. Premajhen vnos beljakovin pa pri športniku najprej povzroči znižano moč in vzdržljivost ter zniža mišično maso. Zato so beljakovine v prehrani na veliki višini nujne, zaradi svojih lastnosti pa naj bi jih uživali po aktivnosti, med počitkom.

Biološko visoko vredne beljakovine najdemo v:

- mesu,
- ribah,
- perutnini,
- jajcih,
- trdih in mehkih sirih,
- mleku in jogurtu.

Zaradi težjega transporta in shranjevanja, so ta živila na visokogorskih odpravah ter daljših vzponih manj prisotna. Če bi se izkazalo, da so za ohranjanje telesne teže na višini beljakovine zelo pomembne, bi bilo smotrno uporabljati beljakovinske oziroma proteinske napitke, ki so bogati z beljakovinami in aminokislinami.

#### **2.6.6. Potrebe mikroelementov na veliki višini**

Trenutno ni zanesljivega dokaza, da nadomestki vitaminov izboljšajo posameznikovo delovanje pri aktivnostih na velikih višinah. Nekaj pozornosti pa so raziskovalci namenili vitaminu E in vitaminom skupine B. V vodi topni vitamini, na primer tiamin, riboflavin, vitamin B<sub>6</sub> niacin, pantotenska kislina, biotin, vitamin C, sodelujejo pri nastanku energije v mitohondrialnem energetskem metabolizmu. Folna kislina in vitamin B<sub>12</sub> so potrebni pri sintezi DNA in pri razvoju rdečih krvničk, vitamin B<sub>12</sub> pa je pomemben tudi za sproščanje energije. Pomen pri sproščanju energije ima tudi vitamin E, poleg tega pa ima skupaj z vitaminom C pomemben vpliv kot antioksidant (Pokorn, 1998). Ker se na višini poveča osnovna energijska poraba, se tudi poveča potreba po vitaminih, ki sodelujejo pri nastanku energije. Ponavadi se predpostavlja, da se s povečanjem vnosa hrane, povečajo tudi vnosi potrebnih vitaminov.

Pri izpostavljenosti veliki višini, se zaradi povečanega ultravijoličnega sevanja, stresa zaradi manjšega parcialnega tlaka kisika in povečane rabe energije, poleg vseh že omenjenih reakcij, v telesu pospešeno ustvarjajo prosti radikali kisika (kemijske molekule, v katerih manjka en elektron, so stranski produkt pri izgorevanju kisika, ob infekcijah ti uničujejo napadalce, drugače pa napadajo in uničujejo celice). Vitamin E je antioksidant (oddaja elektron, da se veže na prosti radikal, popravljajo nastalo škodo), ki lahko zatre negativne učinke kisikovih poškodb. Uživanje dodatkov vitamina E je pokazalo pozitivne učinke pri alpinistih na višini

5000 metrov. Manj je bilo negativnih učinkov kisikovih prostih radikalov, tudi delovne sposobnosti so bile boljše (McKean, 2003).

Bogat vir vitamina E so:

- rastlinska olja (sončnično, olivno),
- cela žitna zrna,
- oreščki,
- od živalskih virov pa meso.

Živila, bogata z antioksidanti:

- sadje in zelenjava,
- črni in zeleni čaj,
- rdeče vino ter
- rdeče grozdje.

Od mineralov je na višini najpomembnejša zadostna količina železa. Večina železa se nahaja v hemoglobinu, ostalo je v kostnem mozgu, mišicah, jetrih in vranici. Ena izmed njegovih nalog je prenašanje kisika do celic in pospeševanje njegove rabe. Na veliki višini se zaradi hipoksičnega okolja povečuje število rdečih krvnih celic s pomočjo kostnega mozga, kar poveča porabo železa. Večina se strinja, da je zelo pomembna zadostna količina železa v telesu že pred samim vzponom na višje nadmorske višine. Zato je potrebna večja skrb za z železom primerno obogateno hrano pred odpravo na višino in tudi med bivanjem na višini. Veliko železa se nahaja v rdečem mesu, manj v perutnini in ribah. Železo v žitaricah, stročnicah in zeleni listnati zelenjavi se slabše absorbira.

### **2.6.7. Najprimernejša hrana na velikih višinah**

Na začetku izpostavljenosti povišani nadmorski višini se kot glavni vir energije med počitkom in med fizičnim delom povečano uporablja glukoza v krvi (ogljikovi hidrati). Potreba po maščobah upada, raba mišičnega glikogena se ne zmanjšuje. Ugotovljeno je bilo, da je tudi po dolgoročnem izpostavljanju povišani nadmorski višini, praznjenje glikogenskih zalog tekom aktivnosti povečano za približno 25 odstotkov. To pomeni, da nastopi utrujenost in padec krvnega sladkorja pri enako intenzivni aktivnosti na višini prej kot na nizkih

nadmorskih višinah. Pri prehranjevanju s hrano, ki vsebuje veliko ogljikovih hidratov so poleg tega, da zmanjšuje utrujenost in preprečuje padec sladkorja v krvi ugotovili, da omili simptome višinske bolezni, in sicer tako, da zmanjša vpliv višine za 300 do 600 metrov pri nadmorski višini 4000 oziroma 5200 metrih (McKean, 2003). Do tega najverjetneje pride zaradi dejstva, da potrebuje ogljikohidratna hrana 8 do 10 odstotkov manj kisika za predelavo kot maščobe in beljakovine.

Najprimernejša hrana na povišanih nadmorskih višinah so tako ogljikovi hidrati. Istočasno pa ni najbolj praktična z vidika transporta in hranjenja. Zaradi manjše energijske vrednosti, ki jo imajo ogljikovi hidrati nasproti maščobam in beljakovinam, je potrebna za doseg zadostne kalorične vrednosti večja količina hrane. Zaradi slabosti in izgube apetita, ki je lahko prisoten tudi, ko ostali simptomi akutne višinske bolezni minejo, je večjo količino hrane tudi težje zaužiti. Poleg tega je prisotna tudi večja izbirčnost, zato je dobro upoštevati posameznikove želje ter imeti raznovrstne obroke. Izbira hrane na odpravah je ena izmed pomembnejših nalog, ki se jo je potrebno natančno in sistematično lotiti že pred odhodom.

**Tabela 2:** Prikaz sestave in kalorične vrednosti nekaterih živil na 100 gramov ter količina živila v gramih, ki bi bila potrebna za doseg 1000 kcal.

živilo	B	OH	M	kcal na100 g	g potrebni za 1000 kcal
Koruzni kosmiči	8,6	85,1	1,6	399,1	250,6
Med	0,4	80,0	0,0	329,6	303,4
Krompirjev pire, instant	8,0	75,0	0,5	345,0	289,9
Ovseni kosmiči	8,0	72,8	7,5	401,0	249,4
Testenine, navadne	12,0	72,2	1,5	359,2	278,4
Sport gel Enervit	0,0	71,2	0,0	284,8	351,1
Marmelada, mešana	0,1	69,5	0,0	285,4	350,4
Power Bar, ploščica	13,8	69,2	3,8	353,8	282,6
Rozine	1,1	64,4	0,0	268,6	372,4
Fige, suhe	3,6	52,9	0,0	231,7	431,7
Čokolada, mlečna	9,0	51,0	32,0	543,6	184,0
Kruh, pšenični, beli	8,0	46,0	2,0	240,0	416,7
Mleko v prahu, polnom.	26,3	39,8	25,1	504,4	198,2
Sončnice, suhe	24,0	20,0	47,0	617,5	161,9
Energijska tablica	4,2	20,0	6,3	157,8	633,7
Banane	1,1	19,2	0,3	86,0	1162,5
Krompir	2,1	17,7	0,1	82,1	1217,9
Pomarančni, sladkani sok	0,7	12,8	0,1	56,3	1776,8
Orehi, suhi	15,8	8,8	61,4	671,9	148,8
Arašidi, praženi	24,3	8,6	49,0	590,6	169,3
Olive	0,8	6,3	10,7	128,4	778,6
Lešnik, suhi	14,0	6,0	69,0	723,7	138,2
Jogurt, navadni	3,5	4,6	1,6	48,1	2079,4
Alpsko mleko	3,2	4,6	3,2	61,7	1619,7
Mandelj, suhi	16,9	4,3	53,5	584,5	171,1
Skuta	14,0	3,0	3,0	97,6	1024,6
Majoneza	1,0	2,0	80,0	756,3	132,2
Maslo	0,6	0,7	81,0	758,6	131,8
Olje, olivno	0,0	0,0	100,0	930,0	107,5
Pečeno meso	30,0	0,0	2,0	141,6	706,2
Piščančja prsa	23,0	0,0	1,2	105,5	948,2
Tuna v oljčnem olju	18,5	0,0	37,9	428,3	233,5
Sir, ementalec	30,0	0,0	30,0	402,0	248,8
Govedina, sr. mastna	18,8	0,0	15,4	220,3	453,9
Svinjina, sr. mastna	16,0	0,0	24,0	288,8	346,3
Salama, trajna	22,5	0,0	42,8	490,3	204,0
Margarina, rastlinska	0,1	0,0	81,0	753,7	132,7
Kokošja juha, konc.	11,0	0,0	26,0	286,9	348,6



