

**UNIVERZITET U BEOGRADU**  
**FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA**



**ZAVRŠNI RAD**  
**РАЗВОЈ ИЗДРŽЉИВОСТИ ПЛАНИНАРА ЗА**  
**VISOKOGORSKE USPONE**

**Student:**

**Veljko Dragumilo**

**Mentor:**

**Red. prof. dr Đorđe Stefanović**

**Beograd, 2015.**

**UNIVERZITET U BEOGRADU**

**FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**RAZVOJ IZDRŽLJIVOSTI PLANINARA ZA**

**VISOKOGORSKE USPONE**

Student:

Veljko Dragumilo 41-S/2006

Mentor:

Red. prof. dr Đorđe Stefanović

---

Rad odbranjen: \_\_\_\_\_

Ocenom: \_\_\_\_\_

Članovi komisije:

Doc. dr Vladimir Ilić

---

Asis. dr Igor Ranisavljev

---

**Beograd, 2015.**

1. UVOD.....	4
2. TEORIJSKI OKVIR RADA.....	5
2.1. Uticaj nadmorske visine na čoveka.....	5
2.2. Akutne reakcije na hipobaričnu hipoksiju.....	7
2.3 Aklimatizacija.....	12
2.4. Sportske aktivnosti na umerenim i velikim nadmorskim visinama.....	16
3. KONDICIJSKA PRIPREMA PLANINARA.....	20
3.1. Svestrana kondicijska priprema.....	20
3.2 Specifična kondicijska priprema.....	21
3.3. Zakonitosti razvoja izdržljivosti.....	22
3.4. Trening izdržljivosti u planinarenju.....	23
3.4.1. Sredstva i metode za razvoj izdržljivosti.....	35
3.4.2. Aerobne i anaerobne mogućnosti čoveka.....	42
3.4.3. Kriterijumi i komponente opterećenja u treningu izdržljivost.....	45
3.4.4. Efekti visinskih priprema na razvoj izdržljivosti planinara.....	48
4. ZAKLJUČCI.....	54
5. LITERATURA.....	55

## **1. Uvod**

Pojam visokogorstva nije u potpunosti i sasvim precizno definisan, a iz naziva je jedino vidljivo da se radi o usponima na visoka gorja. Visokogorstvo svakako nije alpinizam, ali ni granice između visokogorstva i alpinizma nisu strogo naznačene i lako se pomeraju na obe strane. Prema tome, visokogorstvo predstavlja ekstremnu planinarsku aktivnost na granici sa alpinizmom, ili prelazni oblik planinarenja ka alpinizmu, mada nije uvek moguće napraviti jasno razdvajanje. Zato se može reći da je visogorstvo vrsta planinarenja koja podrazumeva uspone na vrhove preko 2000 mnv. Svaki odlazak u visoke planine može se nazvati visokorstvom, a učesnici ovakvih akcija visokogorcima. (Stojanović, 2013)

Osobe koje se bave planinarenjem moraju proći kroz kondicijsku pripremu koja se sastoji iz dve vrste priprema, čine ih svestrana kondicijska priprema i specifična kondicijska priprema.

Ovaj rad se odnosi na uticaj nadmorske visine na osobu koja se bavi planinarenjem tj visokorstvom, kao kondicijskom pripremom koja je potrebna i neophodna kako bi se sportista pripremio za uspon na nadmorskiju visinu preko 2000 m.

## **2.Teorijski okvir rada**

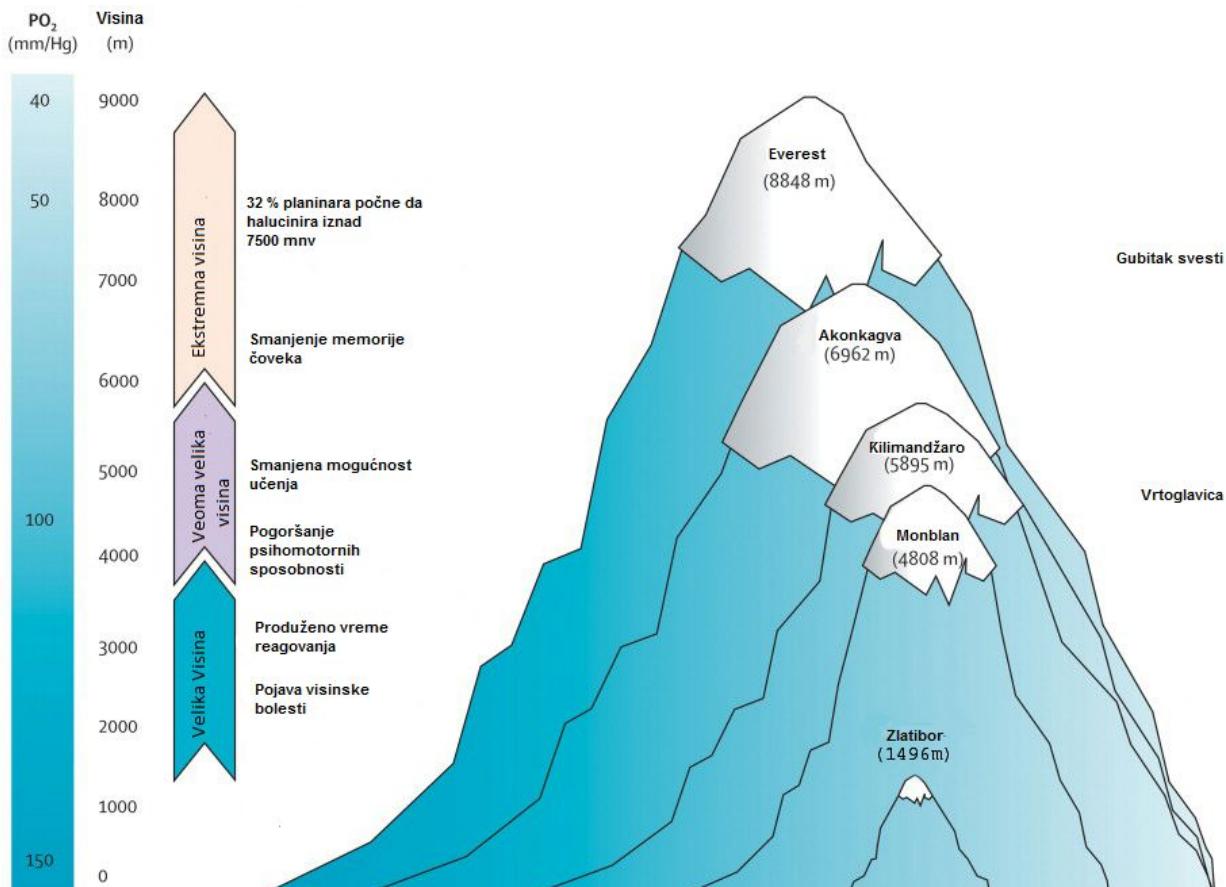
### **2.1. Uticaj nadmorske visine na čoveka**

Često se pravi greška kada se kaže da je na velikim nadmorskim visinama koncentracija kiseonika u vazduhu manja. Atmosferski vazduh na bilo kojoj nadmorskoj visini sadrži 20.93% kiseonika ( $O_2$ ), 0.03% ugljen-dioksida ( $CO_2$ ) i 79.04% azota ( $N_2$ ). Umesto koncentracije, sa porastom nadmorske visine postepeno opada parcijalni pritisak kiseonika ( $PaO_2$ ) (Brutsaert i sar., 2000).

Što je veća nadmorska visina, to je manji barometrički pritisak. Za vrednosti ispod nivoa mora važi princip da što dublje idemo, pritisak je veći. Eksperti su izračunali da je na nivou mora pritisak oko 760mmHg, dok je na vrhu Mont Everesta (8848 mnv) barometrički pritisak samo 231mmHg. (Campos i Costa, 1999)

Težina vazduha i barometrički pritisak imaju direktni uticaj na parcijalni pritisak kiseonika ( $PaO_2$ ). Na nivou mora parcijalni pritisak kiseonika iznosi 159mmHg. U Meksiku Sitiju parcijalni pritisak iznosi 125mmHg, dok je na vrhu Mont Everesta svega 48mmHg, što je približno vrednosti pritiska u krvi koja okružuje pluća. Na velikim nadmorskim visinama postoje i drugi faktori koji utiču na sportsko izvođenje, kao što su pad temperature, smanjena vlažnost vazduha i povećano zračenje sunca, ali se smatra da je glavni uzrok ograničenih mogućnosti kod sportista upravo smanjeni parcijalni pritisak kiseonika. Kada se snižava parcijalni pritisak kiseonika, tj. smanjuje se broj molekula kiseonika u zapremini udahnutog vazduha (hipoksija), čovek najviše reaguje. Na visini on je podvrgnut narastajućoj hipobaričnoj hipoksiji,a takvi

uslovi se mogu stvoriti u barokomori kada se snizi pritisak, ili se može udisati smeša gasova sa smanjenom koncentracijom kiseonika, a da je ukupni barometarski pritisak smeša normalan. (Ilic N., 2006).



**Slika 1.** Uticaj nadmorske visine na planinara

Kao što se može videti sa prikazane slike, na 5000 mnv česta je pojava vrtoglavice kod planinara, dok na visini preko 7000 mnv može doći do gubitka svesti. Na visinama preko 6000 mnv, odnosno na ekstremnim visinama, veće dehidracije organizma su praćene halucinacijom. Takođe, temperatura vazduha se smanjuje sa povećanjem visine, i to za po  $6.5^{\circ}\text{C}$  na svakih 1000 mnv, pri čemu se smanjuje i relativna vlažnost vazduha. Na visini u toku rada pre može doći do

dehidracije, zato što je vazduh suvlji pa je gubitak vode sa izdahnutim vazduhom veći nego na nivou mora (Ilić N., 2006).

## **2.2. Akutne reakcije na hipobaričnu hipoksiju**

**Kardio-respiratori efekti - arterijski krvni pritisak:** Kod osoba sa normalnim krvnim pritiskom sprovedena su istraživanja kako se menja krvni pritisak pri početnom izlaganju u uslovima hipobarične hipoksije. Rezultati su bili veoma različiti i jedni pokazuju povećanje arterijskog krvnog pritiska, drugi blago opadanje, a treći ne pokazuju nikakve promene. Ono što je primećeno u većini istraživanja je povećanje krvnog pritiska tokom prvog dana izlaganja velikim nadmorskim visinama i kasnije opadanje tih vrednosti na one koje su već dobijene na nivou mora, uglavnom u okviru sistolnog krvnog pritiska (Brutsaert i sar., 2000).

Istraživanja koja prate ponašanje krvnog pritiska kod osoba sa normalnim krvnim pritiskom tokom fizičkih aktivnosti, nakon akutnog izlaganja uslovima hipobarične hipoksije, takođe su pokazala odstupanja. Balke (1964) je uočio povećanje od 5 do 10mmHg u predelu sistolnog krvnog pritiska i smanjenje od 5mmHg u predelu dijastolnog krvnog pritiska u odnosu na vrednosti na nivou mora. Ispitivanje je rađeno kod 6 ispitanika koji su vežbali na biciklometrima u laboratorijsko-reprodukovanim uslovima nadmorske visine od 4200 mnv. Malconian (1990) je uočio smanjenje prosečne vrednosti krvnog pritiska od 10% pri maksimalnim naporima u laboratorijsko-reprodukovanim uslovima nadmorske visine od 8848 mnv, što odgovara vrhu Mont Everesta. D'este (1991) je pri testu submaksimalnog opterećenja kod 10 ispitanika sa normalnim krvnim pritiskom i pri akutnom izlaganju nadmorskoj visini od 2500 mnv primetio da nema značajnih razlika u promenama vrednosti krvnih pritisaka u odnosu

na rezultate dobijene na nivou mora. Palatini (1991) je uočio značajni porast u predelu sistolnog krvnog pritiska u toku odmora, ali ne i pri maksimalnom naporu kod 5 sportista treniranih po tipu izdržljivosti, koji su bili izloženi produženom, submaksimalnom testu na biciklergometrima, 12 sati nakon izlaganja nadmorskoj visini od 3322 mnv.

**Kardiovaskularna autonomna modulacija** - Simpatička nervna aktivnost se povećava sa nadmorskom visinom, ali je više povezana sa ventilatornim odgovorom u uslovima hronične, hipobarične hipoksije, nego sa jačinom same hipoksije.

Akutno izlaganje uslovima hipobarične hipoksije povećava puls u toku odmora. To izlaganje povećava komponentu niske frekvencije i smanjuje komponentu visoke frekvencije u spektralnim analizama. Maksimalni puls tokom vežbanja međutim može da se održava ili može pretrpeti smanjenje. Drugi slučaj se više javlja na velikim nadmorskim visinama, verovatno zbog dužeg vremenskog izlaganja hipoksiji, koja je nezaobilazna u takvim uslovima. Malconian (1990) je uočio smanjenje od 25% od maksimalnog pulsa pri laboratorijsko-reprodukovanim uslovima nadmorske visine od 8848 mnv u odnosu na vrednosti dobijene na nivou mora. Savard (1995) je primetio delimično obnavljanje prethodno pomenutih vrednosti kod pojedinaca koji su bili izloženi uslovima nadmorske visine između 5250 mnv i 8700 mnv, nakon inhalacije 60% O<sub>2</sub> (šezdeseto-procentnog kiseonika) (Campos i Costa, 1999).

