

Mendiko altuerako gaitza eta honek eragindako buruko mina ekiditeko jarduera fisikoa hipoxian egitearen eragina goi mendizaleetan

(Benefits of physical exercise in intermittent hypoxia in preventing Acute Mountain Sickness and headache in altitude mountainering)

Urdampilleta Otegui, Aritz

Euskal Herriko Unib. (UPV/EHU). Farmaziako Fak. Fisiologia Saila.
Pº de la Universidad 7. 01006 Vitoria-Gasteiz
aritz.urdampilleta@ehu.es

Gómez-Zorita, Saioa

Euskal Herriko Unib. (UPV/EHU). Farmaziako Fak. Farmazia eta Elikagaien Zientziak Saila. Pº de la Universidad 7.
01006 Vitoria-Gasteiz
saioa.gomez@ehu.es

Jaso: 30.03.2012

BIBLID [ISSN: 1577-8533, eISSN: 1989-2012 (2012), 12; 177-188] Onartu: 14.11.2012

Mendi-gaitz akutua (MGA) eta honek eragindako buruko mina, altitude-hipoxiaren eraginpean, bereziki 4.500 m-tik gora, prebalentzia handiz agertzen den gaixotasuna da. Era berea honek eta MGA ren areagotzeak bizia mehatxatzen duten eta tratamendu urgentea behar duten bi gaixotasun; garun-edema eta biriketako edemara eraman gaitzake. Mendi egokitapenerako denda hipoxikoetan, altitude simulatuan egindako egonaldien baten emaitzak aurkezten dira artikulua honetan, ikusiaz MGA neurri handi batean ekidin dezakela ($p < 0,01$), era beran loaldian zehar oxigeno SaO₂% igotzen delarik, osasuna bermatuz.

Giltza-Hitzak: Mendi-gaitz akutua. Altuerara aklimatzea. Aldizkako hipoxia. Entrenamenduak.

La prevalencia del mal agudo de montaña (MAM) y los efectos de este en el dolor de cabeza, especialmente por encima de los 4.500 m es especialmente notorio. A la vez, el MAM si no se controla adecuadamente puede llevar a dos enfermedades como son el edema pulmonar y edema cerebral. En esta investigación experimental se presentan los beneficios que tiene entrenar en hipoxia intermitente como precondicionamiento antes de acudir a montañas de gran altitud, observando que el MAM disminuye significativamente ($p < 0,01$) y a la vez observándose disminuciones significativas de la SaO₂%, asegurándose la salud.

Palabras Clave: Mal agudo de montaña. Aclimatación a la altitud. Hipoxia intermitente. Entrenamientos.

La prévalence du mal aigu des montagnes (MAM) et ses effets dans le mal de tête, spécialement au-dessus de 4.500 m. est spécialement notoire. En même temps, le MAM peut, s'il n'est pas contrôlé de façon adéquat, mener à deux maladies telles que l'œdème pulmonaire et l'œdème cérébral. Dans cette recherche expérimentale on montre les bénéfices de l'entraînement à l'hypoxie intermittente comme pré-conditionnement avant d'aller dans les montagnes de grande altitude, en observant que le MAM diminue de façon importante ($p < 0,01$) et nous observons en même temps des diminutions importantes de la SaO₂%, assurant ainsi la santé.

Mots-Clés : Mal aigu des montagnes. Acclimatation à l'altitude. Hypoxie intermittente. Entraînement.