### 2.6.8. Dehidracija

Z večanjem nadmorske višine se manjša vsebnost vlage v zraku. Ker je povečana tudi ventilacija, je izgubljanje vode preko dihanja dosti večje kot na nadmorski gladini. Dnevno lahko pri aktivnosti kot je plezanje izgubimo samo z dihanjem liter in pol tekočine (Pugh, 1964a; povzeto po: Haymes, 1986). Na veliki višini se je dehidraciji zelo težko izogniti. Dehidracija pa povečuje možnost nastanka poškodb zaradi mraza (podhladitve, zmrzline), povečuje utrujenost in brezvoljnost. Če telo izgubi toliko telesne tekočine, da znaša izguba približno 4 do 5 odstotkov teže, se telesna zmogljivost zmanjša za 20 do 30 %. Potrebe telesa po tekočini so na višini razmeroma visoke, presežejo lahko 4 litre dnevno. Glavni razlog je večja izguba vode preko pljuč zaradi povečane ventilacije ter mrzlega in suhega zraka. Povečano je tudi izločanje vode preko uriniranja, zaradi diuretičnega učinka višine in mraza. Na ta način postane kri bolj gosta, poveča se koncentracija kisika v enaki količini krvi. Potenje pri fizičnih naporih tudi doda svoj delež pri izgubljanju tekočine. Veliko količino vode lahko osebe izgubijo sploh v prvih dneh bivanja na veliki višini, ko so simptomi AVB (bruhanje, pospešeno dihanje) bolj izraženi. Odvajalen učinek ima lahko tudi ledeniška voda, ter okužba s črevesnim parazitom. Pri raziskavah vodne bilance je bilo izmerjeno, da se preko dihanja in potenja na dan izgubi najmanj 1900ml vode, z uriniranjem pa okoli 200 ml (Butterfield et al. 1992; povzeto po (Bernadette, 1996).

**Tabela 3:** Simptomi, ki se pojavijo ob različno močni izgubi telesne tekočin (Montain et al, 2001).

<b>Znaki dehidracije v odvisnosti od izgube tekočine glede na telesno težo</b>		
1-5 %	6-10%	11-20%
Žeja	Omotica	Blodnja
Občutek nelagodja	Glavobol	Mišični krči
Zmanjšana aktivnost	Oteženo dihanje	Ohlapen jezik
Padec apetita	Zbadanje v pljučih	Nezmožnost požiranja
Rdečica	Odsotnost slinjenja	Motnje sluha
Nepotrpežljivost	Pomodrelost	Motnje vida
Zaspanost	Nejasno govorjenje	Otrpla koža
Povišan srčni pulz	Nezmožnost dela	Boleče uriniranje
		Motnje v delovanju ledvic

Prekomerno izgubo vode na veliki višini zaplete oteženo uživanje zadostne količine tekočine. Občutek žeje ne odraža dejanskega stanja izgubljene tekočine. Nekateri ne občutijo žeje, pa čeprav so že dehidrirani. AVB še poslabša že tako medel občutek za žejo.

Poleg tega se je v okolju na veliki višini težko preskrbeti s pitno vodo. Zaradi velikih dnevnih potreb, ne morejo biti vse zaloge prinesene s seboj. Pri nizkih temperaturah lahko te zaloge tudi zmrznejo. Za topljenje snega pa se porabi zelo veliko časa in goriva – potrebno je približno 30 minut, da se stopijo 4 skodelice snega, kar ustreza 1 skodelici vode. Stopljen sneg se mora še prekuhati, saj obstaja verjetnost onesnaženja. Ker na višini voda zavre pri nižji temperaturi, mora dalj časa vreti, da se sterilizira. Tako mora voda na višini 4.000 metrov vreti približno 24 minut, da je pitna.

Ker je voda sama po sebi slabo rehidracijsko sredstvo, so za nadomeščanje tekočine bolj primerni izotonični športni napitki. Elektroliti v napitkih vzdržujejo vodno bilanco, volumen krvi, količino zunajcelične tekočine, minimizirajo izgubo tekočine z uriniranjem med aktivnostjo, vzdržujejo delovanje živčnih transmitorjev, mišičnih kontrakcij, nadzorujejo kislo bazično ravnovesje ter zaradi boljšega okusa pijače povečajo željo po pitju. Ker tekočina predstavlja približno 60 odstotkov telesne sestave, se lahko dehidracija izraža z manjšanjem telesne teže, prav tako pa vpliva na telesne sposobnosti, kot je tudi razvidno iz tabele 3.

### **2.6.9. Želodčno črevesne težave**

Zaprte je na veliki višini pogost pojav, ker zmanjšana količina kisika upočasni črevesne funkcije in zaradi prekomerne izgube vode se le ta črpa tudi iz debelega črevesa. Najboljša preventiva je uživanje zadostne količine tekočine (Montain et al, 2001), ki pa mora biti zdravstveno neoporečna.

## **2.7. DOZDAJŠNJE RAZISKAVE**

Raziskovalno dejavnost na veliki, zelo veliki ter ekstremni nadmorski višini otežujejo številni dejavniki. Glavni so neprijazno, surovo okolje, majhno število udeležencev, veliko število dejavnikov, ki vplivajo na telo in zato težko nadzorovanje vzročno posledičnih reakcij, zelo

raznolike in spremenljive razmere. Kljub temu je bilo v zadnjem času je narejenih kar nekaj raziskav o vplivu povečane nadmorske višine na življenje in delovanje ljudi. Predvsem so se temu posvečali vojaški strokovnjaki za lastne potrebe ter drugi znanstveniki. Raziskovalci se vse več posvečajo izgubi telesne teže in s tem učinkovitosti delovanja ter primernem nadomeščanju energije in potrebnih snovi. V tabeli 2 je navedenih nekaj izsledkov iz različnih raziskav.

**Tabela 4:** Izguba telesne teže pri različnih ekspedicijah, v laboratorijih in hipobaričnih komorah (Bernadette, 1996).

Raziskava	Prizorišče	Dosežena nadmorska višina (m)	Vzorec (št. oseb)	Trajanje (dnevi)	Sprememba teže (kg)	Izguba teže (%)
Surks et al., 1966	Pikes Peak	4300	5	8	-2,4	3,4
Siri et al., 1969	Mount Everest	5400-7000	10	63	-10,4	12,9
Grover et al., 1976	Chamber	4300	4 5 <sup>1</sup>	5 5	-3,4 +2,0	/ /
Boyer and Blume, 1984	Mount Everest	5400	8 8	32 47	-1,2 -6,5	1,6 8,8
Rose et al., 1988	Chamber	8848 <sup>2</sup>	6	40	-7,4	8,9
Boutellier et al., 1990	Mount Lhotse	8398	6	58	-1,5	2,2
Bärtsch et al., 1991	Capanna Margherita	4559	15 <sup>3</sup>	5	-2,25	/
Edwards et al., 1991	Potici, Bolivia	3500	20	16	-3,0	4,0
Butterfield et al., 1992	Pikes Peak	4300	7	21 <sup>4</sup>	-2,0	/
Kayser et al., 1993	Italian Research Lab, Nepal	5050	8	7 14 28	-0,3 -2,7 -2,6	0,4 3,5 3,4

<sup>1</sup> – osebe so prejemale nadomesten CO<sub>2</sub> za preprečitev alkalnega stanja

<sup>2</sup> – simuliran vzpon na Mount Everest;

<sup>3</sup> – osebe, katerih teža se je povečala so zbolele

<sup>4</sup> – po sedmih dneh ni bilo opaziti izgube telesne teže

Kljub številnim raziskavam, pa dosti stvari v povezavi z delovanjem organizma na povišanih nadmorskih višinah ni točno pojasnenih. Prav tako ostaja veliko odprtih vprašanj glede

načina zadovoljevanja osnovnih življenjskih potreb za bolj učinkovito delo na teh višinah. Upoštevati moramo, da je trenutno znanje in vedenje o vplivih izpostavljenosti višini pridobljeno v raziskavah, ki se med seboj močno razlikujejo po lokacijah in razmerah, v katerih so bile izvedene. Izsledki so se zbirali na alpinističnih ekspedicijah, na vojaških terenskih vajah, v gorskih laboratorijih, med trekingi in pod simuliranimi pogoji v hiperbaričnih komorah. Prav tako so prostovoljci od navadnih študentov, vojakov, posebnih gorskih enot do izkušenih alpinistov. Dosti raziskovalcev pa preučevanje prehrabnih zahtev izpusti zaradi težjega, dražjega in časovno potratnega dela. Vse to vpliva na težjo interpretacijo izsledkov in ne celostno obravnavo problema.

### **3. CILJI PREUČEVANJA S HIPOTEZAMI**

- (monografski del) Predstaviti razmere v okolju na povečanih nadmorskih višinah in odzive telesa nanje z namenom osvetliti pogoje, s katerimi so se srečevali merjenci.
- (raziskovalni del) Ugotoviti, ali se in kako se antropometrične mere pred in po odpravi razlikujejo, za boljše načrtovanje in pripravo naslednjih odprav.

#### **DELOVNE HIPOTEZE**

H0: Po koncu odprave se antropometrične mere ne razlikujejo od tistih pred odpravo, zaradi dobre pripravljenosti merjencev in njihovih izkušenj.