Ovi rezultati pokazuju da je akutno prilagođavanje uslovima hipobarične hipoksije usko povezano sa povećanjem simpatičke aktivnosti. Duže vremensko izlaganje ovim uslovima sredine prouzrokuje smanjenje adreneričke aktivnosti (proizvodnja adrenalina i noradrenalina). Hronična hipobarična hipoksija može smanjiti maksimalni puls, tako što smanjuje gustinu i

afinitet beta-adrenergičkih receptora, kao što se pokazalo kod alfa-2 receptora (Campos i Costa, 1999).

**Plućna ventilacija i zasićenost krvi kiseonikom** - Barometrijski pritisak se smanjuje sa povećanjem nadmorske visine. Dok je procenat kiseonika ( $O_2$ ) u vazduhu konstantan (20.93%), parcijalni pritisak kiseonika opada. Manja gustina vazduha na velikim nadmorskim visinama smanjuje otpor disajnih puteva i maksimalni volumen udahnutog i izdahnutog vazduha je znatno veći nego na nivou mora. Uprkos tome, efikasnost ventilatornih mišića može biti smanjena pod uticajem hipoksije i stoga može biti limitirajući faktor prilikom vežbanja (Campos i Costa, 1999).

Plućna ventilacija raste i obrnuto, zasićenost kiseonika ( $SaO_2$ ) opada sa porastom nadmorske visine. Malconian (1990) je u istraživanju pratio 8 zdravih muškaraca (raspon: od 21 do 31 godine) u laboratorijsko-reprodukovanim uslovima nadmorske visine (hipobarična komora) tokom perioda sna. Zasićenost kiseonika ( $SaO_2$ ) na nivou mora je  $97\pm1\%$ , na 2439 mnv je  $91\pm1\%$ , na 4572 mnv je  $79\pm3\%$ , na 6100 mnv iznosi  $62\pm11\%$  i na 7620 mnv je  $52\pm2\%$ . Pri maksimalnim naporima tokom vežbanja na nadmorskoj visini od 8848 mnv na biciklergometru prosečna vrednost zasićenosti kiseonika ( $SaO_2$ ) je iznosila 49%, a prosečna acido-bazna ravnoteža (pH vrednost krvi) je iznosila 8 (Campos i Costa, 1999).

Saturacija krvi se odvija na sledeći način - nakon udaha kiseonik iz plućnih alveola prelazi u krv, koja dalje transportuje kiseonik do tkiva i mišića. Ova razmena gasova između plućnih alveola i krvi se odvija zbog razlike u pritiscima, koji se naziva gradijent pritiska. Pritisak kiseonika u alveolama je veći od pritiska kiseonika u krvi, koja okružuje pluća i na taj način se obogaćuje krv

kiseonikom. Na velikim nadmorskim visinama imamo smanjeni parcijalni pritisak kiseonika koji ulazi u pluća, pa je razlika u pritiscima, odnosno gradijent pritiska manji. Kao posledica toga, zasićenost krvi kiseonikom je manja. Po istom principu dešava se razmena gasova između arterijske krvi, koja je bogata kiseonikom i aktivnih mišića. Parcijalni pritisak kiseonika u arterijskoj krvi na nivou mora iznosi 100mmHg. U aktivnim mišićima parcijalni pritisak kiseonika je konstantan i on iznosi 40mmHg, što znači da je gradijent pritiska 60mmHg. Na nadmorskoj visini od 2439 mnv parcijalni pritisak O<sub>2</sub> u arterijskoj krvi opada na svega 60mmHg, pa je gradijent pritiska svega 20mmHg - umanjena vrednost za čak 70% (Gayton, 1995).

**Potrošnja kiseonika (VO<sub>2</sub>)** - Nekoliko istraživanja su pokazala smanjenje potrošnje kiseonika tokom odmora i/ili pri određenom intenzitetu vežbanja u uslovima umerenih i velikih nadmorskih visina. Basu (1996) je posmatrao 16 ispitanika muškog pola (raspon od 20 do 30 godina) tokom početne faze aklimatizacije (prvih dana izlaganja velikim nadmorskim visinama) na Himalajima, gde je nadmorska visina u rasponu od 3100 mnv i 4200 mnv. Na nešto manjim nadmorskim visinama (2500), Levine (1997) je uočio smanjenje maksimalne potrošnje kiseonika (VO<sub>2</sub> max) za 12% kod populacije od 20 godina starosti, tokom akutnog izlaganja tim uslovima. Nakon aklimatizacije, vrednosti VO<sub>2</sub> su se vratile u normalni opseg. Pri izlaganju ekstremnim uslovima, kao onim na Mont Everestu (pri nadmorskoj visini od 8848m), u laboratorijsko-reprodukovanim uslovima zabeležen je pad maksimalne potrošnje kiseonika (VO<sub>2</sub> max) za čak 80% u odnosu na vrednosti dobijene na nivou mora (VO<sub>2</sub> max na nivou mora u proseku iznosi 62 mL/kg/min, a na visini od 8848 mnv iznosi svega 15 mL/kg/min). Procenjuje se da sedentarne osobe, čije su vrednosti VO<sub>2</sub> max ispod 50 mL/kg/min, ne bi mogle da se kreću, jer bi njihova maksimalna potrošnja kiseonika u tim ekstremnim uslovima iznosila svega 5

mL/kg/min, što je dovoljno da zadovolji samo potrebe za kiseonikom pri totalnom mirovanju. Prema tome, maksimalna potrošnja kiseonika počinje značajno da opada od 1600 mnv pa na više. Na svakih 1000 mnv,  $\text{VO}_2 \text{ max}$  opada za 8-11%.

**Krv** - Zapremina krvi opada sa povećanjem nadmorske visine. Tačnije, zapremina krvne plazme opada do 25% tokom prvih sati izlaganja, a na normalne vrednosti (kao one na nivou mora) dolazi tek posle nekoliko nedelja. Ovakav odgovor tela na uslove sredine su „mere predostrožnosti“, jer smanjenjem zapremine plazme povećava se gustina crvenih krvnih zrnaca. Stvaranje novih crvenih krvnih zrnaca se odvija sporo u akutnoj fazi, pa je ovim mehanizmom omogućena veća koncentracija uobličenih krvnih elemenata i postoji veća mogućnost da se kiseonik veže za hemoglobin (Medved, 1987).

**Eritropoetin** - Tokom prvih nekoliko sati izlaganja hipobaričnoj hipoksiji lučenje bubrežnog eritropoetina se povećava, a svoj vrhunac dostiže nakon 24-48 sati. Eritropoetin stimuliše izgradnju crvenih krvnih ćelija, otprilike nakon nedelju dana značajno povećava koncentraciju hemoglobina, a samim tim i kapacitet prenošenja kiseonika putem krvi. Međutim, iako se količina eritropoetina povećava u akutnoj fazi izlaganja velikim nadmorskim visinama, njegovi efekti se osećaju tek u fazi aklimatizacije (Nikolić, 2003).

**Vaskularni endotelni faktor rasta (VEGF)** – Asano (1998) je posmatrao 8 plivača tokom pripremnog perioda na nadmorskoj visini od 1886 m. Nakon 10 dana treniranja primetio je prelazno smanjenje količine vaskularnog, endotelnog faktora rasta u serumu, a zatim je usledio značajan rast ovog faktora, čije maksimalne vrednosti su zabeležene 19-og dana treniranja. Početne vrednosti vaskularnog, endotelnog faktora rasta su uspostavljene nakon mesec dana po

spuštanju na nivo mora, međutim nije ustanovljeno da li se prelazno smanjenje količine ovog faktora desilo tokom prvih dana izlaganja uslovima velikih nadmorskih visina.

**Mišić** - poprečni presek mišića opada tokom akutne faze boravka na velikoj nadmorskoj visini. Biopsije mišića kod sportista, koji su proveli od 4 do 6 nedelja trenirajući u uslovima hipobarične hipoksije, pokazale su da poprečni presek opada na račun brzo-trzajnih i sporo-trzajnih mišićnih vlakana i to za 20-25%. Ova promena smanjuje celokupnu površinu mišića za 11-13%. Pretpostavlja se da mišić koristi sopstvene proteine usled gubitka apetita u akutnoj fazi izlaganja, što je veoma česta pojava kod sportista po dolasku na veliku nadmorsklu visinu (Keros, 1992).

## **2.3. Aklimatizacija**

Hipobarična hipoksija pokreće adaptivne fiziološke mehanizme, koji su predodređeni da zadovolje energetske potrebe ćelija. Aklimatizacija je uspostavljena kada, nakon perioda izlaganja određenoj nadmorskoj visini (obično je to period oko 2-3 nedelje), imamo prelazak iz akutne u hroničnu adaptaciju na uslove sredine (kada su promene u telu strukturalne, na nivou tkiva i ćelija) (Reynafarje i sar., 1959).

Fiziološke mehanizme predstavljaju (McSharry, 2007):

- 1) povećanje plućne ventilacije;
- 2) smanjenje pulsa, koji je prethodno povećan pri akutnom odgovoru na promenu u sredini;
- 3) smanjenje količine krvne plazme;
- 4) smanjenje akumulacije laktata u krvi tokom submaksimalnih napora u odnosu na vrednosti koje su bile povećane pri akutnom odgovoru na promenu u sredini;
- 5) poboljšanje kardio-respiratornog sistema za napore treninga, takođe u odnosu na početno izlaganje uslovima hipobarične hipoksije;
- 6) povećanje lučenja bubrežnog eritropoetina, u hemoglobinskoj materiji i u hematokritu.

Vreme koje je neophodno za pokretanje ovih mehanizama varira. Neki od njih se potpuno manifestuju nakon samo nekoliko dana po dolasku na određenu nadmorsklu visinu, dok je drugim mehanizmima potrebno i do 2-3 nedelje. Što se tiče ekstremnih nadmorskih visina (visine preko

8000 mnv), period aklimatizacije može trajati i do 77 dana.

Porast visine prati linearan rast broja dana potrebnih za aklimatizaciju, pa su stručnjaci formirali jednostavnu jednačinu, analognu Omovom zakonu, za izračunavanje broja dana na različitim nadmorskim visinama. Prema ovoj jednačini ne možemo precizno izračunati koliko je to dana, jer procesi aklimatizacije ne teku isto kod svake osobe, ali je ustanovljeno da daje minimalni vremenski okvir potreban za potpunu aklimazitaciju. Dakle, adaptacija je količnik vremena i nadmorske visine (Brutsaert i sar., 2000):

### **ADAPTACIJA = VREME / NADMORSKA VISINA**

gde je **adaptacija** = faktor adaptacije na velike nadmorske visine,

**vreme** = vreme provedeno na određenoj nadmorskoj visini u danima i

**nadmorska visina** = visina u kilometrima merena od nivoa mora.

Ako se sportista nalazi na istoj nadmorskoj visini tokom celokupnog boravka, jedina promenljiva varijabla u ovoj jednačini je vreme. Prema istraživanjima utvrđeno je da se potpuna aklimatizacija na nadmorskoj visini od 3500 m dešava nakon 40 dana, pa možemo izračunati faktor adaptacije (Brutsaert i sar., 2000):

$$\text{faktor adaptacije} = 40/3.5 = 11.4 \text{ dana/km}$$

Prepostavljajući da je ovaj linearni faktor adaptacije generalno prihvatljiv, sada možemo izračunati broj dana potrebnih za potpunu aklimatizaciju za različite nadmorske visine pri dolasku sa nivoa mora.

**Primer 1. Brutsaert i sar (2000)** su za nadmorsku visinu od 2500 m dali primer:

$$\text{broj dana} = 11.4 \times 2.5 = 28.5 \text{ dana}$$

Ipak, ova jednačina ne može da predvidi uticaj ostalih faktora sredine poput temperaturnih razlika, jačine vetra, vlažnosti vazduha, ishrane, itd. Takođe, ova jednačina se koristi samo za visine od 2000 mnv pa na više, jer tada nastupaju značajnije promene u organizmu sportiste.

Za razliku od perioda aklimatizacije, povratak na biološke uslove i vrednosti na nivou mora manje je poznat. Beidleman (1997) je proučavao efekte aklimatizacije na 6 ispitanika muškog pola, koji su nakon 16 dana provedenih na visini od 4300 mnv proveli 8 dana na nivou mora, a zatim se vratili na prethodnu visinu od 4300 mnv, ali ovog puta u hipobaričnoj komori. Iako se učinak vežbanja submaksimalnog intenziteta nije održao po povratku na veliku nadmorsku visinu, nekoliko fizioloških promena aklimatizacije su se zadržale. Te fiziološke promene su trajale duže nego što je bilo potrebno za aklimatizaciju, osim pulsa. Ova činjenica može biti opravdana brzom promenom autonomnog nervnog sistema. Neki pojedinci čije sportsko takmičenje ili rekreativne aktivnosti uključuju naizmenična putovanja na velike nadmorske visine, mogu profitirati od promena prethodnih aklimatizacija.

VO<sub>2</sub> max je veoma zavisna od transporta kiseonika do skeletnih mišića u toku vežbanja, svaki prekid "kiseoničke kaskade" iz atmosfere u mitohondrijama može negativno uticati na potrošnju kiseonika.