1. SARRERA

Alpinismoa, gure ingurunean oso errotuta dagoen jarduera fisikoa da. Era beran, altitude handietara bidaiatzen duten mendizaleen kopurua asko handiagotu da azken urteotan, hala nola euskal herrian bertan urtero mendi federazioak dituen persona federatu kopurua begiratu besterik ez dugu. Haatik, aurre-aklimatazio aukerarik gabeko, edonolako igoera bizkorrak (goi-mendiko salbamendu-taldeak, mendira egonaldi motzetarako doazen turistak). Mendi-Gaitz Akutuaren (MGA) intzidentzia altua eragin dezake eta ondorioz mendian izango duzgun egonaldia baldintzatu, izan ere MGA ak; buruko mina, anorexia, insomnia, apatia, neke sentsazioa, digestio arazoak edota goragalea, zorabioak eta bertigoa bezalako kalteak eragin ditzazke (Durmont eta kol, 2000). MGAaren prebentzioa zaila dela onartua dago mendi arruskuetan jarduten duten istituzioen aldetik, baina normalki, 3.000 m-tik gora MGA intzidentziarik gabe aritzeko, 4-7 aurre-aklimatazio egun behar direla irizten da (Hacket eta Roach, 2001; Peacock, 1998) eta mendian estantzia oparo bat pasatzea Joan den mendizale batentzat egoera honetan 4-7 egun pasatzea oso ezerosoa suertatzen da.

Hau dela eta, mendizale zein mednira doazen turistek beren aklimatazioa hobetu nahi izaten dute bidaia hauetarako, baina gure ingurune orografikoan mendien altura mailak 2.000 m. azpikoak direla eta 3.000 m-tik gora aklimatazio prozesuak bultzatzea ezinezko egiten du.

Era berean, ikusi dugu nola mundu mailako eliteko alpinistek ere, noizbehinka aklimatazio arazoak agertu dituzten. Gertaera hauek, 4.000 metro azpitik kokatzen ziren Txileko meatzeetako langileekin batera, argi eta garbi erakusten dute, aldizkako hipoxia kroniko egoeratan denbora pasatu arren, altituderearen aurrean arazoak agertzen dituztela, altitudera ohituta egon arren, ezegokitze akutu fenomenoak adierazi baitituzte (Sigues, 2007; Richalet, 2002). Aklimatazio arazoaren arrazoia ez dago argi deskribatuta literaturan eta aldizkako hipoxia estimuluekin, zenbait adaptazio mekanismo “azkar edo motz” galdu edo urritu daitezkenaren (itsas mailara jaisterakoan) edota aste batzuk igaro ondoren, mekanismo hauen faltaren hipotesia sor daiteke (Hochachka, 1998; León-Velarde, 1993). Beste ikerketa batzuek sherpa tibetar eta andinoen arteko ezberdintasunak erakusten dituzte; batzuk altitudera ohituta daude; belaunaldiz belaunaldi eskuratutako aldaketa fisiologikoen bitartez (Garrido, 1997) eta beste batzuek biriketako arteria-hipertentsioa bezalako mendi-gaitz kronikoa pairatzen dute (Sigues, 2007). Orokorrean, geroz eta aklimatazio kaskarragoa eduki, efektu neuropsikologikoak altuagoak izango dira, mendi istripuak izateko arriskuak ere areagotuz (De Aquino eta kol, 2009).

Hala ere, ez dakigu ziur MGA-ren prebalentzian ondoko aldagaiek eragina duten; egokitzapen fisikoa, ohitze falta eta hipoxia eraginpeak, beste aldagai genetiko batzuk, hidratazio eta dietetikako eta nutrizioko pautak defizitarioak (Butterfield, 1999; Urdampilleta eta Martinez-Snaz, 2012) edo tenperatura, haizea e.a. bezalako ingurumen faktoreak, zeinak egoki arnasteko aukerak murriztu ditzaketen. Oraingo honetan, bizkor aklimatatu eta 4.000 m-tik gora MGA ez pairatzeko aldizkako hipoxia aurre-egokitzapena egitea eraginkorra izan

daitekeen aztertu nahi da, edo izatekotan MGA-ren prebalentzia murriztea, modu honetan turistaren edo alpinisten osasuna segurtatzeko, kontuan izanda autore batzuek MGA garun-edemaren aurrekarizat jotzen dutela (Shoonman, 2008; Schneider, 2002).