## 4. METODE DE LA

### 4.1. VZOREC MERJENCEV

Vzorec merjencev je bil priložnosten in je zajemal 24 izkušenih alpinistov, od tega enajst Slovencev, deset Hrvatov in tri Nemce. Vsi so bili moškega spola. Njihov staž se je med seboj razlikoval, vsi so imeli že izkušnje z vzponi na višje nadmorske višine, na ekstremnih višinah pa so bili le nekateri. Meritve so potekale na dveh različnih odpravah, zato sta tudi dva vzorca merjencev.

V prvem vzorcu je sodelovalo 18 merjencev, njihova povprečna starost je bila  $37,5 \pm 7,5$  let, oziroma konkretno: 45, 46, 22, 50, 49, 39, 30, 28, 38, 36, 37, 35, 29, 34, 36, 40, 43 in 37 let.

V drugem vzorcu je bilo šest merjencev, njihova povprečna starost je bila  $45,8 \pm 6,7$ , oziroma konkretno: 53, 49, 50, 34, 45 in 44 let.

Obakrat sta bila vzorca sestavljena na podlagi prijav, se pravi glede na posameznikove želje, lastne presoje o fizičnih in finančnih zmožnosti.

#### 4.2. VZOREC SPREMENLJIVK

V tabeli je prikazan seznam vseh merjenih antropometričnih spremenljivk za analizo.

*Tabela 5: Oznake antropometričnih mer ter enote, v katerih so zapisane.*

Šifra	Naziv	Enota
Antropometrija		
AV	Telesna višina	cm
AT	Telesna teža	kg
ATAV	Relativna teža	kg/cm
Obsegi		
Roke		
AONL	Obseg nadlakti levo	cm
AONMAXL	Obseg nadlakti levo – največji	cm
AOPL	Obseg podlakti levo	cm
Noge		
AOSL	Obseg stegna levo	cm
AOSLSR	Obseg stegna levo srednji	cm
AOML	Obseg meč levo	cm
Premeri		
Trup		
ASR	Širina ramen	cm
ASM	Širina medenice	cm
Roke		
APKOML	Premer levega komolca	cm
APZL	Premer zapestja	cm
Noge		
APKOLL	Premer levega kolena	cm
APSSL	Premer levega skočnega sklepa	cm
Kožne gube		
AKGH	kožna guba hrbta	mm
AKGN	kožna guba nadlakti	mm
AKGB	kožna guba nadlakti (bicepsa)	mm
AKGP	kožna guba podlakti	mm
AKGT	kožna guba trebuha	mm
AKGPR	prsna kožna guba	mm
AKGSI	kožna guba suprailiakalna	mm
AKGS	kožna guba stegna	mm
Indeksi		
AMASP	delež maščobne mase (povpr. indeksov)	%
ATELP	površina telesa	m <sup>2</sup>
AMIS	mišična masa telesa po Matiegki	kg
AMISP	delež mišične mase (po Matiegki)	%
AKOS	kostna masa telesa (po Matiegki)	kg
AKOSP	delež kostne mase (po Matiegki)	%
Somatotip		
AEKTO	Ektomorfna morfološka komponenta	
AMEZO	Mezomorfna morfološka komponenta	
AENDO	Endomorfna morfološka komponenta	

### **4.3. POTEK MERJENJA**

Meritve so se opravljale na dveh himalajskih odpravah, in sicer na prvi leta 1997 na Mt. Everest (vzorec številka 1) ter na Gasherbrum II leta 2004 (vzorec številka 2). Obakrat so bili merjenci merjeni dvakrat – prvič na začetku odprave ter drugič po končanem naporu.

#### **4.3.1. Potek prve odprave na Everest 1997**

Na prvi odpravi so bile začetne meritve opravljene v Kathmanduju (1000 metrov), dva dni pred odhodom v Tibet. Po približno 260 kilometrov dolgi razdalji so v treh dneh člani odprave prispeli v (avtomobilski) bazni tabor na višini 5200 metrov. Tu so opravili približno pet dnevno aklimatizacijo na okoliških vrhovih (do 6300 metrov). Nato so v treh dneh prispeli v ABC, na 6400 metrih, kjer je večina ostala 32 dni. Od tod so se različni člani odprave povzpeli na višino od 7000 do 8848 m. Zaključne meritve so bile opravljene v Kathmanduju, dva dni po prihodu iz Tibeta.

#### **4.3.2. Potek druge odprave na Gasherbrum II 2004**

Začetne meritve so bile opravljene 24. 6. 2004 v Islambadu, po prihodu iz Ljubljane. 6. 7. so člani odprave po sedmih dneh na 140 kilometrov dolgi poti prispeli v bazni tabor na višini 5000 metrov. Sledilo je delo na gori: postavitve tabora 1 na višini 6000 metrov, tabora 2 na višini 6400 metrov, napeljevanje fiksnih vrvi, postavitve tabora 3 na višini 7000 metrov, tabora 4 na 7400 metrih. 26. 7. ter 28. 7. je pet članov osvojilo vrh Gasherbruma II na višini 8035 metrov. Dosežena višina šestega člana je bila 7000 metrov. 5. 8. 2004 so člani prispeli v Skaradu, zaključne meritve so bile 11. 8. v Islambadu. Člani odprave so bili 35 dni na višini od 5000 do 8035 metrov.

Meritve so bile pridobljene po propozicijah za antropometrična merjenja z internacionalnim biološkim programom (I.B.P.). Somatotip je bil določen z antropometrično metodo po Barbari Heath in Lindsay Carterju. Telesni indeksi so bili izračunani z metodo po *Matiegki*.



#### **4.4. METODE OBDELAVE PODATKOV**

Podatki so bili statistično obdelani z računalniškim programom SPSS. Izračunani so bili osnovni statistični parametri porazdelitve vrednosti spremenljivk.

Razlike med začetnim in končnim stanjem vseh merjencev so bile testirane s t-testom za odvisne vzorce. Ničelna hipoteza je bila testirana z napako I. vrste  $\alpha = 5 \%$  in zaradi večkratnega testiranja (za vsako spremenljivko posebej) koregirana vrednost po Bonferronijevi enačbi.

Grafična predstavitev rezultatov je bila narejena s programom Microsoft Excel.

## 5. REZULTATI IN RAZPRAVA

Za lažje razumevanje rezultatov, predstavljenih v tabelah, so najprej predstavljeni parametri opisne statistike:

M1: aritmetična sredina vrednosti meritev začetnega merjenja

M2: aritmetična sredina vrednosti meritev končnega merjenja

SD1: standardna deviacija vrednosti meritev začetnega merjenja

SD2: standardna deviacija vrednosti meritev končnega merjenja

$M_{diff}$ : razlika v aritmetični sredini med začetnimi in končnimi meritvami

$SD_{diff}$ : razlika v standardni deviaciji med začetnimi in končnimi meritvami

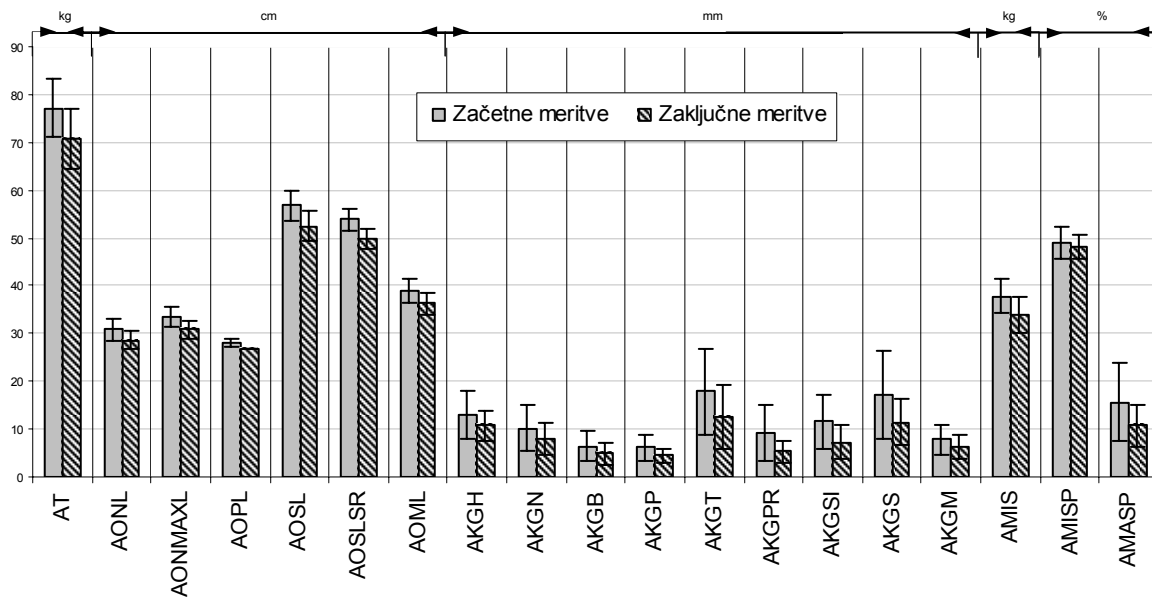
$SE_{mean}$ : aritmetična sredina standardne deviacije