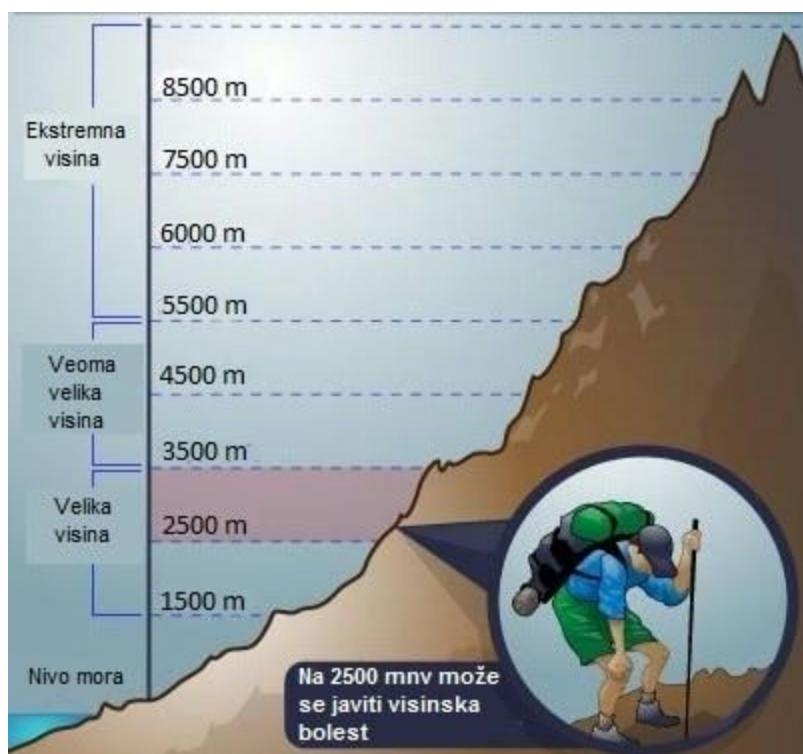
U slučaju akutne izloženosti većoj nadmorskoj visini, smanjenje maksimalne potrošnje kiseonika je pre svega rezultat pada parcijalog pritiska kiseonika, koji smanjuje širenje pluća i smnjuje sadržaj kiseonika u arterijama i transport kiseonika do tkiva (Torre-Bueno, 1985; Vagner, 1996; prema Chapman R., Stickford J., Levine B., 2009).

### **Bolesti nadmorskih visina:**

**Acute mountain sickness (AMS)** ili „akutna planinska bolest“ se najčešćejavlja, a simptomi se razvijaju od 4-tog do 8-mog sata nakon dolaska na veliku nadmorsknu visinu, a oni su: glavobolja, mučnina, nesanica, gubitak apetita i nedostatak daha. Najbolji način da se izbegne ova bolest je postepeno penjanje na određenu nadmorsknu visinu i konzumiranje velike količine vode da ne bi došlo do dehidracije. Pojedinci bi trebalo takođe i da izbegavaju naporne treninge u prvoj fazi aklimatizacije, da obezbede sebi dobar unos vode (otprilike 5 l po danu) i da im ishrana bude laka za varenje, gde uglavnom dominiraju ugljeni-hidrati (McSharry, 2007).

**High-altitude pulmonary edema (HAPE)** ili „visoko-nadmorski plućni edem“ se javlja zajedno sa plućnom hipertenzijom, sa povećanjem propustljivosti plućne kapilarne mreže i nedovoljnom saturacijom krvi kiseonikom (hipoksemijom). Javlja se obično kod mladih i zdravih planinara i ubrzan je naglim penjanjem na visine preko 2500 - 3000 mnv. „HAPE“ se manifestuje od 2. do 5. dana nakon izlaganja uslovima hipobarične hipoksije, 78% slučajeva do 10-og dana, a simptomi su: abnormalna dispnea pri naporu (nedostatak daha), a kasnije, čak i u toku odmora, javljaju se cijanoza, suv kašalj i tahikardija. Ova bolest je vrlo ozbiljna i potencijalno smrtna, pa je neophodno smesta spustiti bolesnika na niže nadmorske visine (McSharry, 2007).

**Slika 2.** Prikaz nadmorske visine na kojoj najčešće dolazi do pojave visinske bolesti



Slikoviti prikaz planinara koji je pod dejstvom visinske bolesti. Na slici je jasno prikazana i kritični interval iznad nivoa mora gde se prilikom naglog penjanja može javiti opisani visoko-nadmorski plućni edem ili akutna planinska bolest, kao blaži vid visinske bolesti.

#### **2.4. Sportske aktivnosti na umerenim i velikim nadmorskim visinama**

Postoje 3 grupe ljudi koje su klasifikovane na način fiziološkog odgovora na hipobaričnu hipoksiju. To su po Viru(1999):

- 1) zdravi ljudi koji žive na nivou mora ili na nižim nadmorskim visinama;
- 2) ljudi koji su rođeni i žive na umerenim ili velikim nadmorskim visinama;

### 3) ljudi koji pate od bolesti srca, pluća i hemoglobinopatijama.

Prva grupa može biti podeljena na podgrupe: fizički neaktivne osobe (sedentarne osobe), fizički aktivne osobe i sportisti. Aklimatizacioni proces nije u direktnoj korelaciji sa prethodnim nivoom kondicijske spremnosti. Sportista sa visokim procentom aerobnih sposobnosti je jednako izložen bolestima nadmorskih visina kao i fizički neaktivna osoba. U apsolutnim vrednostima i to posebno nakon aklimatizacionog perioda, razlike u kardio-respiratornim kapacitetima kod ovih podgrupa su uočljive kao i one na nivou mora. Kondicijski treninzi i intenziteti tih vežbi moraju biti različiti i adekvatni za svaku podgrupu pojedinačno (Viru, 1999).

Druga grupa se može odlično predstaviti šerpasima, malobrojnom etničkom grupa ljudi koja živi na Himalajima, na nadmorskim visinama od 3000 mnv do 4900 mnv. Najveća nadmorska visina na kojoj čovek može da živi je 5300 mnv. Veliki broj pripadnika ovog naroda pruža pomoć planinarima koji žele da osvoje najviše vrhove sveta. Pomoć se ogleda u stručnom čitanju karte i sprovođenju kroz planinu gde šerpasi imaju uloge vodiča i njima u tim slučajevima nije potrebna dodatna zaliha kiseonika. Takođe, šerpasi pomažu planinarima i u nošenju njihovog tereta na putu do baznih kampova. Garrido (1997) je procenio kardio-respiratori kapacitet 6 planinara šerpasa na nivou mora. Vrednosti koje je zabeležio su: maksimalna potrošnja kiseonika ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) iznosi  $66.7 \pm 3.7 \text{ mL/min}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ , a ventilatori anaerobni prag je na  $62 \pm 4\%$  od  $\text{VO}_2\text{max}$ . Zasluge za ovu visoko-funkcionalnu rezervu mogu biti pripisane procesu prirodne selekcije, a takođe i fiziološkim promenama koje su izazvane dugim treningom u neprikladnim i vrlo promenljivim spoljašnjim uslovima prirode. Hipotezu „prirodne selekcije“ dokazuje merenje zasićenosti krvi kiseonikom ( $\text{SaO}_2$ ) tibetanskih i kineskih novorođenčadi, gde su tibetanska

novorođenčad imala veću zasićenost po rođenju i tokom prvih meseci života. Drugu hipotezu, odnosno hipotezu „fizioloških promena u neprijateljskim uslovima prirode“, dokazao je Curran (1999), koji je sproveo test direktne potrošnje kiseonika na biciklernometru, a za ispitanike je uzeo pripadnike iste etničke, tibetanske grupe naroda, koji žive na različitim nadmorskim visinama na 4400 mnv i na 3658 mnv. Primetio je da je prva grupa dospjela veći stepen opterećenja tokom testa sa nižim vrednostima plućne ventilacije.

Treća grupa ljudi je podvrgnuta istraživanjima na nadmorskim visinama od 2000 mnv do 4000 mnv. Većina ljudi koji pate od neke bolesti srca mogu bezbedno dostići ove visine, iako uslovi hipobarične hipoksije stimulišu rad autonomnog nervnog sistema i njegov odgovor može biti pogoršan fizičkom aktivnošću, tako što se povećava potrošnja kiseonika u miokardu. Tokom prva 4 dana izlaganja uslovima velikih nadmorskih visina rizici su veći. Postepen uspon na veliku nadmorsknu visinu sa ograničavanjem fizičke aktivnosti do nivoa nižeg nego na nivou mora, poboljšanje na polju fizičkih sposobnosti pre uspona i striktna kontrola krvnog pritiska, kao dodatak terapeutskoj šemi, umnogome smanjuju moguće komplikacije. Nekoliko sportskih aktivnosti je posebno zavisno od uslova velikih nadmorskih visina i one imaju svoje osobenosti. Tipičan primer je planinarenje, međutim za potrebe ovog rada obratićemo veću pažnju na sportski trening (Viru, 1999).

**Sportski trening** - Ograničavajući faktori koji utiču na sportsko izvođenje na umerenim nadmorskim visinama su posebno praćeni tokom Olimpijskih igara 1968. godine u Meksiku Sitiju, na 2240 mnv. Tada, sportisti koji su se takmičili pretežno u aerobnim aktivnostima nisu obarali prethodne rekorde, na primer u trčanju na dužim distancama. Odlično sportsko izvođenje

je bilo zabeleženo samo u aktivnostima kratkog vremenskog trajanja, kao što je trka na 100 m, za čije potrebe je mobilizacija i korišćenje oksidativnih kapaciteta veoma mala.

Prateći sportiste, koji su se aklimatizovali za takmičenje na nadmorskoj visini od 3600 mnv, primećeno je da su veće komplikacije izazvane dolaskom na veliku nadmorsklu visinu, a pre svega glavobolja, mučnina, povraćanje i smanjenje sposobnosti izvođenja, bile često zastupljene trećeg i sedmog dana boravka. Ove komplikacije su se ponovo javljale kada su se sportisti selili na mesta veće nadmorske visine, kao deo programa postepene aklimatizacije.

Jedna od karakteristika niskog praga osjetljivosti na hipobaričnu hipoksiju je svakako povećanje pulsa u odmoru, pri buđenju, 24 sata nakon dolaska na određenu nadmorsklu visinu, u odnosu na puls dobijen nakon buđenja na nivou mora. Povećanje od 80% bi ukazivalo na kliničke komplikacije na toj nadmorskoj visini, što zahteva individualni trening.

Trening na određenoj nadmorskoj visini ne može biti istog intenziteta kao onaj na nivou mora. Istraživanja studenata raznih univerziteta su pokazala da intenzitet treninga na visini od 2300 mnv treba da bude 60% od  $\text{VO}_2\text{max}$  dobijenog na nivou mora, na 3100 mnv treba da bude 56%, a na 4000 mnv treba biti 39% od  $\text{VO}_2$  max na nivou mora. U praksi to znači da se nailazi na poteškoće u održavanju ovih nivoa intenziteta, čime se zasigurno dostižu viši nivoi. Bilo koji simptom ili klinički znak, ipak, mogu ograničiti fizičku aktivnost sportiste.

### **3. Kondicijska priprema planinara**

Kondicijska priprema planinara sastoji se iz više nivoa koji su međusobno uslovljeni. Postoje sledeći nivoi kondicijske pripreme: svestrana kondicijska priprema i specifična kondicijska priprema.

#### **3.1. Svestrana kondicijska priprema**

Svestrana trenažna sredstva usmerena su na harmonijsko poboljšanje svih funkcija organizma i služe kao temelj u stvaranju pravog majstorstva u datom sportu (Stefanović i sar., 2010). Pod tim pojmom obično se podrazumeva proces skladnog razvoja motoričkih karakteristika, uz uvažavanje specifičnih zakonitosti fizičke aktivnosti (planinarenja). Metodika koja se temelji na takvom pristupu vrlo često dovodi do porasta motoričkih sposobnosti koje u takmičarskoj aktivnosti nemaju direktnu primenljivost, već se kasnije javljaju kao faktor razvoja specifičnih sposobnosti neophodnih u planinarenju. Važni segmenti svestrane pripreme planinara su: unapređenje aerobnih sposobnosti, razvoj primarnih motoričkih sposobnosti (snaga, brzina, izdržljivost, koordinacija, fleksibilnost). Cilj svestrane pripreme je efikasno savladavanje opterećenja i modaliteta rada za potpuni razvoj najznačajnijih kondicijskih sposobnosti od kojih najviše zavisi rezultat u planinarenju. Takva priprema podrazumeva povećanje funkcionalnih sposobnosti različitih organa i organskih sistema, poboljšanje nervno-mišićne koordinacije, povećanje najvažnijih tipova snage i brzine i usavršavanje sposobnosti za efikasan oporavak nakon treninga i opterećenja. Svestrana kondicijska pripremljenost služi kao funkcionalna

osnova za uspešan rad na daljem razvoju specifičnih i situacionih fizičkih karakteristika i sposobnosti. Posebno pogodni i popularni modaliteti trenažnog rada u okviru svestrane kondicijske pripreme jesu kružni i stanični oblici rada (Bompa, 2000).

### **3.2. Specifična kondicijska priprema**

Specifična kondicijska priprema usmerena je na razvoj onih motoričkih karakteristika koje su usko vezane sa zahtevima planinarenja. Ona predstavlja nivo onih fizičkih mogućnosti i onih mogućnosti funkcionalnog sistema koje najdirektnije uslovljavaju uspeh u realizaciji trenažnih i takmičarskih zadataka (Stefanović i sar., 2010). Specifična kondicijska priprema ima za cilj da osigura adaptaciju različitih funkcija organizma na specifičnu kretnu strukturu planinara pomoću kompleksa vežbi i drugih sredstava koji moraju biti sličniji strukturama kretanja odnosno tehnički planinarenja. U osnovi to je sinteza kondicione i tehničke pripreme u planinarenju.