MGA honako sintomak ezaugarri dituen gaixotasuna da; buruko mina, apetitua galtzea, goragalea, nekea, zorabioak eta insomnia (Dumont y col, 2000), beti ere aurretik osasuntsuak ziren eta altuerara igo diren pertsonengan. Sintoma hauek, ohikoa denez, lehen 6-10 igoera ordutan garatzen dira (Hackett eta Roach, 2001), eta egonaldiaren bigarren edo hirugarren egunean punta bat agertzen dute (Peacock, 1998). Hauen intzidentzia aldakorra da, baina erlatiboki altua, 4.050 eta 5.885 m. arteko altitudeetan gizabanakoaren batezbesteko %67ari erasaten baitio, %25 eta %100 tartean (Dumont, 2000; Wagner eta kol, 2006). Arriskua; igotako altueraren, igoera abiaduraren, aurretik altuera garaieretan jasandako eraginpean eta norbanakoaren suszeptibilitatearen baitan doa (Schneider eta kol, 2002), prebalentzia handiagoa 500 m. azpitik bizi diren pertsonetan aurkituko dugu (Serrano-Dueñas, 2000). Neurri egokiak hartzen ez badira, MGA, pazientearen bizitza arriskuan jarri dezaketen bi entitatetara bideratu daiteke; Altuerako Biriketako Edema (ABE) eta Altuerako Garun Edema (AGE) (Peacock, 1998).

MGA-ren prebentziorako, aklimatatzeko estrategia ezberdinak gauzatzen dira eta ginkgo biloba bezalako sustantziak (Leadbetter, 2009) edo azetazolamida bezalako botikak aztertu dira (Dumont y col, 2003; Chow eta kol, 2005), hala ere, ez daude albo-ondoriotatik salbu. Mailakako aklimatazioa gomendatzen da, 2.500-3.000 m-tik gora eguneko 300-600 m. baino ez igotzea, eta "goruntz igo eta behean lo egin" printzipioari men egitea (Hackett eta Roach, 2001; Irmay, 2010). Badira zenbait ikerketa, altitude handietara askotan igotzen direnak edota muturreko altitudeetara igotakoak hoberen aklimatatzeko diren mendizaleak direla frogatzen dutenak (Irmay eta kol, 2010; Pesce, 2005; Schneider, 2002).

Gaur egungo teknologiak, arnastutako airearen oxigeno edukia gutxitzen duten tresnen bidez, presio barometrikoa jaitsiz (hipoxia hipobarikoa) edota oxigeno kontzentrazioa murriztuz (hipoxia normobarikoa), itsas mailako efektuak irudikatzea ahalbidetzen digu. Altitude simulatuetan ganbera hipobarikoetan emandako egonaldien bitartez egindako zenbait aurre-aklimatazio protokolo aztertu diren arren (Piehl Aulin, 1998; Viscor, 2002; Tabidi, 2007), ohikoa izan da intentsitate baxuko ariketa jarraiak burutzea, nahiz eta ez diren beti eraginkorrak izan (Rodriguez, 1999).

Dena den, badira, mendi garaieretara egindako espedizioetan bizi daitezkeen kontrako egoeratan, HI estimulu aktiboen bitartezko interbentzioa, tresna erabilgarri eta eraginkorra dela dioten ikerketak. Honela, neurrizko intentsitateko eta intentsitate altuko zazpi HI saiok, 4.300 m-tan errendimendua areagotzen dutela aztertu da (Beidleman, 2008) edo Muza eta kolaboratzaileek (2007) gauzatutako lanetan, militarrei 4.000 m-tara egindako eguneroko ordu beteko entrenamendu programaren ondoren, aireztapen aklimatazioan hobekuntzak eta MGA-ren prebalentziaren murrizketa erakusten dira. Honela, estimulu hauek, egokitzapen fisikoaren ikuspuntutik, oso tresna

balioduna izan daitezke (Geiser, 2001; Millet, 2010) MGA prebenitzeko metodo gisa (Stephen eta kol, 2010).