Sig. (2-tail): statistična značilnost

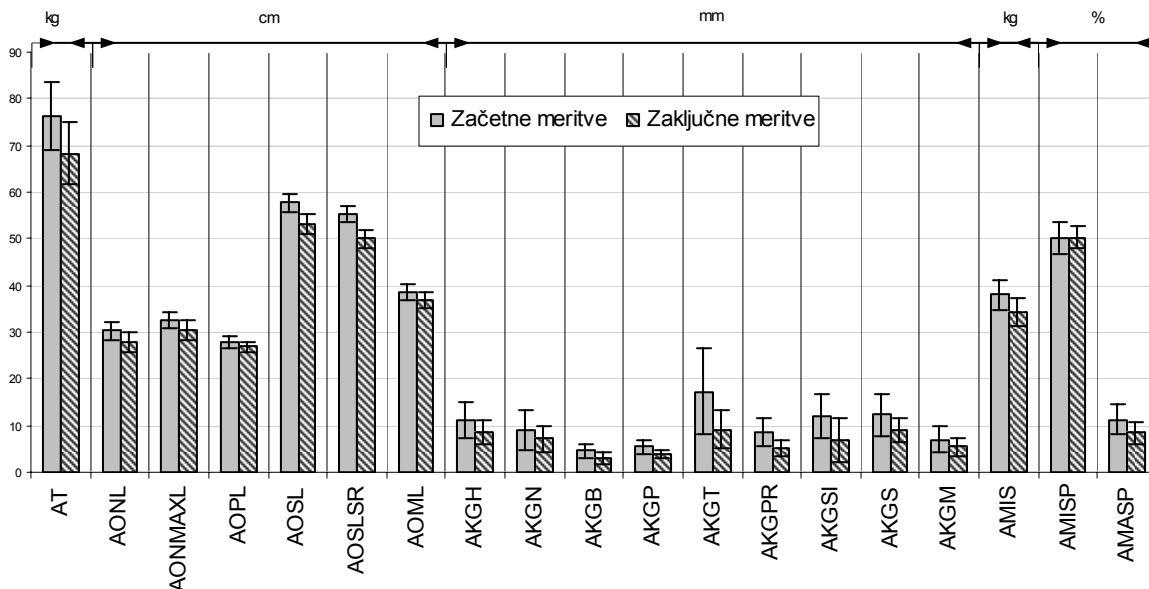
S primerjanjem tako začetnih kot končnih rezultatov meritev obeh skupin na odpravi Everest in Gasherbrum 2 smo ugotovili, da med skupinami ni bistvenih razlik v vrednostih opravljenih antropometričnih mer. Ker so se obeh odprav udeležili že izkušeni alpinisti, se njihovo začetno stanje ni močno razlikovalo. Povprečno je prva skupina za približno osem let mlajša, kar tudi ni bistveno vplivalo na rezultate. Prav tako so antropometrične spremembe, ki so nastale po odpravah podobne. Čas, ki so ga preživeli na območju ekstremne višine je bil pri prvi odpravi daljši, saj je bil že bazni tabor na višini 6400 metrov (pri drugi odpravi na 5000m), na prvi odpravi je bila končna dosežena višina višja kot na drugi. Vremenske razmere so bile na prvi odpravi slabše, kar je pomenilo tudi težje delo na gori in čakanje v taboru, kar na ekstremni višini ne pomeni počitka, vendar izgubljanje (mase, energije, hrane). Korelacija med rezultati začetne in zaključne meritve je pri drugi odpravi višja ( $r_2 = 0,99$ ) kot pri prvi ( $r_1 = 0,81$ ), kar je verjetno posledica manjšega števila merjencev pri drugi odpravi. Kljub statistično enakima skupinama, so podatki v nadaljevanju prikazani ločeno.

Na sliki 6 in 7 so skupaj prikazane začetne in zaključne meritve. Pri 1. odpravi se je večina antropometričnih spremenljivk statistično značilno spremenila, in sicer zmanjšala. Spremenile se niso štiri meritve: AOSLSR (obseg stegna srednji), AKGB (kožna guba nadlakti (bicepsa)), AKGS (kožna guba stegna) in AMISP (delež mišične mase). Pri 2. odpravi pa so se statistično značilno spremenile samo tri meritve: AT (telesna teža), AOSL (obseg stegna) in AMIS (mišična masa telesa).

Slika 6: Povprečja in standardni odkloni meritev na prvi odpravi (Everest 1997).



Slika 7: Povprečja in standardni odkloni meritev na drugi odpravi (Gasherbrum II 2004).



Iz tabele 6 lahko razberemo, da se je telesna teža med odpravo močno zmanjšala, in sicer v prvi skupini povprečno za 6 in v drugi za 8 kilogramov. Izguba telesne teže je nastopila pri vseh posameznikih. Na razliko, ki se pojavi med prvo in drugo skupino je lahko vplivalo več

stvari. Najvišja dosežena višina je bila pri drugi skupini nižja, ker so imeli bazni tabor 1400 metrov nižje kot prva skupina, je verjetno, da so naredili več višinskih metrov pri postavljanju taborov, poti in naskoku na vrh. Kljub majhnim razlikam lahko zaradi ekstremnosti okolja dosti vplivajo na opazovane spremembe. Druga skupina je številčno manjša, kar tudi vpliva na statistične vrednosti.

**Tabela 6:** Prikaz statističnih vrednosti prve in druge odprave za spremenljivko telesne teže.

Variable	Odprava	M1±SD1	M2±SD2	M <sub>diff</sub>	SD <sub>diff</sub>	SE <sub>mean</sub>	Sig. (2-tail)
AT	1.	77±6	71±6	6	3,693	0,870	0,000**
	2.	76±7	68 ±7	8	2,548	1,040	0,001**

\*sprememba je statistično značilna pri 0,05 ( $\alpha = 5\%$ )

\*\* sprememba je statistično značilna pri 0,001 (Bonferronijeva korekcija)

Z izračuni korelacijskih koeficientov med spremembo telesne teže in začetnim indeksom maščobne mase nismo dobili statistično pomembnih povezav. To pomeni, da količina izgubljene teže ni v večji meri odvisna od začetne telesne strukture. Tako je oseba z najvišjim začetnim deležem maščobne mase (36,3%) izgubila 10 kilogramov, kar je 12,2 odstotka začetne teže. Oseba z najmanjšim začetnim deležem maščobne mase (5,1%) je izgubila 4 kilograme, kar je 6,5 odstotkov začetne teže. Najmanj kilogramov (2 kilograma oziroma 2,3%) je izgubila oseba z začetnim deležem maščobne mase 11,9 odstotkov največ (13 kilogramov oziroma 17,6%) pa oseba z začetnim deležem maščobne mase 13,5%. Iz tega lahko sklepamo, da načrtno povečevanje energijskih zalog v obliki maščobne mase pred odpravo ne obvaruje oziroma ne vpliva na izgubo telesne teže. Verjetno so bolj odločujoči dejavniki fizična pripravljenost (bolj kot je telo trenirano, bolj učinkovito in smotrno porablja zaloge energetskih virov, istočasno porabi manj energije za isto delo kot slabše trenirano), aklimatizacija, zadosten in primeren vnos energije s hrano. Podatkov, s katerimi bi preverjali vplive teh dejavnikov na člane prve in druge odprave nimamo. Lahko pa na podlagi podobnih raziskav z veliko verjetnostjo sklepamo, da je takšno zmanjšanje teže posledica neskladja med porabljeno energijo ter vnosom le-te s hrano oziroma negativne energijske bilance.

Razen pri dveh osebah, ki se jima je povečal obseg podlahti, so se vsi obsegi zmanjšali. Glede na začetno stanje so se povprečno pri obeh skupinah najbolj zmanjšali obseg stegna, srednji obseg stegna ter obseg nadlahti za 8 odstotkov (slika 7 in 8). Glede na to, da z merjenjem obsegov zajamemo tako lastnosti mišic, kot kožne gube in ker so povezave med spremembo obsega in kožne gube iste okončine majhne, lahko sklepamo, da so nastale spremembe v obsegih posledica zmanjšanja mišične mase in posledično obsegov mišic.