Ovom pripremom potrebno je zadovoljiti neke osnovne uslove kao što su:

- **Kinematicki** (kretanja moraju biti ista ili slična kretanjima u planinarenju)
- **Funkcionalni** (vežbe i druga sredstva moraju razvijati funkcije organizma koje su potrebne pri naporima kod uspona)
- **Dinamički** (brzina izvođenja i savladavanja prostora moraju biti blizu ili jednaka zahtevima planinarenja).

### **3.3 Zakonitosti razvoja izdržljivost**

U daljem toku rada će biti date zakonitosti (pravila) razvoja izdržljivosti, motoričke sposobnosti, koja igra najveću ulogu u dostizanju maksimalnih sportskih rezultata u planinarenju. U današnjem vremenu ima puno istraživanja, teorijskih i praktičnih, koja pokazuju način treniranja planinara, međutim u njima nisu jednoznačno objašnjeni zakoni razvoja (promena) izdržljivosti u planinarenju. U radu autor pokušava da pomiri različitosti pristupa razvoja izdržljivosti u planinarenju, kroz prezentaciju zakonitosti njenog razvoja, koje prihvata najveći broj autora (Stojanović, 2013).

Specifična sposobnost živog organizma da se menja i usavršava pod određenim faktorima spoljašnjeg sveta predstavlja treniranost. Opterećenje može biti spoljašnje i unutrašnje. Spoljašnje opterećenje određuje se obimom i intenzitetom opterećenja gde bitnu komponentu predstavlja i učestalost (gustoća) opterećenja tj. treninga. Ta reakcija, prilagođavanje organizma predstavlja unutrašnje opterećenje koje se ogleda u stepenu i karakteru fizioloških i biohemijskih promena u organizmu kao i u određenom stepenu psihičkih zahteva. Na veličinu i intenzitet unutrašnjeg opterećenja utiče svaka pojedinačna komponenta spoljašnjeg opterećenja tako da planiranjem i kontrolom spoljašnjeg opterećenja trener utiče na efekte unutrašnjeg opterećenja (prilagođavanja) (Bompa, 2000).

### **3.4 Trening izdržljivosti u planinarenju**

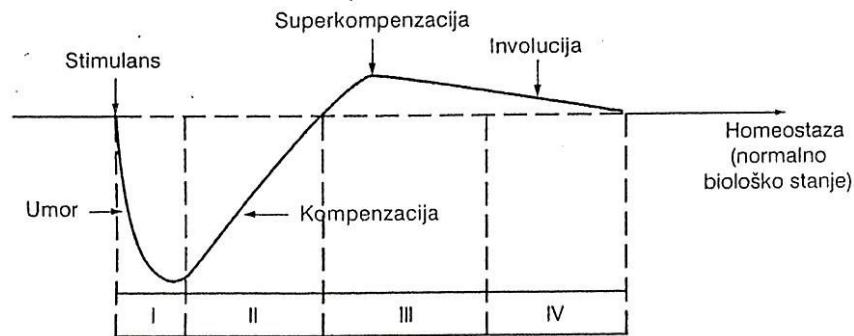
Pod izdržljivošću se podrazumeva sposobnost vršenja rada unapred zadatim intenzitetom, bez smanjenja efikasnosti (Bompa, 2000). Redosled razvoja različitih vidova izdržljivosti u ciklusu treninga, izgleda ovako: u početku se radi na razvoju disajnih mogućnosti (opšta izdržljivost), zatim glikolize (laktatna reakcija) i na kraju kreatinfosfokinazne (alaktatne) reakcije. Na pojedinačnom treningu redosled je obrnut.

Bez izdržljivosti i najmanji uspon je predugačak. Dobra aerobna izdržljivost ima za posledicu brži oporavak nakon intenzivnog rada. Izdržljivost je opšti pojam, zato treba dobro odrediti koji tip izdržljivosti planinar mora posedovati. To je važno zbog odabira metode treninga. Za planinara najvažnije su:

- Aerobna izdržljivost
  
- Anaerobna izdržljivost

Proces prilagođavanja se može predstaviti na sledeći način. Za vreme treninga sportista upotrebljava određene vežbe koje predstavljaju stimulans za njegov organizam. Usled tih vežbi dolazi do povećanog trošenja hranljivih materija. Posledica tog povišenog trošenja je umor i visoka koncentracija mlečne kiseline u krvi i ćelijama mišića. Na kraju treninga usled umora dolazi do privremenog smanjenja telesnog funkcionalnog kapaciteta i naglog pada normalnog biološkog stanja (homeostaze). Grafički to se može prikazati kao nagli pad homeostatske krivulje

kada dolazi do redukcije funkcionalnog kapaciteta (grafik 1).



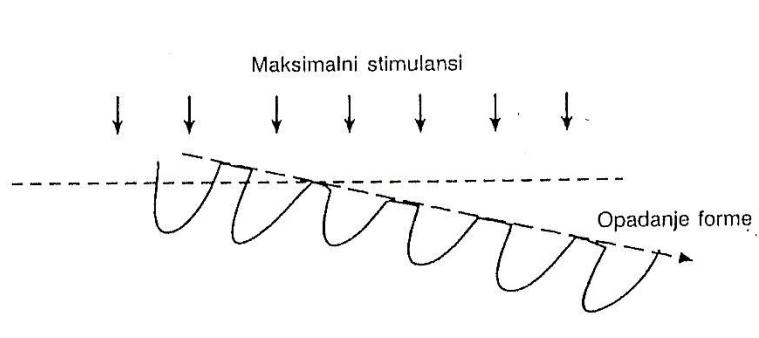
**Grafik 1.** Ciklus superkompenzacije (Stefanović i sar., 2010)

Između dva treninga dolazi do reakcije prilagođavanja organizma na primenjene nadražaje koje se ogleda u ponovnom obnavljanju potrošenih izvora energije i njihovoj kompenzaciji. Kao što se vidi između dva treninga dolazi do obnavljanja utrosene energije pa se zato i opterećenje i odmaranje moraju posmatrati jedinstveno. Obnavljanje utrošene energije je proces koji se odvija lagano i postepeno, čije trajanje je nekoliko sati. Ako je vreme između dva treninga visokog intenziteta dovoljno dugačko, telo ne samo da će u potpunosti nadoknaditi potrošene izvore energije (naročito glikogen) već dolazi i do obnavljanja iznad početnog nivoa. Povećan nivo energije naziva se nadkompenzacija ili superkompenzacija i predstavlja osnovu za povećanje funkcija organizma i rezultata. Svaki put kada dođe do faze superkompenzacije uspostavlja se novi viši homeostatski nivo sa pozitivnim učinkom na trening i sportsku formu. Superkompenzacija se, prema tome, smatra temeljom funkcionalnog povećanja sportske

efikasnosti do kojeg dolazi prilagođavanjem tela na trenažni stimulans i nadoknađivanjem zaliha glikogena u mišićima.

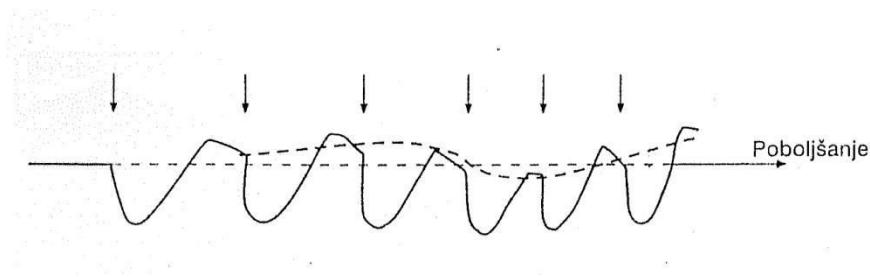
Kod treninga aerobne izdržljivosti do superkompenzacije dolazi približno nakon 6 - 8 sati dok je kod intenzivnijih aktivnosti ovaj period posle više od 24 sata.

Direktan uticaj na telesne promene ima i jačina upotrebljenih stimulansa. Na grafiku se vidi da stalni maksimalni intenzitet stimulansa može dovesti do iscrpljenosti i opadanja sportske forme (Grafik 2).



**Grafik 2.** Opadanje forme zbog produženog stimulansa maksimalnog intenziteta (Stefanović i sar., 2010)

To je tipičan pristup nekih preambicioznih trenera koji forsiraju jak i naporan rad verujući da u svakom treningu sportisti moraju biti maksimalno iscrpljeni. U takvim uslovima sportisti nemaju vremena za kompenzaciju jer kriva pada (usled zamora) ide toliko duboko da je potrebno još vremena za odmor a ne novi trening. Zbog toga je veoma važno da se dani visokog intenziteta smenjuju sa danima niskog intenziteta da bi se sportistima ostavilo dovoljno vremena za pojavu superkompenzacije što je pokazano na grafikonu 3.



**Grafik 3.** Efekat kombinovanja stimulansa maksimalnog i niskog intenziteta (Stefanović i sar., 2010)

Obim ili volumen treninga je primarna komponenta treninga i predstavlja njegov kvantitativni pokazatelj. On ne predstavlja samo trajanje treninga, već su integralni delovi obima treninga:

- Vreme trajanja treninga
- Udaljenost koja se pređe ili težina koja se podigne u jedinici vremena
- Broj ponavljanja vežbe ili tehničkog elementa u datom vremenu

Obim treninga predstavlja ukupni kvantitet aktivnosti koje se izvode tokom pojedinačnog treninga ili pojedine faze trenažnog procesa. Kontinuirano povećanje obima je neophodno jer bez njega sportista se ne može prilagoditi upotrebljenim trenažnim sadržajima. Samo visoki broj ponavljanja koji se postiže povećanim brojem pojedinih treninga i povećanjem količine rada koji se obavi za vreme svakog treninga može osigurati kvantitativnu akumulaciju veština potrebnih za kvalitativno poboljšanje njihovog izvođenja. Ako obim po treningu nije dovoljan bolje je povećati broj treninga po mikrociklusu nego na pojedinačnom treningu.

Kod sportista u treningu mogu se razlikovati dva tipa obima tj. volumena treninga: relativni i absolutni. Relativni volumen se odnosi na ukupnu količinu vremena koju grupa sportista ili ekipa posvećuje treningu tokom specifičnih pojedinačnih treninga ili faze treninga. U tom slučaju znamo ukupno trajanje treninga ali nemamo informaciju o volumenu rada svakog sportiste po jedinici vremena. Apsolutni volumen meri količinu rada koju pojedinac izvodi po jedinici vremena što se često izražava u minutima i mnogo je bolja procena volumena treninga.

Intenzitet opterećenja predstavlja određenu veličinu sportske aktivnosti na treningu/takmičenju i stepen njene koncentracije u jedinici vremena. Izražava se u parametrima učestalosti ponavljanja neke sportske aktivnosti/trenažnog sredstva u jedinici vremena, količini rada u jedinici vremena, brzini pokreta/kretanja, procentom treniranja u odnosu na maksimalne vrednosti. (Stefanović i sar., 2010)

Za preciznije iskazivanje (merenje, kontrolu) intenziteta tj. jačine upotrebljenih stimulansa za vreme treninga postoji nekoliko metoda. Kod vežbi koje se izvode protiv otpora ili vežbi u kojima se razvija velika brzina može se koristiti procenat maksimalnog intenziteta gde 100% intenziteta predstavlja najbolje (a ne najbrže) izvođenje (Tabela 1).

**Tabela 1.** Zone intenziteta (Stefanović i sar., 2010)

	Trajanje aktivnosti	Intenzitet	Izvor energije	Energogeneza %	
				Aerobno	Anaerobno
1	1-15 sek	Jednokratno	ATP-CP	0-5	100-95
2	15-60 sek	Maksimalni	ATP-CP i LA	10-20	90-80
3	1-6 min	Submaksimalni	LA i aerobni	30	70
4	6-30 min	Srednji	Aerobni	60	95
5	Preko 30 min	Niski	Aerobni	95	5

**Prva zona** intenziteta (do maksimalnih granica) postavlja pred sportistu snažne zahteve da dostigne više granice u izuzetno intenzivnim aktivnostima brzog kretanja a kratkog trajanja, do 15 s. Kratko trajanje aktivnosti ne dozvoljava nervnom sistemu da se prilagodi pa kardiovaskularni sistem nema vremena za usklađivanje sa telesnim izazovom tako visokog intenziteta. Fizički zahtevi sportova (sprint na 100 m) i vežbi koji pripadaju ovoj zoni zahtevaju

visok protok kiseonika što telo sportiste ne može osigurati u tako kratkom vremenu (u trci na 100 m potreba za kiseonikom iznosi između 66 i 80 l u min). Kako kiseonik koji se nalazi u ćelijama mišića ne zadovoljava potrebe sportiste za tu vrstu aktivnosti dolazi do kiseoničkog duga u iznosu od 80-90% te količine. Taj dug se nadoknađuje disanjem nakon izvedene aktivnosti i na taj način se ponovo obnavljaju potrošene zalihe ATP i CP (adenozintrifosfata i kreatinfosfata) koje su se potrošile. Nastavljanje takve aktivnosti ograničavaju zalihe kiseonika unutar tela sportiste, količina ATP i CP u mišićima kao i sposobnost sportiste da podnese visoki kiseonički dug.