Hala eta guztiz ere, HI aktiboko entrenamendu protokolo ezberdinak aztertzen dituzten ikerketak behar dira, egokitzapen fisikoaren eta MGA-ren prebentzioaren ikuspuntutik, hauetatik eraginkorrena zein den jakiteko. Literaturan, ez ditugu aurkitu mendi garaien aklimataziorako, Hlan egindako, indar-erresistentzia aerobikoko entrenamenduen (bitarteko metodo) lanak, beraz, ikerketa honetan, MGA-ren prebentziorako entrenamendu horien eraginkortasuna baloratu nahi dugu.

2. MATERIALA ETA METODOAK

2.1. Partaideak

Guztira, 15 mendizale federatu bildu ziren ikerketarako, hauetako 8k Peruko Andeetara joan nahi zuten Mendilerro Zuriko (4.500-5.500 m.) zeharkaldi ezberdinak egiteko eta 7k Akonkagua mendia (6.990 m.) igo nahi zuten. Guztiak gizonezkoak ziren eta haien ezaugarriak honakoak ziren; 40 ± 6 urte, denek normopisua, 66 ± 13 -ko oinarrizko BM, eta $97,5 \pm 0,7$ -ko oinarrizko SaO₂. Taldeak Pirinioetako zeharkaldietan eta Alpeetara egindako, 3.000-4.000 m. bitarteko, zenbait igoera zehaztuz bazuen esperientzia, baina ez zen inoiz 4.500 m-tik gorako mendietara igo. Kide guztiek, proiektuan parte hartu aurretik, Munduko Medikuntza Elkartearen Helsinkiko deklarazioari lotutako onarpen informatua sinatu zuten.

2.2. Bazterketa irizpideak

Azken 6 hilabeteetan 3.000 m-tik gora 3 egun baino gehiagoko egonaldi bat egin gabeak, edota 4.000 m-tik gorako mendi batera igoerarik egin ez zutenak. Bestalde, altuerak sortutako gaixotasunen aurkako edozein terapia, hots, oxigenoa, ganbera hiperbarikoak, azetazolamida, dexametasona, furosemida, nifedipina, AIEE-ak (aspirina) eta ginkgo biloba (Hackett eta Roach, 2001) bezalakoak edota aminoazidoak, bitaminak eta antioxidatzaileak edo gisakoak erabiltzen zituzten lagunak ikerketatik kanpo gelditu ziren. Mendeko aldagaiak oztopatu ditzakeen infekzio edo beste gaixotasun akuturen bat agertzen zutenak ere kanpoan gelditu ziren.

2.3. Aldagaiak eta neurrien hartzea

Emaitza nagusi moduan, Louise Lakuaren Eskalaren (LLE) bitartez, pertsona hauek 10 orduko hipoxia normobarikoan 4.500 m-tara emandako gauegonaldiko tratamenduaren aurretik eta ondoren pairatutako MGA sintomak eta buruko mina neurtu ziren. Beste autore batzuek bezala, pertsona batek, LLE-ren balorazio subjektiboan, buruko minean, 3 puntu edo gehiagoko emaitza lortzen duenean, MGA pairatzen duela irizten da (Chow eta kol, 2005).

10 orduko loaldian zehar (22:00-8:00) SaO₂% -a eta BM monitorizatu ziren zuzenean denda hipoxikoaren kontrolatzaileari lotzen zitzaizkion 2 pultsioximetroren bitartez. Denda hipoxikoan egindako loaldiaren aurre-testa zein test-ondokoa egun hartan entrenatu ondoren eta afaldu baino 4 ordu beranduago gauzatu ziren. Binaka egin zuten lo dendatan, mediku baten gainbegiradapean.

Tentsio arterialaren oinarrizko parametroen, oinarrizko bihotz-maiztasunaren, oxigeno saturazioaren eta nutrizio-balorazioaren kontrola, goizeko 8:00-8:30 bitartean burutu zen, loalditik jaiki berritan hain zuzen.

* **MGA-ren baloraziorako**, 4.500 m-tara hipoxian entrenatu + 10 ordu lo egitearen protokoloa erabili zen, MGA-ren lehen sintomak, normalean, igoseraren lehen 6-10 ordutan ematen direla kontuan izanda (Hackett eta Roach, 2001).