**Tabela 7:** Prikaz statističnih vrednosti prve in druge odprave za spremenljivke obsegov.

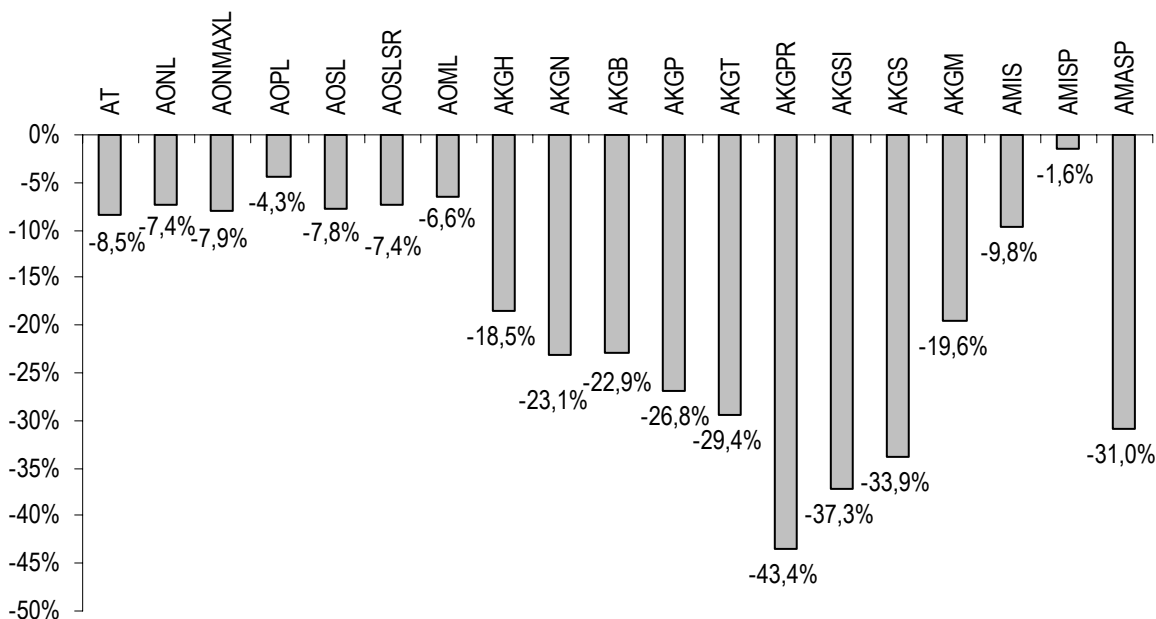
Variable	Odprava	M1±SD1	M2±SD2	M <sub>diff</sub>	SD <sub>diff</sub>	SE <sub>mean</sub>	Sig. (2-tail)
AONL	1.	30,9±2,2	28,6±1,8	2,3	0,939	0,221	0,000**
	2.	30,3±1,9	27,7±2,2	2,6	0,516	0,210	0,001*
AONMAXL	1.	33,6±2,1	31,0±1,9	2,6	0,989	0,233	0,000**
	2.	32,7±1,8	30,3±2,3	2,4	1,366	0,557	0,009*
AOPL	1.	27,9±0,8	26,7±0,005	1,2	0,865	0,204	0,000**
	2.	27,8±1,3	26,8±1,2	1,0	0,632	0,258	0,012*
AOSL	1.	56,9±3,1	52,5±3,1	4,4	1,498	0,353	0,000**
	2.	57,7±1,9	53,0±2,1	4,7	1,211	0,494	0,000**
AOSLSR	1.	53,8±2,2	49,8±2,21	4,0	1,415	0,333	0,018*
	2.	55,2±1,7	50,0±1,8	5,2	3,250	1,327	0,011*
AOML	1.	38,9±2,4	36,3±2,4	2,6	0,769	0,181	0,000**
	2.	38,7±1,8	36,8±1,7	1,9	0,408	0,166	0,002*

\* sprememba je statistično značilna pri 0,05 ( $\alpha = 5\%$ )

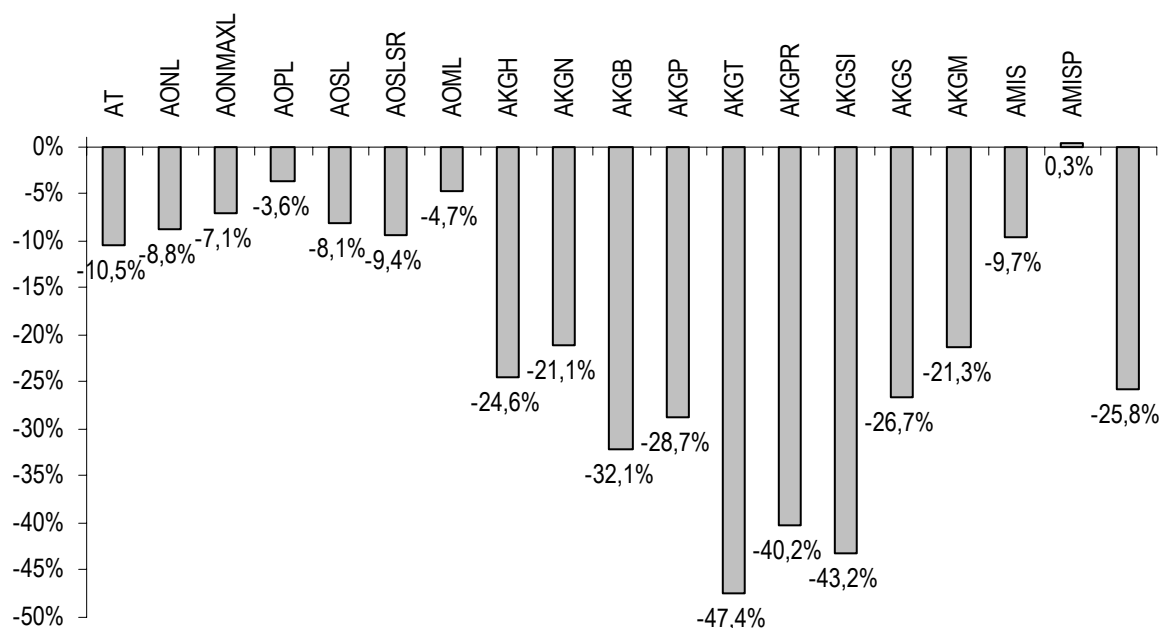
\*\* sprememba je statistično značilna pri 0,001 (Bonferronijeva korekcija)

Na sliki 8 in 9 so prikazani odstotki nastalih sprememb v primerjavi z začetnim stanjem. Pri obeh odpravah je prišlo do največjih razlik pri kožnih gubah trupa, in sicer pri prvi skupini se je za 43 odstotkov zmanjšala prsna kožna guba, za 37 odstotke suprailiakalna kožna guba, pri drugi skupini se je kar za 47 odstotke zmanjšala kožna guba trebuha, suprailiakalna za 43 in prsna za 40 odstotka. Do tega je verjetno prišlo, ker se pri moških odvečna maščoba večinoma nabira na trebuhu in trupu, kjer nastane večja zaloga, da se lahko porablja ob naporu.

**Slika 8:** Prikaz sprememb posamezne antropometrične spremenljivke v odstotkih glede na začetno stanje na odpravi Everest.



**Slika 9:** Prikaz sprememb posamezne antropometrične spremenljivke v odstotkih glede na začetno stanje na odpravi Gasherbrum II.



Pri merjenih kožnih gubah je prišlo na prvi odpravi do statistično pomembnih razlik, in sicer do zmanjšanja, na sedmih od devetih mestih (tabela 8). Do razlik ni prišlo pri kožni gubi bicepsa in stegna. Na drugi odpravi pa se po korigirani vrednosti nobena izmed merjenih kožnih gub ni statistično spremenila. Odstotki nastalih sprememb pri kožnih gubah so pri obeh odpravah podobni, zato je verjetno statistična neznačilnost pri drugi odpravi posledica majhne skupine merjencev.

**Tabela 8:** Prikaz statističnih vrednosti prve in druge odprave za spremenljivke kožnih gub.

Variable	Odprava	M1±SD1	M2±SD2	M <sub>diff</sub>	SD <sub>diff</sub>	SE <sub>mean</sub>	Sig. (2-tail)
AKGH	1.	13,1±5,0	10,7±3,0	2,4	2,409	0,568	0,001**
	2.	11,3±3,8	8,5±2,5	2,8	1,582	0,645	0,008*
AKGN	1.	10,2±4,8	7,9±3,4	2,3	2,106	0,496	0,000**
	2.	9,2±4,3	7,2±2,8	2,0	1,623	0,662	0,033*
AKGB	1.	6,4±3,1	4,9±2,3	1,5	1,772	0,417	0,003*
	2.	4,6±1,4	3,1±1,2	1,5	1,093	0,446	0,022*
AKGP	1.	6,2±2,7	4,5±1,4	1,7	1,482	0,349	0,000**
	2.	5,5±1,5	3,9±0,9	1,6	0,854	0,348	0,082
AKGT	1.	17,9±9,0	12,6±6,7	5,3	3,685	0,868	0,000**
	2.	17,2±9,2	9,0±4,1	8,2	5,484	2,238	0,015*
AKGPR	1.	9,3±5,9	5,2±2,5	4,1	3,724	0,877	0,000**
	2.	8,7±2,9	5,2±1,5	3,5	1,955	0,798	0,007
AKGSI	1.	11,6±5,5	7,3±3,6	4,3	3,400	0,801	0,000**
	2.	12,0±4,7	6,8±4,7	5,2	4,488	1,832	0,026*
AKGS	1.	17,3±9,2	11,4±4,8	5,9	6,420	1,513	0,001*
	2.	12,4±4,4	9,1±2,6	3,3	2,582	1,054	0,025*
AKGM	1.	7,8±3,1	6,2±2,6	1,6	1,244	0,293	0,000**
	2.	6,9±2,8	5,5±1,8	1,4	1,968	0,803	0,124

\* sprememba je statistično značilna pri 0,05 ( $\alpha = 5\%$ )

\*\* sprememba je statistično značilna pri 0,001 (Bonferronijeva korekcija)

Iz tabele 9 vidimo, da se je statistično značilno spremenil delež maščobne mase (AMASP), kot tudi dejanska mišična masa (AMIS), medtem ko se delež mišične mase (AMISP) ni bistveno spremenil. V drugi skupini se je po odpravi celo povečal. Da rezultatov ne bi

razumeli narobe, je potrebno opozoriti na razliko med dejansko mišično maso (AMIS) in deležem mišične mase (AMISP). Dejanska mišična masa je izračunana in izražena v kilogramih (ali drugih merskih enotah za težo). Le-ta se je v obeh skupinah med odpravo močno zmanjšala, in sicer so člani prve in druge odprave povprečno izgubili 3,7 kilograma mišične mase. To znaša 9,7 odstotkov glede na začetno mišično maso.