**Druga zona** intenziteta ili zona maksimalnog intenziteta obuhvata aktivnosti (i vežbe) koje traju od 15 do 60 s (sprint na 200 i 400 m, plivanje na 100 m) pri maksimalnoj brzini i intenzitetu. Pri takvom naporu smanjuje se sposobnost centralnog nervnog sistema i lokomotornog aparata da zadrže tako visoku brzinu duže od 60 s. Kardiovaskularni sistem nema dovoljno vremena da reaguje na nastale uslove pa sportista ulazi u kiseonički dug od 60-70% energetskih potreba izvršene aktivnosti. Ovaj kiseonički dug se „isplaćuje“ putem dve frakcije kiseoničkog duga: „alaktatnom“ kada dolazi do resinteze jedinjenja koja sadrže fosfor (ATP i CP) i „laktatnom“ koja predstavlja oksidativno uklanjanje laktata. „Alaktatna“ frakcija kiseoničkog duga isplaćuje se veoma brzo i u toku prvih 30 s oporavka polovina prvobitne količine je oksidisana dok likvidacija „laktatne“ frakcije zahteva od nekoliko minuta do pola sata.

**Treća zona** intenziteta (submaksimalna zona) uključuje aktivnosti od 1 - 6 min, u kojoj i brzina i izdržljivost imaju dominantne uloge (plivanje na 400 m; kanu, veslanje, 1500 m; brzo klizanje na 1000 i 3000 m). Kompleksna priroda ovih sportova i drastične fiziološke promene kao što su frekvencija rada srca od 200 ud/min jedva da se i mogu podnosi duže od 6 min. Nakon

takmičenja u ovim disciplinama sportista može imati kiseonički dug od 20 l u min kao i koncentraciju laktata i do 250 mg. Pod takvim okolnostima telo sportiste ulazi u stanje acidoze (kiselosti) kojem se akumulira mnogo više mlečne kiseline nego u normalnom stanju.

Ako je sportista dobro utreniran on se brzo prilagođava ritmu trke. Nakon prve minute trke, oksidativni sistem pomaže u proizvodnji energije i dominira u drugom delu trke. U završnici trke, radi što boljeg rezultata, sportista ubrzava ritam i taj dodatni napor dovodi kardiovaskularni i respiratorni sistem i njihove mehanizme do fizioloških granica tako da organizam sportiste zahteva maksimalnu proizvodnju energije i putem anaerobne glikolize i putem aerobnog sistema (što dovodi i do velikog kiseoničkog duga). Procenat učešća aerobnih i anaerobnih izvora obnavljanja energije zavisi od sporta ili sportske discipline kao i trenažnih aktivnosti koje se koriste.

**Četvrta zona** je zona srednjeg intenziteta i obuhvata aktivnosti koje traju do 30 min. To su discipline plivanja na 800 i 1500 m, trčanja na 5000 i 10000 m, skijaško trčanje, dugoprugaške discipline brzog klizanja. Pri takvim aktivnostima srčani mišić je pod naporom produženog trajanja, a cirkulacija se značajno ubrzava. Tokom ovakvih aktivnosti zasićenost krvi kiseonikom je u deficitu (hipoksiji) oko 1016% nego u stanju mirovanja, kao izvori energije dominiraju aerobni procesi (do 90%) mada u početku i na kraju ovih aktivnosti sportista koristi i anaerobne izvore energije.

**Peta zona** intenziteta uključuje aktivnosti u kojima je intenzitet nizak, ali je obim potrošnje energije veoma visok. U ovu zonu spadaju aktivnosti kao što su planinarenje, maraton, skijaško trčanje na 50 km, sportsko hodanje na 20 i 50 km, duže biciklističke trke i sl. Aktivnosti ove zone su izuzetno naporne i predstavljaju težak test za sportiste. Dužina rada dovodi do potrošnje

glikogena u krvi (hipoglikemija) što predstavlja veliko opterećenje za CNS. Cirkulacija je izložena velikim naporima i zahtevima pa je hipertrofija srca (funkcionalno proširenje srca) karakteristika sportista koji se takmiče u sportovima i disciplinama ove zone intenziteta i nastaje kao proces prilagođavanja na ovakve aktivnosti. Sportisti ove zone intenziteta imaju visoku sposobnost da se prilagode hipoksiji i nakon ovakvih aktivnosti zasićenost krvi kiseonikom je 10-14% niža od stanja u mirovanju. Ovakvi naporci čine oporavak sportista sporim i dugim i on nekada traje i 2-3 nedelje. To je i jedan od razloga zašto se sportisti ovih sportova i disciplina ne takmiče u maksimalnom angažovanju previše često, već 3-5 puta godišnje.

Intenzitet pojedinih vežbi i aktivnosti može se pratiti i određivati i na osnovu frekvencije rada srca. Tokom treninga sportisti prolaze kroz različite stepene intenziteta na koje se prilagođavaju tako što se njihove fiziološke funkcije usavršavaju pa treneri i na osnovu frekvencije srca mogu zaključiti u kojoj zoni intenziteta vežba pojedini sportista (tabela 2).

**Tabela 2.** Standardi za frekvenciju srca

Zona	Nivo intenziteta	Frekvencija srca u min.
1	Nizak	120 - 150
2	Srednji	150 - 170
3	Visok	170 - 185
4	Maksimalan	Više od 185

To znači da za sportiste različitog nivoa spremnosti ista vežba tj. isti trenažni nadražaj može predstavljati nadražaj različitog intenziteta. Zbog toga kontrola frekvencije srca od strane trenera ima veliki praktični značaj i pomaže u kontroli predviđenih opterećenja, jer se na jednom treningu može kontrolisati svaki pojedini sportista čak i u situaciji kolektivnog rada tj. treninga.

Trener uspešno može da kontroliše trenažni proces i efekte koje želi postići primenom različitih nivoa intenziteta, ali treba da vodi računa i o sledećim činjenicama:

- Da bi se razvile određene motoričke sposobnosti intenzitet stimulansa mora dostići ili preći preko nivoa „praga razdraženja“ iznad koga dolazi do trenažnog pomaka tj. poboljšanja. Tako, istraživanja pokazuju da trening snage u kome se koristi intenzitet niži od 30% maksimuma ne daje trenažni efekat. Ali ova granica varira kod većine sportista pre svega zbog individualnih razlika. Smatra se da je za postizanje trenažnog efekta sportisti potreban stimulans koji je bar na nivou od 60% njegovog maksimalnog kapaciteta.
- Opterećenje ili vežbe niskog intenziteta vode ka sporom razvoju ali obezbeđuju bolju adaptaciju i postojanost rezultata (dostignuća). S druge strane visoko intenzivne vežbe daju brz napredak ali je prilagođavanje manje stabilno a i postojanost rezultata (dostignuća) je niža. Zbog toga upotreba samo intenzivnih vežbi nije najefikasniji način treniranja već je potrebno menjanje trenažnog obima (volumena) i intenziteta. Visoki obim (volumen) nisko intenzivnog treninga koji sportisti imaju u toku pripremne faze daje neophodan temelj za visoko intenzivni trening i poboljšava postojanost nastupa ili dostignutih efekata treninga.

- U teoriji treninga postoje dva tipa intenziteta:
  - a) absolutni, koji meri procenat maksimuma pri kojem treba izvesti vežbu;
  - b) relativni, koji izražava intenzitet pojedinog treninga ili mikrociklusa.

Što je absolutni intenzitet viši to je obim rada niži. Sportista će u jednom treningu teško u dužem periodu moći ponavljati vežbe visokog absolutnog intenziteta (većeg od 85% maksimuma). Takvih treninga ne bi smelo biti više od 40% od ukupnih treninga po mikrociklusu. Preostali deo treninga čine aktivnosti nižeg absolutnog intenziteta.

Svaka vežba koju jedan sportista izvodi na treningu uključuje kuantitet i kvalitet i zbog toga ih uvek moramo posmatrati kao jednu celinu. Na primer, ako posmatramo sportistu koji trči na određenu daljinu, vreme za koju je pretrčao tu daljinu predstavlja obim, a brzina tog trčanja ukazuje na intenzitet. Različito naglašavanje tih komponenti daje i različite efekte prilagođavanja sportiste i njegov trenažni status. Što je intenzitet viši i što se duže održava veći su i energetski zahtevi za izvođenje tog rada, veće je opterećenje CNS-a, a veće je i psihološko opterećenje sportiste.

Primena pravilnog doziranja treninga vodi do anatomske, fiziološke i psihološke promene sportiste. Te promene pokazuju stepen njegove adaptacije na trenažne nadražaje (uz napomenu da je za adaptaciju potrebno da nadražaj pređe određenu visinu „prag nadražaja“, a da u slučaju prejakog nadražaja može doći do smanjenja adaptacije, stagnacije ili opadanja forme o čemu je već bilo reči). Ali ako se sportista adaptira na određene trenažne nadražaje treba voditi računa da će posle izvesnog vremena učinci standardnog doziranja i stimulansa nestajati, jer ti nadražaji počinju za njega da bivaju nadražaji manjeg opterećenja. Zato je bitno da se trenažna opterećenja periodično povećavaju. Učestalost je važna zbog postizanja optimalnog odnosa

između faza opterećenja i faza odmora. Optimalna gustoća treninga daje trenažnu efikasnost i sprečava pojavu kritičnog umora ili iscrpljenosti.

U treningu izdržljivosti, kod opterećenja bez odmora kontinuirano opterećenje se primjenjuje samo za razvoj dugoročne (opšte) izdržljivosti. Ali ako se izdržljivost razvija višim intenzitetom i intervalnim metodom optimalna učestalost (gustina) nadražaja od 1:0,5 do 1:1 što znači da na 1 min. opterećenja dolazi 30 s do 1 min. odmora. Kao korisna orijentacija služi i podatak da pre novog opterećenja puls ne treba da je viši od 120-140 ud/min. Dugotrajno opterećenje sa submaksimalnim intenzitetom za razvijanje brzinske izdržljivosti zahteva da intervali odmora budu duži (1:3 do 1:6). U treningu snage i brzine sa submaksimalnim i maksimalnim intenzitetom između pojedinih nadražaja (ili kratkih serija) intervali odmora traju između 2 i 5 min.

Pri određivanju strukture opterećenja u toku jednog treninga treba obratiti pažnju na sledeće smernice koje inače i proističu iz svega do sada navedenog:

- 1) Optimalan efekat treninga postiže se samo pravim redosledom opterećenja i odmora;
- 2) Intervali između opterećenja u toku jednog treninga su duži ukoliko je viši intenzitet i trajanje opterećenja (trenažnog nadražaja);
- 3) Sa podizanjem vrhunskog kvaliteta sportiste skraćuje se i vreme odmora kako bi predviđeni trenažni nadražaj i dalje bio dovoljno stimulativan

### **3.4.1. Sredstva i metode za razvoj izdržljivosti**

Osnovna karakteristika rada na poboljšanju aerobne izdržljivosti može biti predstavljena dugotrajnim aktivnostima umerenog i velikog intenziteta (Bompa, 2000). S obzirom da se adaptacija organizma, na rad umerenog i srednjeg intenziteta, vrši u uslovima produženog rada efekti treninga očekuju se u uslovima primene sredstava i metoda u kojima se prepostavlja aktivnost velikih mišićnih grupa i veliki obim izvršenog rada na nivou kritičnog intenziteta.

#### **Kontinuirana metoda**

Zasniva se na velikom obimu rada, omogućava harmoničan razvoj funkcionalnih sistema organizma, uslovljava koordinisan rad motornih jedinica u mišiću i mišića unutar kinetičkih lanaca. Kontinuirana metoda karakteriše relativno umereni intenzitet rada uz frekfenciju srca 140-150 ud/min, a trajanje rada može biti preko 20 min.

Aktivnosti za razvoj izdržljivosti kontinuiranom metodom :

Kros trčanje od 20 do 120 min, vožnja bicikle 20 do 120 min, ski trčanje u trajanju od 2 do 4 h, veslanje preko 1500 m, plivanje preko 1500 m i dr.

#### **Promenljiva metoda**

Glavna karakteristika ove metode je da se planirano opterećenje razdeli na nekoliko delova, čime se omogućava da pojedinačna opterećenja budu ostvarena kroz rad velikog intenziteta, i u kombinaciji sa periodima aktivnog i pasivnog odmora. Ovom metodom moguće je pored

izdržljivosti razvijati i druga svojstva (brzinu, brzinsku izdržljivost, snagu i dr), odnosno, sposobnost za rad aerobno-anaerobnog karaktera.

### **Metoda ponavljanja**

Ovaj metod je karakterističan po tome što se planirani uticaji na organizam ostvaruju ponavljanjem opterećenja. U okviru ove metode mogu biti ponavljanja opterećenja različitog trajanja i različite dužine deonica. S obzirom da se radi o metodi ponavljanja, što podrazumeva i odmor između ponovljenih deonica, u ovoj metodi koristi se i promenljiva dužina trajanja odmora i sa različitim karakterom odmora između ponovljenih deonica.

Fartlek je karakteristična varijanta aritmične metode i primenjuje se za razvoj opšte izdržljivosti. U okviru ove metode zadaje se rad promenljivog intenziteta, u skladu sa spoljašnjim uslovima (nagib terena, karakteristike terena) na osnovu subjektivnog osećaja o potrebi za promenom intenziteta trčanja. Adaptacija organizma, koristeći produžen rad, podstiče se smanjivanjem faza rada umerenog intenziteta sa fazama ubrzanja. Tipičan sadržaj rada kod fartlek metoda predstavlja kros-trčanje u trajanju od 45 do 120 min, prvenstveno u prirodi, tako da se proizvoljnim redom, na osnovu subjektivnog osećaja, u toku trčanja smanjuje umereni tempo, a posle toga se postepeno dolazi ponovo do ubrzanja. Intenzitet rada kod fartlek metode je od 150 do 170 ud/min.

### **Intervalna metoda**

Karakteriše je ponavljanje kraćih deonica u trajanju od 30-45 s. Rad je usmeren na razvoj minutnog volumena srca, a njegovo poboljšanje postiže se intenzitetom koji zahteva 175-185

ud/min. U oviru ove metode, zavisno od stepena treniranosti, predviđa se trajanje odmora od 45 do 90 s, odnosno odmor aktivnog ili pasivnog karaktera, traje sve dok se rad srca ne smanji na 120-130 ud/min.

Ponavljanje deonica, ovim intenzitetom, može biti od 10 do 30 puta. U kriterijumu za prestanak rada polazi se od pretpostavke da se u toku pauze u trajnju od 60 s puls treba smanjiti ispod 130 ud/min, a ukoliko je smirivanje pulsa sporije, dalji rad treba prekinuti. Intervalna metoda rada usmerena je na razvoj aerobnih sposobnosti i primenjuje se u uslovima kada je ove sposobnosti potrebno poboljšati u kraćem vremenskom periodu..

**Tabela 3.** Tabelarni prikaz intervalne metode (Stefanović i sar., 2010)

INTERVALNI METOD			
Neponavljača distanca		Ponavljača distanca	
Nepromenljiv intenzitet opterećenja	Promenljiv intenzitet opterećenja	Nepromenljiv intenzitet opterećenja	Promenljiv intenzitet opterećenja
Nepromenljivo, kontinuirano ili ravnomerno kretanje	Proemnljivo, diskontinuirano ili neravnomerno kretanje	Nepromenljive komponente opterećenja	Promenljiva komponenta opterećenja

U okviru savladavanja **neponavljujuće distance** mogu se izdvojiti dva slučaja:

1. Da se ne menja brzina tokom lokomocije (što je u praksi vrlo teško ostvariti i to je nepromenljivo kretanje (kontinuirano, ravnomerno), tj kretanje sa nepromenljivim intenzitetom opterećenja. Intenzitet opterećenja određuju dve komponente, a to su dužina distance (može se menjati) i brzina kretanja (ostaje ista)
2. Da se menja brzina tokom lokomocije i to je promenljivo kretanje (diskontinuirano, neravnomerno), tj kretanje sa promenljivim intenzitetom opterećenja. U ovom slučaju, komponente koje određuju intenzitet opterećenja su promenljive.

U okviru savladavanja **ponavljujuće distance** mogu se izdvojiti dva slučaja

1. Da se ne menja brzina tokom lokomocije i to je kretanje sa nepromenljivim intenzitetom opterećenja. Kod kretanja sa nepromenljivim intenzitetom komponente opterećenja se ne menjaju. Dužina distance, brzina i trajanje odmora ostaju isti. Npr. kod trčanja 10x200m za 30s i odmorom od 2 min.
2. Da se menja brzina tokom lokomocije i to je kretanje sa promenljivim intenzitetom opterećenja. Kod kretanja sa promenljivim intenzitetom komponente opterećenja su promenljive - dužina distance, brzina, broj ponavljanja (serija) i trajanje odmora se menjaju. S obzirom da su to promenljive veličine, njih je potrebno programirati radi unapređenja metaboličkih procesa u cilju poboljšanja bioenergetskih sposobnosti.

Primer intervalnog treninga:

Ukoliko za primer uzmem trčanje kao najrasprostranjeniju sportsku aktivnost, postoji više načina ispoljavanja intervalne metode kada se:

**Kada se dužina trenažne distance menja:**

- skraćenjem trenažne distance, npr 800-600-400-200 m
- produženjem trenažne distance, npr 200-400-600-800 m
- kombinovanjem raznih trenažnih distanci, npr. 300-200-400-600-300-200 m

**Kada se brzina kretanja menja:**

npr. 10x200 m za 30, 29, 27, 25 s

**Kada se broj ponavljanja menja u okviru više serija:**

npr. 4x100 + 6x100 + 8x100 + 2x100 m.

**Kada se trajanje odmora menja:**

- skrćenjem trajanja odmora
- produženjem trajanja odmora
- kombinovanjem različitih trajnja odmora
- na osnovu pulsnog pokazatelja
- na osnovu lične procene sportiste ( sa pojavom zamora trajanje odmora se povećava, što može da posluži kao znak za prekid sportske aktivnosti)

- na osnovu odnosa pojedinih aktivnosti tokom odmora- npr. odnos sporog trčanja i hodanja može biti: 2:1, 1:1 itd.
- na osnovu korišćenja forme izvođenja kretne aktivnosti tokom odmora (npr. sporo trčanje, skakutanje, hodanje i njihova kombinacija).

### **Metode i sredstva treninga na nivou najveće aerobne snage**

Za razvoj najveće aerobne snage koristi se intervalna metoda. Sredstva treninga možemo podeliti u dve grupe, i to: duga intervalna trčanja i kraća intervalna trčanja.

#### **1) Duga intervalna trčanja**

Dužina intervalnih opterećenja u tom području treninga je od 2 do 9 min. i zavisi od trajanja sportske discipline. Odmor između intervala je približno onoliko koliko traje opterećenje ili kraće. Primeri treninga:

- 3-10 x 1000 m (odmor 2-3 min)
- 3 -5 x 2000 m (odmor 3-5 min)
- 3 km-3km-2km-2km-1km-1km (odmor 2-4 min)
- 2 -3 x 1000-800-600, (odmor 2-4 min)

## 2) Kraća intervalna trčanja:

Intenzitet intervala je veliki, a odmor između intervala 1 -5 min.

Primeri treninga:

- 15 x 400 m, pauza 1 min
- 20 x 200 m, pauza 45 s
- 12 x 500 m, pauza 90 s
- 4 -5 x(600-400-300), pauza 3-2-1 min

Ako čovek vrši neki dovoljno intenzivan rad posle izvesnog vremena on će osetiti da mu taj rad postaje sve teži. Međutim, naprežući se voljno više nego ranije, on će moći još uvek da održi prethodni intenzitet rada izvesno vreme i to stanje se naziva „fazom kompenzovanog zamora“. U slučaju daljeg nastavka tog rada, bez obzira na povećane voljne napore, njegov intenzitet će se smanjiti. Dolazi do „faze dekompenzovanog zamora“. Zamor je, prema tome, privremeno smanjenje radne sposobnosti usled nekog opterećenja i on se manifestuje time da je sve teže ili je nemoguće da se određena aktivnost nastavi prethodnim intenzitetom.

Kada bi nekoliko ljudi vršilo jedan isti rad primetili bi da bi kod njih zamor nastao u različito vreme. Uzrok tome je različiti stepen izdržljivosti što znači da je **izdržljivost** sposobnost da se neka aktivnost vrši duže vremena bez sniženja njene efikasnosti. Jednostavno rečeno, to je sposobnost suprotstavljanja zamoru. Merilo izdržljivosti je vreme za koje se održava zadani intenzitet neke delatnosti i ono može biti direktno i indirektno. Kod direktnog merenja

izdržljivosti, od ispitanika se traži da nešto radi (npr. da trči zadanom brzinom) do početka smanjenja brzine. Ovakav način merenja nije uvek pogodan za praksu pa se češće koristi indirektni način kada se izdržljivost meri na osnovu vremena za koje se savlada neko dovoljno dugo rastojanje, npr. 10000 m.

### **3.4.2. Aerobne i anaerobne mogućnosti čoveka**

Neposredni izvor energije pri mišićnom radu je razgradnja ATP-a (adenozintrifosfata) čija količina u telu čoveka je veoma mala ali postojana. Utrošene rezerve ATP-a treba brzo popuniti jer će mišići izgubiti sposobnost da se skraćuju. Obnavljanje tj. resinteza ATP-a ostvaruju hemijske reakcije dvojake prirode: disajne ili aerobne kada se energija obezbeđuje sagorevanjem glukoze i slobodnih masnih kiselina, za čiju svrhu se koristi kiseonik iz vazduha i anaerobne koje protiču bez kiseonika. Energetsko obezbeđenje motorne aktivnosti u najvećoj meri zavisi od intenziteta rada. Prilikom rada malog intenziteta potrošnja energije i zahtevi organizma su manji od maksimalno mogućeg. Takav intenzitet se naziva subkritičnim. Ukoliko su zahtevi organizma za kiseonikom u toku rada jednaki njegovim maksimalnim mogućnostima dolazi se do tzv. kritičnog intenziteta. Nivo kritičnog intenziteta utoliko je veći ukoliko je kod čoveka viši nivo aerobnih mogućnosti.

**Aerobne mogućnosti ili aerobni kapacitet** čoveka karakteriše maksimalna zapremina kiseonika koju on može da unese za jedan minut. Aerobne mogućnosti zavise od funkcija organizma od kojih zavisi unošenje kiseonika i njegovo iskorišćenje u tkivima (minutni volumen disanja, maksimalna plućna ventilacija, vitalni kapacitet pluća, minutni i sistolni volumen, frekvencija srca, količina hemoglobina itd.) a isto tako i od usklađenosti u radu svih tih sistema. Dalje povećanje tempa izvođenja neke vežbe dovešće do nadkritičnog intenziteta tj. zahtevi za kiseonikom su mnogo veći od aerobnih mogućnosti onog koji vežba pa je organizam prinuđen da uključi anaerobne izvore. U takvoj situaciji, kada je potreba za kiseonikom veća nego što organizam trenutno može da obezbedi, u organizmu dolazi do nakupljanja proizvoda nepotpunog raspadanja i oni se odstranjuju i posle rada, u periodu oporavka. Zbog toga se posle rada unosi više kiseonika nego u vreme mirovanja. Taj višak kiseonika koji se unosi u organizam posle završetka rada naziva se „kiseoničkim dugom“ i on služi kao kriterijum tj. pokazatelj anaerobnog kapaciteta ili aerobnih mogućnosti. Prema tome, anaerobne mogućnosti čoveka zavise od njegove sposobnosti da se energija koristi i u uslovima bez kiseonika a maksimalan kiseonički dug je pokazatelj anaerobnog kapaciteta tj. aerobnih mogućnosti čoveka.

**Anaerobni procesi** sastoje se iz dva tipa reakcija u zavisnosti od toga koja se supstanca koristi za stvaranje energije. Prva je kreatinfosfokinazna ili alaktatna reakcija i kod nje se energija dobija razgradnjom kreatinfosfata (CP) čije se fosfatne grupe prenose na adenozindifosfat (ADP) i time iz nje resintetiše adenozintrifosfat (ATP). Rezerve kreatinfosfata u ćelijama su male ali se njegovom razgradnjom stvara najveća količina energije u jedinici vremena što znači da raspadanjem kreatinfosfata dobijamo energiju za rad maksimalnim intenzitetom.

Kreatinfosfokinazna (alaktatna) reakcija dostiže svoj maksimum već za 2-3 s rada ali kako su rezerve kreatinfosfata u ćelijama male rezerve su dovoljne za rad maksimalnog trajanja od 15-20 s posle čega brzina rada počinje brzo da se smanjuje.

Drugi tip reakcije anaerobnog procesa je glikoliza ili laktatna reakcija. Kod ove reakcije energija se dobija razgradnjom ugljenih hidrata (glikogena) do mlečne kiseline (laktata) i koristi se za rad submaksimalnog intenziteta u trajanju od 3-5 min.

Kiseonički dug nastao alaktatnom reakcijom nadoknađuje se veoma brzo i za prvih 30 s oporavka polovina prvobitne količine je oksidisana, dok nadoknada kiseoničkog duga nastalog laktatnom reakcijom traje znatno duže, od nekoliko minuta do pola sata. Brzina nadoknade kiseoničkog duga direktno je povezana sa aerobnim mogućnostima. Ukoliko su aerobne mogućnosti veće sportista će moći i brže da se oporavi posle anaerobnih opterećenja, a moćiće i da izdrži veći obim rada na usavršavanju specijalnih sposobnosti.

Ukoliko bi rad trajao duže počeli bi da preovlađuju aerobni procesi. Prema tome, između intenziteta i maksimalnog trajanja neke aktivnosti sa jedne strane i energetskih izvora sa druge strane, postoji prirodna povezanost. Što je rastojanje duže veća je uloga aerobnih procesa, a ako se rastojanje skraćuje raste značaj najpre glikolitikog (laktatnog), a zatim i kreatinfosfokinaznog (alaktatnog) glikolitičkog mehanizma.

Ukoliko sportista putem treninga (na primer trčanjem) povisi nivo svojih aerobnih mogućnosti to poboljšanje će se iskazati i u drugim kretanjima tj. funkcionalne mogućnosti vegetativnih sistema organizma tog sportiste biće povećane i u drugim aktivnostima. To stvara povoljne uslove za obiman „prenos izdržljivosti“ tj. za povećanje funkcionalnih mogućnosti kardiovaskularnog i disajnog sistema, koji se mogu koristiti kao aktivnosti koje se veoma razlikuju od sporta i sportskih disciplina kojima se neko bavi kao što su plivanje, trčanje, veslanje, trčanje na skijama i sl.