Variable	Odprava	M1±SD1	M2±SD2	M <sub>diff</sub>	SD <sub>diff</sub>	SE <sub>mean</sub>	Sig. (2-tail)
AMIS	1.	37,7±3,6	34,0±3,8	3,7	1,544	0,364	0,000**
	2.	37,9±3,0	34,3±2,9	3,6	1,026	0,419	0,000**
AMISP	1.	48,9±3,5	48,1±2,6	0,8	1,823	0,429	0,093
	2.	50,2±3,4	50,3±2,4	-0,1	1,169	0,477	0,414
AMASP	1.	15,6±8,1	10,8±4,5	4,8	4,343	1,023	0,000**
	2.	11,3±3,1	8,4±2,3	2,9	1,268	0,518	0,002*

\* sprememba je statistično značilna pri 0,05 ( $\alpha = 5\%$ )

\*\* sprememba je statistično značilna pri 0,001 (Bonferronijeva korekcija)

**Tabela 9:** Prikaz statističnih vrednosti prve in druge odprave za spremenljivke indeksov maščobne in mišične mase.

Ta izguba pa se lahko močno izraža v zmanjšani sposobnosti mišic za delo, predvsem v vzdržljivosti in premagovanju maksimalnega napora, zaradi česar se poskušajo alpinisti tej izgubi izogniti. Indeks AMISP in AMASP sta deleža mišične in maščobne mase glede na celotno telesno težo, izražena v odstotkih. Na ta način nam ponazarjata sestavo telesa. Delež mišične mase (AMISP) 50 odstotkov pri osebi teži 90 kilogramov pomeni, da ima ta oseba 45 kilogramov mišične mase, pri osebi teži 80 kilogramov, pomeni delež mišične mase (AMISP) 50 odstotkov, da ima ta oseba 40 kilogramov mišične mase. Če bi prva oseba izgubila deset kilogramov, od tega približno pet kilogramov mišic in približno pet kilogramov maščobe, bi njen AMISP ostal nespremenjen (masa kostne mase bi ostala enaka). Tako se je tudi pri naših merjenih skupinah mišična masa zmanjšala, razmerje oziroma delež mišične mase pa je ostal skoraj enak. Verjetno tudi na račun zmanjšane hidracije telesa. Pri odrasli osebi voda sestavlja od 67 do 75 odstotkov človekovega telesa. Pri otrocih je ta delež nekoliko večji, pri starejših pa manjši (Hafner, 2004). Zaradi tega velikega odstotka, lahko zmanjšanje vode v telesu močno vpliva na deleža mišične in predvsem maščobne mase. Dejanska maščobna masa se je v prvi skupini povprečno zmanjšala za 4,6, v drugi skupini pa za 2,9 kilograma, kar predstavlja 37 oziroma 36 odstotka. Z manjšanjem maščobne mase telo izgublja lastno zaščito proti mrazu. V ekstremnih razmerah na višinah to pomeni še večjo nevarnost podhladitve in zmrzlin, poleg



tega pa mora telo za vzdrževanje lastne toplote oziroma segrevanje porabiti več energije, ki jo telesu velikokrat že primanjkuje.

Če pogledamo nastale spremembe pri posamezniku, lahko opazimo, da so v našem primeru osebe z višjim začetnim deležem maščobne mase (29,8, 23,1 in 22,2 odstotkov) izgubile manj mišične mase (1,6, 1,6 in 2,6 kilogramov, kar je 4,9, 4,7 in 5,8 odstotkov glede na njihovo začetno stanje). Pri njih je šla izguba telesne teže večinoma na račun izgube maščobne mase. Izguba mišične mase pa je bila največja (4,6, 4,1 in 4,3 kilogramov oziroma 13,9, 11,3 in 10,7 odstotkov glede na začetno stanje) pri osebah z najnižjim začetnim deležem maščobne mase (5,1, 5,7 in 7,4 odstotkov). Iz tega lahko predvidevamo, da lahko višji začetni delež maščobne mase omili izgubo mišične mase.

Če bi želeli pojasniti nastale antropometrične spremembe, bi morali vsakega posameznika tekom celotne odprave obravnavati celostno. To pomeni, da bi morali na začetku poleg antropometričnih mer preverjati še fiziološke značilnosti, telesno pripravljenost, kar bi bilo smotno spremljati večkrat med samo odpravo, za boljši pregled poteka dogodkov. Zelo pomembno je ugotavljanje porabe energije med napori na odpravi. V drugih raziskavah sem zasledila, da to uspešno preverjajo s tako imenovano metodo dvakrat označene vode (doubly labeled water). Prav tako pomembno je spremljanje vnosa energije preko zaužite hrane ter hidriranost telesa. Zanimivo bi bilo spremljati fizične sposobnosti glede na izgube maščobne in mišične mase. Vse to pa bi vzelo veliko časa, ki si ga raziskovalci na odpravah največkrat ne vzamejo. Prav tako pa to že presega meje moje diplomske naloge.

## 6. ZAKLJUČEK

Kot smo že v uvodu omenili, je glede vplivov povišanih nadmorskih višin na telo oziroma načinov, kako se tem vplivom izogniti še veliko nejasnosti. Tako po svetu, kot tudi pri nas potekajo številne raziskave na to temo. Cilji te diplomske naloge so bili doseženi. Z dobljenimi rezultati ne moremo zavrniti ničelne hipoteze. Pri prvi odpravi se je statistično značilno spremenilo 15 od 19 testiranih spremenljivk. Pri drugi odpravi pa le tri. Pri obeh odpravah sta se statistično spremenili telesna teža in mišična masa. Pri prvi odpravi se je spremenil izračunan delež maščobne mase, nespremenjen je ostal delež mišične mase, ki se je pri drugi skupini celo povečal. Tako so povprečno v prvi in drugi skupini udeleženci izgubili 7,30 kilogramov na telesni teži, od tega 3,68 kilogramov mišične in 3,71 kilogramov maščobne mase. Ker lahko te izgube negativno vplivajo na fizične sposobnosti, se jim je potrebno čim bolj izogniti. Na podlagi teoretičnih znanj vemo, da moramo pri odpravah v povišane nadmorske višine poskrbeti predvsem za:

- primerno aklimatizacijo, da se telo privadi spremenjenim pogojem in nanje umirjeno reagira,
- uživanje energijsko zadostne količine hrane, da se pokrije vsa porabljena energija ter da ne pride do negativne energijske bilance,
- uživanje primerne hrane; glavni vir energije naj bodo ogljikovi hidrati, saj za prebavo potrebujejo najmanj kisika in s tem najmanj obremenjujejo telo,
- zadostno preskrbo telesa s tekočino,
- zaščito telesa pred vremenskimi vplivi, kot so mraz, veter, sonce,
- začetno dobro telesno pripravljenost, da lahko telo čim bolj optimalno porablja energetske zaloge.

Tako kot človek ni narejen, da bi živel globoko pod morsko gladino, da bi prosto letal po zraku, tudi ni narejen za življenje blizu najvišjim točkam na Zemlji. Vendar lahko s svojim znanjem in vztrajnostjo doseže tudi, kar se danes zdi nemogoče.

## 7. LITERATURA

Askew, W. (1995). Environmental and physical stress and nutrient requirements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(3), 631S-637S.

Barry, P. W., Pollard, A.J. (2003). Altitude Illness. *BMJ Publishing Group Ltd*, 326(7395), 915–919.

Bernadette, M. & Sydne, C. (1996). *Nutritional Needs In Cold And In High-Altitude Environments*. Washington: Nacional Academy Press. Pridobljeno 13. 1. 2005 s svetovnega spleta: <http://www.nap.edu/openbook/0309054842/html/>

Boyer, S. & Blume, F. (1984). Weight loss and changes in body composition at high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 57(5), 1580-1585.

Bravničar, M. (1994). *Fiziologija športa, vaje I*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Burnik, S., (2003). *Turno smučanje, plezanje v snegu in ledu*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Butterfield, G., Gates, J., Fleming, S., Brooks, G., Sutton, J., Reeves, J. (1992). Increased energy intake minimizes weight loss in men at high altitude (Raziskovalno poročilo). Geriatric Research, Education, and Clinical Center. Pridobljeno 23. 8. 2005 s svetovnega spleta: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/72/5/1741>

Gruber, J.J., Pollock, M.L., Graves, J.E. (1990). Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(2), 184-190.

Hackett, P.H., Roach, R.C. (2001<sub>a</sub>). High-Altitude Illness. *The New England Journal of Medicine*, 345(2), 107–114.

Hackett, P.H. & Roach, R.C. (2001<sub>b</sub>). Frontiers of hypoxia research: acute mountain sickness. *The Journal of Experimental Biology*, 204(13), 3161-3170.

Hafner, M. (2004). *Telo trpi brez vode*. Revija Zdravje, 54(7), 32-34.

Hannon, J.P., Klain, G.J., Sudman, D.M., Sullivan, F.J. (1976). Nutritional aspects of high-altitude exposure in women. *The American journal of clinical nutrition*, 29(6):604-613.

Harris, M.d., Terrio, J., Miser, W.F., Yetter III, J.F. (1998). High-Altitude Medicine. *American Academy of Family Physican*, 57(8), 31-39.