### **3.4.3. Kriterijumi i komponente opterećenja u treningu izdržljivosti**

Izdržljivost se razvija samo onda kada se na treningu dostigne neophodni stepen zamora (Koprivica, 2002). Ali kako zamor pri opterećenjima različitog tipa nije isti od značaja je uvek pitanje o prirodi izazvanog zamora tj. u treningu izdržljivosti nije važan samo stepen zamora već i njegov karakter. Kod mnogih aktivnosti, naročito cikličnih, opterećenje se može okarakterisati (i kontrolisati) sa pet komponenata:

- a) intenzitet aktivnosti (tj. brzina kretanja);
- b) trajanje aktivnosti;
- c) trajanje intervala odmora;
- d) karakter odmora i
- e) brojem ponavljanja.

**a) Intenzitet** tj. brzina aktivnosti direktno utiče na karakter energetskog snabdevanja vršene aktivnosti. Kada je brzina kretanja umerena utrošak energije nije veliki a potreba za kiseonikom je manja od aerobnih mogućnosti onoga koji vežba. Unos kiseonika u potpunosti pokriva postojeće potrebe i rad se vrši u uslovima stabilnog stanja. Ovakve brzine se nazivaju subkritičnom brzinom. Ako se sportista počne brže kretati doći će do kritične brzine kada je potreba u kiseoniku jednaka njegovim aerobnim mogućnostima. U tom slučaju rad se vrši u uslovima maksimalnog utroška kiseonika. Nivo ove, kritične, brzine je utoliko viši ukoliko su disajne mogućnosti (aerobni kapacitet) veći. Brzina veća od kritične naziva se nadkritičnom i tada je potreba u kiseoniku veća od aerobnih mogućnosti onog koji tu aktivnost radi, rad se obavlja u uslovima kiseoničkog duga na račun anaerobnih izvora energije.

**b) Trajanje aktivnosti** je određeno dužinom i brzinom kretanja. Od trajanja rada zavisi iz kojih će izvora energije biti omogućena aktivnost. Ako rad ne traje duže od 3-5 minuta disajni procesi neće se ubrzati u dovoljnoj meri i energiju će da osiguraju anaerobne reakcije. Što rad traje kraće manja je i uloga disajnih (aerobnih) procesa, a na značaju dobija u početku glikoliza (laktatna reakcija), a zatim i kreatinfosfokinazna (alaktatna) reakcija. Za potpunu glikolizu (laktatnu reakciju) potrebno je opterećenje od 20 s do 2 minuta a za razvoj fosfokreatinskog (alaktatnog) mehanizma od 3 do 8 s. Od trajanja rada kod nadkritičnih brzina zavisi i veličina kiseoničkog duga, a kod subkritičnih i kritičnih brzina trajanje rada utiče na izdržljivost sistema za dostavljanje i iskorišćenje kiseonika.

c) **Trajanje odmora** ima izuzetno veliku ulogu u određivanju veličine i karaktera reakcije organizma na dato opterećenje. Kada se neko opterećenja na treningu ponavlja onda njegovo dejstvo na organizam zavisi sa jedne strane od prethodnog rada, a sa druge strane od trajanja odmora između dva ponavljanja.

Ako su u radu sa subkritičnim i kritičnim brzinama, intervali odmora dovoljno dugi dolazi do relativne normalizacije fizioloških funkcija pa svako sledeće naprezanje počinje približno na istom tonu kao i prethodno. To znači da prvo stupa na scenu fosfokreatinski mehanizam prometa energije, zatim 1-2 minuta kasnije glikoliza dostiže maksimum i tek u 3-4 minutu razvijaju se disajni procesi.

Ako rad ne traje dugo može se desiti da ti procesi i ne dostignu neophodan nivo i uslovi rada ostaju anaerobni. Ako se pri takvom radu skrati interval odmora disajni procesi se za tako kratko vreme ne uspore mnogo i sledeći rad odmah počinje pri visokoj aktivnosti sistema za dopremu kiseonika. To znači da pri radu sa subkritičnim i kritičnim brzinama skraćenje intervala odmora čini da opterećenje postaje više aerobno što se i koristi u treningu aerobne izdržljivosti.

Nasuprot tome, ako je brzina kretanja nadkritična, a intervali odmora nedovoljni za likvidaciju kiseoničkog duga onda će se kiseonički dug povećavati od jednog ponavljanja do drugog. Na taj način skraćenje odmora kod nadkritičnih brzina uvećava udeo anaerobnih procesa što se takođe koristi, ali u treningu anaerobne izdržljivosti.

**d) Karakter odmora** - treba izbegavati pasivan odmor nakon bilo koje aktivnosti. Ako se radi sa brzinama bliskim kritičnim onda dopunski rad malog intenziteta omogućuje da se disajni procesi održe na višem nivou i da se izbegnu nagli prelazi od mirovanja ka radu. Ukoliko se koriste kritične i nadkritične brzine onda umereni rad za vreme odmora ubrzava procese oporavka. Ove osobine „aktivnih“ pauza koriste se pri korišćenju tzv. „promenljivih“ metoda treninga (kontinuiranog i intervalnog).

**e) Broj ponavljanja** određuje stepen delovanja opterećenja na organizam. Pri radu u aerobnim uslovima povećanje broja ponavljanja primorava kardiovaskularni i disajni sistem da dugo vremena ostanu u visokom stepenu aktivni. Pri radu u anaerobnim uslovima veliki broj ponavljanja dovodi do iscrpljenosti mehanizama bez kiseonika. Rad se tada ili prekida ili se njegov intenzitet znatno smanjuje.

### **3.4.4. Efekti visinskih priprema na razvoj izdržljivosti planinara**

Funkcija visinskih priprema je adaptacija organizma na hipoksiju (aklimatizacija), smanjenu količinu kiseonika u vazduhu, u cilju poboljšanja aerobnih sposobnosti sportiste (primenom aerobnog treninga tj. kombinacijom intervalnog i kontinuiranog metoda). Ona se zasniva na ubrzajujućem rada srca, hiperventilaciji, olakšanom odvajajućem kiseoniku od strane hemoglobina, izlučivanjem bikarbonata od strane bubrega, kompenzacija pada PCO<sub>2</sub> (parcijalni pritisak ugljen-dioksida) je izazvana hiperventilacijom što proizvodi respiratornu alkalozu. Ovaj poslednji navedeni mehanizam započinje nakon nekoliko sati, može da traje i nekoliko dana, kad se postiže puni kapacitet. Sama aklimatizacija se može postići na pet glavnih načina: velikim porastom plućne ventilacije, povećanjem broja eritrocita, povećanjem difuznog kapaciteta pluća, povećanjem pokretljivosti tkiva, povećanom sposobnošću ćelija za iskorišćavanjem kisenika i pored niskog PO<sub>2</sub> (parcijalni pritisak kiseonika).

U toku rada (mišićne aktivnosti) maksimum preuzimanja kiseonika ograničen je maksimumom kiseonika koji se transportuje mitohondrijama u radnoj muskulaturi tj. količinom kiseonika u mišićima, koji je uglavnom ograničavajući faktor. Činjenica da je maksimalni minutni volumen disanja veći za oko 50% od stvarne plućne ventilacije, tokom maksimalnog mišićnog rada, omogućava povećanu ventilaciju kod mišićnog rada na velikim visinama. Na nadmorskoj visini od oko 2000 m, PO<sub>2</sub> alveornog vazduha, sa normalnih 100 mmHg, pada na 80 mmHg. Intenzivna aerobna aktivnost bilo otežana već iznad 1000 mnv a sam aerobni kapacitet smanjuje se za 10% sa povećanjem visine za svakih narednih 1000 mnv.

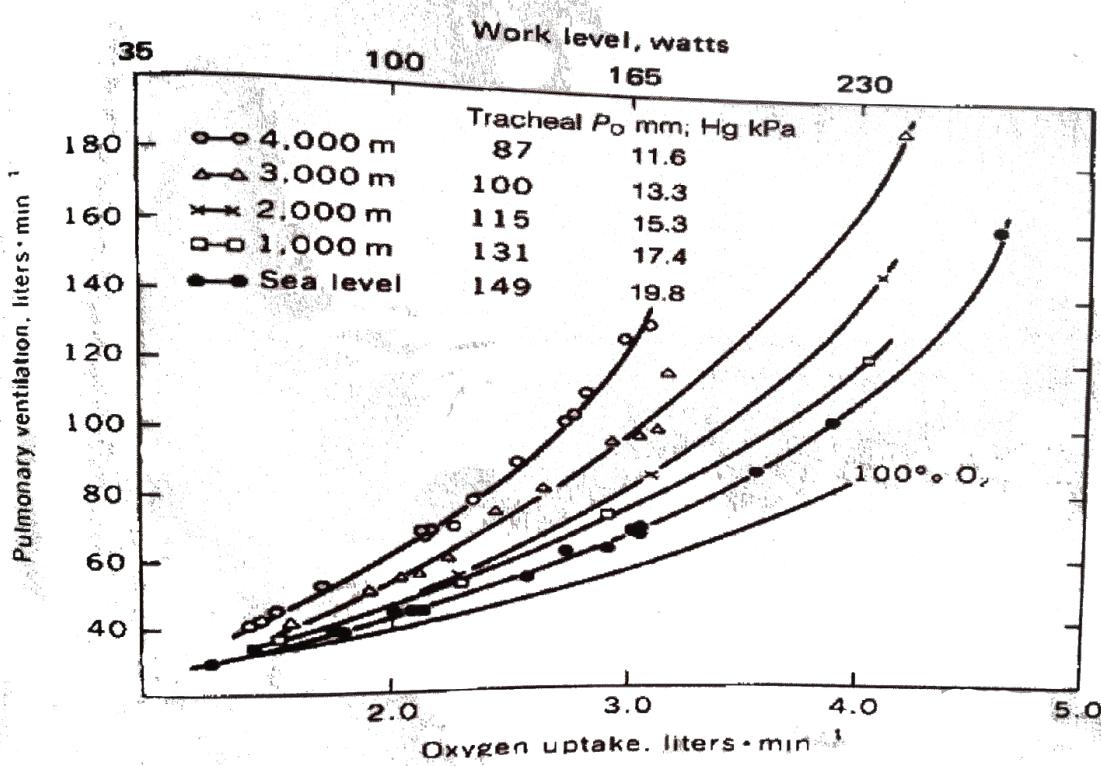
Efekat visinskih priprema se odražava tek ako se ispoštuju tri pravila: tačno određeno vreme boravka uključujući i individualni period adaptacije, na tačno određenoj nadmorskoj visini (1000

m) i dužina trajanje readaptacije, nakon povratka sa te nadmorske visine.

### Mehanizmi adaptacije pri visinskom treningu

Adaptacija organizma na hipoksiju odnosno osnovni mehanizam na uslove povišene nadmorske visine je povećanje plućne ventilacije. Naime, potrebe organizma za kiseonikom u mirovanju ili submaksimalnom radu na visini ostaju iste kao i na nivou mora, dok je broj molekula kiseonika u jedinicama zapreine razredenog vazduha na visini smanjen. Zbog toga adaptacija organizma zahteva kompenzaciju odgovarajućim povećanjem plućne ventilacije (Ilić, 2006).

**Grafik 4:** Plućna ventilacija i potrošnja kiseonika pri različitim opterećenjima na različitim



simuliranim visinama Izvor: Calbet; Radegran; Boushel; Saltin; 2009.

Varijabilnost adaptivnog odgovora na povećanje nadmorske visine je individualna. Chapman, Stray-Gundersen i Levine (1998) sproveli su istraživanje da bi ispitali predhodno iznetu tvrdnju, uključujući 39 trkača dugoprugaša koji su živeli na 2500 mnv, a trenirali su na visinama između 1200 i 1300 mnv tokom četiri nedelje. Ovo istraživanje je trebalo da utvrdi koje su karakteristike aklimatizacije ili treninga bili različiti kod sportista koji su reagovali na visinski trening i poboljšali svoje preformanse i onih koji nisu reagovali na visinski trening. Sportisti su podeljeni u dve grupe, oni koji reaguju i oni koji ne reaguju na visinski trening. Kod onih koji reaguju na visinski trening uočen je znatan porast eritropoeitina već nakon 30 sati boravka na visini, dok kod drugih nije.

Posle 14 sati boravka koncentracija eritropoeitina je i dalje bila visoka, dok kod sportista koji ne reaguju na visinski trening nisu uočene značajne promene u odnosu na vrednosti na nivou mora. Sportisti koji ne reaguju na visinski trening ispoljili su znatno manje brzine trčanja pri intervalnom treningu. Posle visinskog treninga VO<sub>2</sub>max je bio znatno viši kod onih koji reaguju.

**Grafik 5:** Promene u vremenu trčanja na 5000m posle visinskog treninga kod onih koji ne

reaguju i onih koji reaguju na visinski trening **Izvor:** Chapman R; Stray-Gundersen J; Levine B; 1998.

Sa povećnjem nadmorske visine proporcionalno opada parcijalni pritisak kiseonika u udahnutom vazduhu usled čega se uočavaju promene niza gasnih i ventilatornih parametara, shodno tome i maksimalne potrošnje kiseonika. Uočena su smanjenja ovog parametra na visinama iznad 1500 mnv, u proseku za oko 3.5% za svako uvećanje visine za 300 m.

Smanjenje VO<sub>2</sub>max se intenzivira nakon 2000 mnv, dok je trening na visinama iznad 3000 mnv utiče na promenu metaboličkog puta u dobijanju energije i to, kroz ranije uključivanje glikolitičkih procesa, uvećanje koncentracije mlečne kiseline, kako u mišićima, tako i u krvnoj plazmi (Jevtić; 2006).

**Tabela 4:** Oblici i pravci delovanja hipoksije u treningu (Jevtić, 2006)

Oblici hipoksije	Trening	Fizički principi
• prirodni uslovi uvećane nadmorske visine	• trening na srednjim nadmorskim visinama (1900-2500 mnv)	• prirodno smanjenje atmosferskog pritiska
• veštački uslovi hipobaričnih komora	• trening u hipobaričnim uslovima	• veštačko smanjenje atmosferskog pritiska
• mešavina gasova	• trening u uslovima zatvorenog ambijenta u kome cirkuliše smeša gasova	• veštačko smanjenje volumena kiseonika u udahnutom vazduhu
	• trening sa maskom preko koje se udiše mešavina gasova	• veštačko smanjenje volumena kiseonika

● respiratorne maske	● trening sa sistemom iz koga se udiše mešavina gasova	● veštačko smanjje volumena kiseonika
----------------------	--	---------------------------------------

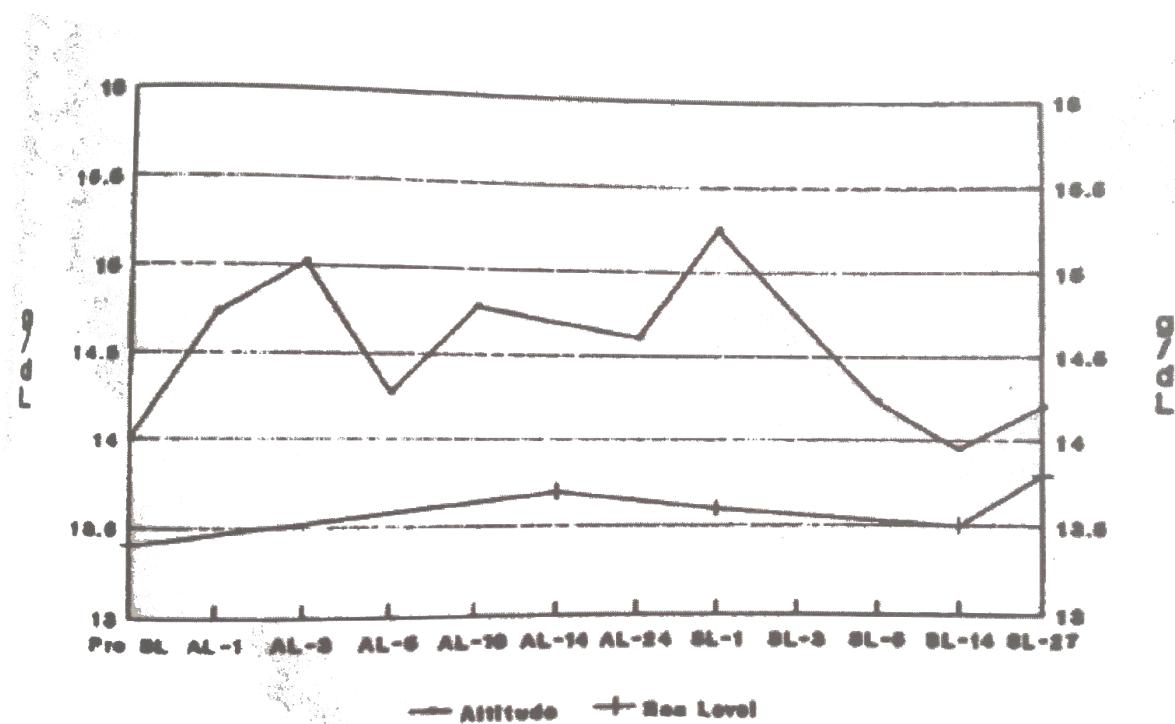
Organizam čoveka-sportiste reaguje na promene atmosferskih uslova koje se dešavaju prelaskom sa visine nivoa mora do, za trening umerenih 1500-2000 mnv; viših do 2500 mnv, visokih od 2500 do 5300 mnv i ekstremnih visina (preko 5300 mnv). Kao što je već rečeno, promene koje prate uvećanje nadmorske visine se ogledaju, pre svih u promenama: atmosferskog pritiska (od 760 mmHg na visini mora, do 596 mmHg na visini od 2000 mnv, odnosno 526 mmHg na visini od 3000 mnv), pritiska kiseonika ( 159.1 mmHg na visini mora do 124.7 mmHg na 2000 mnv, odnosno 110 mmHg na visinama od 3000 mnv) i temperature vazduha.

Tok reagovanja organizma je uslovjen efektima pasivnog stresa koga predstavljaju izmenjen barometrijski pritisak vazduha, smanjenje spoljašnje temperature, kao i promene parcijalnog pritiska kiseonika (PO<sub>2</sub>) koje se uočavaju na različitim nivojima transporta, utilizacije i utroška kiseonika. Tok promene PO<sub>2</sub> se opisuje fenomenom kiseoničke kaskade koju opisuju sledeće činjenice o reagovanju organizma sportiste-planinara. Između atmosferskih uslova, u kojima shodno nadmorskoj visini vlada izmenjen PO<sub>2</sub> i mitohondrija, se nalazi složen transportni sistem u kome se parcijalni pritisak kiseonika umanjuje i direktno utiče na količinu kiseonika koji se dostavlja tkivima. Prve reakcije po dolasku na uvećanu nadmorsknu visinu dešavaju se u prostoru plućne ventilacije, i to kao reakcija na smanjenje atmosferskog pritiska O<sub>2</sub> u alveolama.

Nivo PO<sub>2</sub> u tkivima je određen interakcijom dotoka i utilizacije kiseonika. Dotok kiseonika može biti smanjen zbog efekta, kao što su: nedovoljan protok krvi (tzv. hipoksija usled zastoja protoka), nedovoljna koncentracija hemoglobina (anemična hipoksija), ili redukcija parcijalnog

pritiska kiseonika u arterijskoj krvi, kada se registruje produženo vreme saturacije arterijske krvi od 0.25 s, na nivou mora, do 0.75 s u uslovima uvećane nadmorske visine, što ima uticaj na krivu kiseonik - hemoglobin. Dotok kiseonika do krvi može biti uvećan kroz tri faktora i to: uvećanjem krvnog protoka, uvećanjem transportnog kapaciteta krvi za O<sub>2</sub> i uvećanjem ekstrakcije O<sub>2</sub>.

**Grafik 6:** Promene u koncentraciji hemoglobina u grupi koja je živila i trenirala na visini (gornja kriva) i grupe koja je trenirala na nivou mora (donja kriva) (Neya; Enoki; Kumai; Sugoh;



Kawahara, 2007)

## **7. Zaključci**

Tema ovog rada se odnosi na problematiku uticaja nadmorske visine na planinara pri usponima višim od 2000 mnv, kao i mogućnost primene savremene trenažne tehnologije u planinarenju kroz programiranje treninga izdržljivosti.

Planinari prilikom uspona na planine čija visina je preko 2000 mnv prolaze kroz period aklimatizacije, odnosno prelazak organizma iz akutne u hroničnu adaptaciju na uslove koji ga okružuju. Treninzi na velikim nadmorskim visinama dovode do adaptacije organizma na hipoksične uslove. Ova vrsta treninga veoma doprinosi lakšem usponu planinara, jer se organizam navikne na bolju potrošnju kiseonika i na taj način dolazi do poboljšanja rezultata na visinama koje postaju uobičajene za organizam. Adaptacija organizma na promenu visine je individualna i svaki put je različita.

Problematika kondicijske pripreme planinara, kao i treninzi izdržljivosti planinara su slabo zastupljeni u naučnim istraživanjima. Zbog toga je teorijski okvir rada usredsređen na metode i sredstva za razvoj izdržljivosti planinara, koje obuhvataju kontinuirani metod, promenljivi i intervalni metod, metod ponavljanja i treninga na nivou najveće aerobne snage.

Poboljšanjem pojedinačne izdržljivosti planinara korišćenjem navedenih metoda olakšavamo uspon planinara na visoka gorja.

## **8.Literatura**

1. Asano M., Kaneoka K., Nomura T., Asano K., Sone H., Tsurumaru K., Yamashita K., Matsuo K., Suzuki H., Okuda Y. (1998). Increase in serum vascular endothelial growth factor levels during altitude training. *Acta Physiol Scand*, 162(4): 455-9.
2. Balke B. (1964). Cardiac performance at high altitude. *Am J Cardiol*, 14: 796-810.
3. Basu K., Gautam K., Sharma P., Kumar H., Tomar S., Sawhney C., Selvamurthy W. (1996). Metabolic responses during initial days of altitude acclimatization in the eastern Himalayas. *Int J Biometeorol*, 39(3): 133-8.
4. Beidleman A., Muza R., Rock B., Fulco S., Lyons P., Hoyt W., Cymerman A. (1997). Exercise responses after altitude acclimatization are retained during reintroduction to altitude. *Med Sci Sports Exerc*, 29(12): 1588-95.
5. Bompa T. (2000). Theory and Methodology of Training. Illinois: Human Kinetics.
6. Brutsaert T., Spielvogel H., Soria R., Araoz M., Caceres E., Buzenet G. (2000). Performance of altitude acclimatized and non acclimatized professional football (soccer) players at 3600 m. *J Exerc Physiol*, 3:28-37.
7. Calbet J., Rådegran G., Boushel R., Saltin B. (2009). On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol*, 587(2): 477-490.
8. Campos L., Costa V. (1999). Physical activity at moderate and high altitudes. Cardiovascular and respiratory morbidity. *Arq Bras Cardiol*, 73(1):113-28.

9. Chapman R., Stray-Gundersen J., Levine B. (1998). Individual variation in response to altitude training. *Journal of Applied Physiology*, 85(4): 1448-1456.
10. Chapman R., Stickford J., Levine B. (2009). Altitude training considerations for the winter sport athlete. *Exp Physiol.*, 95(3): 411-421.
11. Curran S., Zhuang J., Droma T., Moore G. (1999). Superior exercise performance in lifelong Tibetan residents of 4.400 m compared with Tibetan residents of 3.658 m. *Am J Phys Anthropol.*, 105(1): 21-31.
12. D'Este D, Mantovan R, Martino A, et al. (1991). Blood pressure changes at rest and during effort in normotensive and hypertensive subjects in response to altitude acute hypoxia. *G Ital Cardiol.*, 21(1): 643-9.
13. Garrido E., Rodas G., Javierre C., Segura R., Estruch A., Ventura L. (1997). Cardiorespiratory response to exercise in elite Sherpa climbers transferred to sea level. *Med Sci Sports Exerc.*, 29(7): 937-2.
14. Gayton C. (1995). *Fiziologija čoveka*. Zagreb: Medicinska naklada.
15. Ilić N. (2006). *Fiziologija sporta*. Beograd
16. Keros P. (1992). *Temelji anatomije čovjeka*. Zagreb: Medicinski fakultet.
17. Koprivica V. (2002). *Teorija sportskog treninga*. Beograd: Izdanje autora.
18. Levine B., Gundersen J. (1997). "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J Appl Physiol.*, 83(1):102-112.
19. Malconian M, Rock P, Hultgren H, Donner H, Cymerman A, Groves B, Reeves J, Alexander J, Sutton J, Nitta M. (1990). The electrocardiogram at rest and exercise during a simulated ascent of Mt. Everest (Operation Everest II). *Am J Cardiol.*, 65(22): 1475-80.
20. McSharry E. (2007). Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games. *BMJ.*, 335(7633): 1278–1281.
21. Medved R. (1987). *Sportska medicina*. Zagreb: lumena.

22. Neya M., Enoki T., Kumai Y., Sugoh T., Kawahara T. (2007). The effects of nightly normobaric hypoxia and high intensity training under intermittent normobaric hypoxia on running economy and hemoglobin mass. *Journal of Applied Physiology*, 103: 828-834.
23. Nikolić Z. (2003). Fiziologija fizičke aktivnosti. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
24. Palatini P., Guzzardi G., Penzo M., Dorigatti F., Anaclerio M., Pessina C. (1991). Effect of high and low altitude exposure on the blood pressure response to physical exercise. *Cardiologia*, 36(11): 853-9.
25. Ranisavljev I., Ilić V., Marković M., Babić G. (2011). New tendencies in the application of altitude training in sport preparation. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
26. Reynafarje C., Lozano R., Valdivieso J. (1959). The Polycythemia of High Altitudes: Iron Metabolism and Related Aspects. *Blood*, 14(4):433-55.
27. Savard K., Areskog H., Saltin B. (1995). Cardiovascular response to exercise in humans following acclimatization to extreme altitude. *Acta Physiol Scand*, 154: 499-509.
28. Stefanović Đ., Jakovljević S. (2004). Tehnologija sportskog treninga. Beograd: Gnosis, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
29. Stefanović Đ. (2006). Teorija i praksa sportskog treninga. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
30. Stefanović Đ., Jakovljević S., Jakovljević N. (2010). Tehnologija pripreme sportista. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
31. Stojanović T. (2013). Planinarenje i logorovanje. Banja Luka: Fakultet fizičkog vaspitanja i spotra.
32. Viru A. (1999). Adaptacija u sportskom treningu. Zagreb: CRC Press Inc.