Haymes, E. & Wells, C., (1986). *Environment and human performance*. USA: Human Kinetics Publisher, Inc.

Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z., Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied physiology*, 89(1), 81-88.

Kocijančič, A., Mrevlje, F. (1993). *Interna medicina*. Ljubljana: EWO, 482–6.

Krasney, J.A. (1994). A Neurogenic Basis for Acute Altitude Illness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 126(2), 195-208.

Kravitz, L., Heyward, V. (1992). Getting a Grip on Body Composition. Pridobljeno 12. 8. 2005 s svetovnega spleta: <http://www.drtenkravitz.com/Articles/griponbodycomp.html>

Kraut, B. (1993). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Kravitz, L., Heyward, V. (1992). Getting a grip on body composition. *IDEA Today*, 10(4), 34-39.

Lasan, M. (1987). *Antropometrija: (priročnik za študente Fakultete za telesno kulturo in trenerje)*. Ljubljana: Fakulteta za telesno kulturo.

Lasan, M. (1996). *Fiziologija športa-harmonija med delovanjem in mirovanjem*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport: Viharnik.

Lukaski, H. (1997). Sarcopenia: Assessment of Muscle Mass. *The Journal of Nutrition*, 127(5), 994S-997S.

McKean, R. (2003). Nutritional Information for High Altitude Sports. [ScottishSport.co.uk](http://www.scottishsport.co.uk). Pridobljeno 12. 8. 2005 s svetovnega spleta:

<http://www.scottishsport.co.uk/running/altitude1.htm>

Mišigoj-Durakovič, M. (1995). *Morfološka antropometrija u športu*. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturo.

Mountain, S., Baker-Fulco, C., Patton, B., Lieberman, H. (2001). Nutritional Advice for Military Operations in a High-Altitude Environment. Massachusetts: U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine. Pridobljeno 10. 12. 2004 s svetovnega spleta: <http://www.usariem.army.mil/nutri/nuadalti.htm>

Napier, P. & West, J. (1995). Medical and Physiological Considerations for a High-Altitude MMA Site. Socorro; NRAO, San Diego; UCSD. Pridobljeno 6. 12. 2005 s svetovnega spleta: <http://www.alma.nrao.edu/memos/html-memos/abstracts/abs162.html>

Neubauer, J.A. (2001). Physiological and Genomic Consequences of Intermittent Hypoxia. *Journal of Applied physiology*, 90(4), 1593-1599.

Pardoe, S., Pardoe, J. (2003). Altitude & Acclimatization Page. England. Pridobljeno 6. 12. 2004 s svetovnega spleta: <http://www.pardoes.com/climbing/acclima.htm>

Pocajt, M. & Širca, A. (1990). *Anatomija in fiziologija*. Ljubljana: DZS.

Pokorn, D., (1998). *Gorivo za zmagovalce*. Ljubljana: Forma 7.

Purkayastha, S.S., Ray, U.S., Arora, B.S. (1995). Acclimatization at high altitude in gradual and acute induction. *Journal of Applied Physiology*, 79(2), 487-492.

Rai, R.M., Malhotra, M.S., Dimri, G.P., Sampathkumar, T. (1975). Utilization of different quantities of fat at high altitude. *The American journal of clinical nutrition*, 28(3), 242-245.

Reynolds, R., Lickteig, J.A., Deuster, P., Howard, M. (1998). Intakes of High Fat and High Carbohydrate Foods by Humans Increased with Exposure to Increasing Altitude During an Expedition to Mt. Everest. *The Journal of Nutrition*, 128(1), 50-55.

Reynolds, R., Lickteig, J.A., Deuster, P., Howard, M., Conwac, J.M., Pietersma, A., DeStoppelaar, J., Deurenberg, P. (1999). Energy Metabolism Increase and Regional Body Fat Decrease While Regional Muscle Mass Is Spared in Humans Climbing Mt. Everest. *The Journal of Nutrition*, 129(7), 1307-1314.

Ross, W.D., Crawford, S.M., Kerr, D.A., Ward, R., Bailey, D.A., Mirwald, R.M. (1988).

Relationship of the body mass index with skinfolds, girths, and bone breadths in Canadian men and women aged 20-70 years. *American journal of physical anthropology*, 77(2), 169-73.

Westerterp, K.R. (2001). Energy and Water Balance at High Altitude. *News in Physiological Sciences*, 16(3), 134-137.

PRILOGA 1

TABELE VREDNOSTI ZAČETNIH IN ZAKLJUČNIH MERITEV NA ODPRAVAH  
EVEREST (1997) IN GASHERBRUM II (2004)

**Tabela 10:** Vrednosti začetnih meritev na prvi odpravi (Everest 1997).

oseba	av	at	aonl	aonmaxl	aopl	aosl	aoslsr	aoml	akgh	akgn	akgb	akgp	akgt	akgpr
a	191	90	34,8	37,4	28,8	62,0	58,6	44,7	15,2	10,4	7,2	7,2	30,0	14,2
b	172	74	29,0	32,6	26,7	57,4	53,5	36,2	11,2	7,6	4,6	5,2	14,5	10,0
c	169	76	31,5	33,3	28,0	60,4	55,5	39,1	22,0	15,4	9,0	6,0	16,6	11,4
d	182	80	30,9	33,1	28,5	57,6	54,5	39,5	18,0	9,0	10,8	8,8	26,0	15,4
e	180	76	32,1	35,8	29,4	56,5	52,3	40,0	12,2	8,8	6,8	7,8	13,2	5,0
f	190	82	30,4	33,3	26,6	57,3	52,3	35,7	25,6	16,4	11,8	13,4	40,0	22
g	186	83	32,8	35,4	27,6	58,9	56,1	42,3	15,4	5,6	5,0	4,8	12,0	5,2
h	175	80	34,7	36,4	28,6	59,6	57,6	39,7	16,4	10,2	7,0	5,9	20,0	4,9
i	181	80	30,8	33,3	27,4	54,8	52,4	38,8	10,2	7,8	3,4	4,0	12,4	4,0
j	170	62	30,0	32,8	28,0	49,0	50,5	35,0	7,4	4,2	2,2	3,2	5,4	3,4
k	174	76	31,7	34,1	28,2	56,0	52,8	37,5	9,0	9,4	3,0	3,6	11,2	4,8
l	175	68	27,4	30,8	26,9	53,8	52,5	37,7	7,8	11,2	4,4	4,3	13,0	5,2
m	185	78	29,8	33,8	27,6	56,6	52,5	38,1	11,8	10,0	7,6	5,6	22,0	11,2
n	176	78	32,3	36,2	27,5	61,0	56	40,3	14,6	23,6	13,0	10,8	30,0	21,0
o	185	78	28,7	31,2	27,9	54,5	52,1	37,8	9,2	5,2	3,8	4,2	14,0	4,6
p	184	80	31,8	33,2	28,7	58,2	54	37,6	11,8	10,9	7,0	7,0	21,0	9,0
r	170	75	30,1	33,2	28,8	57,8	53,8	41,3	11,4	14,0	4,6	5,6	15,0	12,4
s	180	73	26,5	29,3	27,7	53,0	51,4	38,4	7,0	4,4	3,4	3,8	6,0	3,2

oseba	akgsi	akgs	amaspp	amisp	amisin	akgm	adenm	gost	mastino1	mastino2
a	21,4	35,0	24,73	49,78	44,8	12,4	1,06	1,03	18,64	30,82
b	7,4	20,8	13,53	44,97	33,28	8,4	1,08	1,06	10,83	16,22
c	17,8	22,0	20,82	48,18	36,61	7,5	1,07	1,03	12,03	29,62
d	15,2	15,2	18,57	48,34	38,67	6,2	1,08	1,03	8,26	28,88
e	13,0	12,4	11,62	53,09	40,35	6,4	1,09	1,06	6,52	16,73
f	18,6	33,0	36,34	39,04	32,01	12,2	1,06	0,97	18,11	54,57
g	8,0	14,2	11,83	53,28	44,22	6,8	1,08	1,06	7,61	16,06
h	11,2	23,6	18,48	49,02	39,22	11,6	1,07	1,04	12,58	24,39
i	5,8	8,4	9,51	49,14	39,31	5,2	1,09	1,07	4,37	14,64
j	4,2	4,0	5,1	53,87	33,4	3,0	1,10	1,08	2,00	8,20
k	7,0	13,8	10,65	49,92	37,94	4,8	1,08	1,07	7,08	14,22
l	6,2	16,2	11,88	48,43	32,93	9,0	1,08	1,06	8,26	15,51
m	10,6	10,4	14,01	49,52	38,62	7,4	1,09	1,05	5,47	22,54
n	20,4	34,0	29,62	44,5	34,71	14,6	1,06	1,00	18,06	41,18
o	10,2	10,8	9,57	48,35	37,71	7,4	1,09	1,07	5,55	13,59
p	13,8	16,2	15,47	49,55	39,64	7,0	1,08	1,05	8,46	22,48
r	13,6	15,6	14,26	51,15	38,36	6,0	1,08	1,05	8,13	20,39
s	3,8	5,9	5,66	49,97	36,48	3,9	1,10	1,08	2,94	8,37



**Tabela 11:** Vrednosti zaključnih meritev na prvi odpravi (Everest 1997).

oseba	av	at	aonl	aonmaxl	aopl	aosl	aoslsr	aoml	akgh	akgn	akgb	akgp	akgt	akgpr
a	191	83	32,0	34,2	28,4	56,2	54,0	41,7	12,2	7,2	6,0	5,2	22,0	6,6
b	172	61	25,8	29,1	25,4	49,3	46,5	33,0	8,0	5,4	3,6	3,8	7,2	4,2
c	169	73,5	29,5	32,4	27,2	57,0	52,8	38,2	14,4	13,0	4,0	5,2	15,2	7,0
d	182	77	29,0	31,2	27,6	54,2	50,1	37,7	15,0	7,8	8,8	5,4	19,0	6,2
e	180	73	29,6	32,4	27,8	53,2	49,0	37,6	9,6	5,0	3,4	5,4	7,2	4,0
f	190	72	27,8	30,2	24,8	51,0	47,1	33,2	17,0	12,0	8,2	9,0	26,0	10,2
g	186	80	31,1	33,8	28,7	55,6	52,3	40,5	12,4	5,4	4,2	4,4	10,0	4,0
h	175	67	30,8	32,5	26,3	55,3	51,8	36,5	13,0	8,0	7,6	4,6	17,5	4,0
i	181	72	28,6	31,6	26,5	51,0	48,4	36,2	9,8	8,2	5,6	3,8	11,2	4,4
j	170	58	27,5	30,0	26,4	44,5	46,5	33,2	7,2	3,4	2,2	2,6	4,8	2,8
k	174	65	29,3	31,0	25,7	51,1	50,1	34,8	8,0	6,2	3,0	3,4	5,8	3,4
l	175	66	26,6	28,5	26,0	51,6	49,0	35,8	7,2	9,0	3,6	3,6	7,2	3,6
m	185	69	27,9	30,5	26,0	51,5	4,2	34,4	11,0	8,6	4,2	4,6	17,8	6,2
n	176	75	30,8	33,5	27,1	56,3	52,6	37,2	13,0	17,5	10,4	5,8	23,0	12,0
o	185	73	27,7	29,8	27,2	51,8	50,5	36,0	9,4	5,6	3,0	3,6	8,8	3,2
p	184	71	27,5	29,5	26,8	52,5	47,8	34,4	8,8	8,4	4,0	3,6	9,8	5,0
r	170	67	27,4	29,0	26,5	52,0	49,3	37,6	9,6	6,7	3,6	4,0	9,0	4,6
s	180	68,5	25,5	28,0	26,7	50,0	49,4	35,4	7,0	4,2	3,0	3,4	6,0	3,0

oseba	akgsi	akgs	amaspp	amisp	amisin	akgm	adenm	gost	mastino1	mastino2
a	9,8	17,2	15,01	50,83	42,19	9,4	1,08	1,05	9,00	21,01
b	4,8	10,2	7,49	46,22	28,20	5,8	1,09	1,08	5,18	9,79
c	9,4	17,8	15,60	47,28	34,75	6,8	1,08	1,05	9,43	21,77
d	12,0	12,5	13,99	46,69	35,95	5,2	1,09	1,05	6,71	21,26
e	4,6	6,8	6,94	51,29	37,44	3,8	1,09	1,08	3,53	10,35
f	12,2	11,6	18,36	42,30	30,45	9,6	1,09	1,03	6,35	30,37
g	6,2	11,4	9,65	52,54	42,03	4,8	1,09	1,07	6,02	13,28
h	8,2	12,0	12,79	51,22	34,32	10,6	1,09	1,05	6,35	19,23
i	5,4	7,8	9,03	47,29	34,05	5,6	1,09	1,07	4,05	14,01
j	4,0	3,4	4,61	49,58	28,76	2,8	1,10	1,08	1,69	7,52
k	4,0	9,8	7,25	49,65	32,27	5,2	1,09	1,08	4,97	9,52
l	5,0	16,0	9,61	46,62	30,77	6,6	1,08	1,07	8,12	11,10
m	8,0	11,6	12,31	47,90	33,05	5,4	1,09	1,06	6,05	18,58
n	17,0	23,5	20,8	44,12	33,09	12,2	1,07	1,03	12,35	29,25
o	5,2	10,4	8,32	47,96	35,01	5,8	1,09	1,07	5,35	11,29
p	5,6	7,4	8,33	48,82	34,66	4,0	1,09	1,07	3,79	12,87
r	5,6	10,4	8,69	48,76	32,67	4,0	1,09	1,07	5,36	12,02
s	3,6	6,2	5,69	47,26	32,37	4,8	1,10	1,08	3,09	8,28

**Tabela 12:** Vrednosti začetnih meritev na drugi odpravi (Gasherbrum II).

oseba	av	at	aonl	aonmaxl	aopl	aosl	aoslsr	aoml	akgh	akgn	akgb	akgp	akgt	akgpr
t	174,7	76,8	30,3	32,8	27,6	58,1	56,3	36,5	14,4	7,6	6,4	6,8	23,4	10,4
u	168	66	30,4	32,3	26,3	54,8	53,5	38,4	8,6	5,4	3,4	13,2	8,4	8,4
v	170	77,5	32,4	34,9	28,5	59,4	57,5	40,8	15,4	13,6	5,0	6,4	21,6	12,0
w	186	88	33,0	34,5	29,6	59,5	55,0	39,0	15,0	14,5	6,0	7,4	30,5	11,0
y	172,5	72	29,3	31,7	27,2	57,5	55,2	40,5	8,6	10,0	3,2	4,5	7,6	4,8
x	180	78	27,8	29,6	27,8	55,5	53,2	37,5	6,4	4,0	3,4	3,8	7,4	5,8

oseba	akgsi	akgs	amaspp	amisp	amisin	asr	asm	apkoml	apzl	apkoll	apssl	atav
t	17,6	16,8	14,1	45,7	35,1	41,4	28,5	7,0	5,9	9,8	7,7	0,44
u	9,8	6,2	8,9	52,6	34,7	40,2	27,8	7,2	5,7	9,3	7,5	0,39
v	14,2	12,4	13,0	51,9	40,3	40,9	27,6	7,4	6,0	9,8	8,0	0,46
w	16,5	18,5	14,9	48,4	42,6	38,1	30,5	7,0	5,8	10,4	7,2	0,47
y	8,8	11,0	9,7	52,4	37,7	41,1	27,7	6,2	5,7	10,0	7,5	0,42
x	6,2	10,2	7,9	47,6	37,2	43,5	28,8	7,1	5,7	10,5	7,5	0,43

oseba	atelp	akos	akosp	aekto	amezo	aendo
t	1,94	15,9	20,7	1,5	4,8	4,0
u	1,76	15,0	22,7	1,9	6,0	2,3
v	1,92	15,9	20,5	0,6	6,8	4,3
w	2,14	17,0	19,3	2,0	4,5	4,5
y	1,86	15,2	21,1	1,8	4,9	2,7
x	1,98	16,6	21,3	2,3	4,4	1,5

**Tabela 13:** Vrednosti zaključnih meritev na drugi odpravi (Gasherbrum II).

oseba	av	at	aonl	aonmaxl	aopl	aosl	aoslsr	aoml	akgh	akgn	akgb	akgp	akgt	akgpr
t	174,7	64,5	26,6	29,5	26,0	51,8	49,1	33,5	9,8	6,4	3,2	4,6	9,4	6,3
u	168,0	61,0	28,0	29,6	26,4	52,0	51,0	36,4	6,8	5,4	2,0	3,2	7,0	4,2
v	170,0	68,5	29,0	31,0	27,2	54,0	47,0	39,2	10,4	10,6	2,8	3,8	11,4	5,4
w	186,0	80,0	31,0	34,0	29,0	55,5	51,0	37,0	11,8	10,4	5,4	5,2	15,8	7,6
y	172,5	66,0	26,0	30,5	26,5	53,5	52,0	38,5	7,0	7,0	3,0	4,0	6,0	4,0
x	180,0	70,0	25,0	27,4	27,0	50,5	49,6	37,0	5,4	3,6	2,2	2,8	4,8	3,6

oseba	akgsi	akgs	amaspp	amisp	amisin	asr	asm	apkoml	apzl	apkoll	apssl	atav
t	5,7	9,8	9,2	47,5	30,6	41,4	28,5	7,0	5,9	9,8	7,7	0,37
u	4,6	7,0	6,8	54,0	33,0	40,2	27,8	7,2	5,7	9,3	7,5	0,36
v	5,4	8,2	9,0	52,5	36,0	40,9	27,6	7,4	6,0	9,8	8,0	0,40
w	15,8	13,6	12,1	48,7	39,0	38,1	30,5	7,0	5,8	10,4	7,2	0,43
y	6,4	8,0	7,7	50,8	33,5	41,1	27,7	6,2	5,7	10,0	7,5	0,38
x	2,8	7,4	5,6	47,7	33,4	43,5	28,8	7,1	5,7	10,5	7,5	0,39

oseba	atelp	akos	akosp	aekto	amezo	aendo
t	1,77	15,9	24,7	3,3	3,7	2,1
u	1,69	15,0	24,5	2,7	5,2	1,5
v	1,80	15,9	23,2	1,8	6,0	2,6
w	2,04	17,0	21,2	3,0	3,9	3,8
y	1,78	15,2	23,1	2,7	4,1	2,0
x	1,88	16,6	23,8	3,4	3,8	0,9