2.4. Erabilitako materiala eta hipoxia sistema

Entrenamenduak nola loaldi frogak, hipoxia normobarikodun (GO2Altitude) denda batean gauzatu ziren. Tresna honek, metodo fisikoen bitartez, dendaren O₂ zatikia murrizten du, hipoxia normobariko giroa sortuz.

Entrenamenduetarako, pisu-joko bat, halterak eta z barra bat (Salter), banku bat, koltxoneta bat, hezetasuna kentzeko makina bat eta bizikleta estatiko bat (BH) erabili ziren.

Entrenamenduen neurketa eta kontrolerako honakoa erabili zen; hatzeko pultsioximetro bat (Oxym3.000), laktato analizatzaile bat (Lactate Scout), pultsometroa (Polar810), kronometroa eta metronomoa (Korg Ma-30) eta tenperatura eta hezetasun erlatiborako neurgailua (Center 370). Analisis estatistikoa SPSS, 17.0 pakete estatistikoarekin egin zen (SPSS Inc. Chicago, IL, USA).

2.5. Interbentzioa

Mendizaleek, hipoxia normobarikoko ariketadun entrenamendu programa, 4.500-5.500 m-ko altuera simulatuan gauzatu zuten (FiO₂ = %12-10,5), astero, altitudea 500 m-tan areagotuz. Entrenamenduak, Aialako Suhiltzaile-etxean (Araba) burutu ziren, Osakidetzako larrialdietako osasun-zerbitzuaren laguntza eta gainbegiratzean.

Programak, asteko, 60 minutuko iraupeneko 4 saiotan zetzan (al.-az.-og.-ol./ar.-az.-ol.-lr.), guztira, 3 astetan, 12 saio eginaz. Aldizkako hipoxia saioetan, intentsitate altu-ertaineko bitarteko entrenamendua burutu zuten, goiko treneko muskulatura inplikatur (pisu-ariketako zirkuitua, indar erresistentzia aerobikoko lana eginaz, 6 ariketa jarraian eginaz, 1 errep/s abiaduran, bakoitzak 40''ko iraupena izanik) eta saioaren amaieran,

gainontzeko 30'-etan, bitarteko lana egiten zuten (BM max teorikoko %85-90-eko punta maximotako aldizkakotasuna, 120-130 pultsaziotara itzuli arte).

Hipoxia entrenamenduko protokoloaren aurretik, bi asteko homogeneizazio fasea gauzatu zen; bertan, ondoren hipoxian burutuko zituzten entrenamendu berberak egin zituzten.

Dendaren hezetasun erlatiboa entrenamenduetan altua izan zen, %80-90 ingurukoa (horregatik, eta beste arrazoi batzuegatik, entrenamenduak banaka gauzatu ziren). Entrenamenduetako tenperatura 20-24°C-ekoa izan zen. Entrenamenduak, metronomo baten bitartez (pisuen egite-abiadura, 1 errep/s) eta pulstometro baten bitartez (bizikleta estatikoaren gainean bihotz-maiztasuna neurtzeko) kontrolatu ziren.

1. taula. Denda hipoxikoan gauzatutako entrenamenduen ezaugarriak

Altitudea (m)	4.500-5.500
(FiO2%)	12-10,5%
Esfortu-izaera, pisu-zirkuitua	$\frac{3}{4}$ -1 errep/s (40´´)
Esfortu-izaera, bizikleta estatikoa	%85-90-eko puntak BM max. (95-105 rpm)
Pisu-intentsitatea (tartea) Laktatoa (mmol/l)	FR Laktikoa 13,10-11,64*
Bizikleta-intentsitatea (tartea) Laktatoa (mmol/l)	Potentzia Aerobikoa 8,05-6,95*
%SaO2 minimoak (tartea)	68-84*
Denbora saioko	60´
Asteko maiztasuna	4 saio/aste

* Aurreko parametroak tratamenduan zehar aldatu egin ziren; aireztapen aklimatazioagatik eta hipoxiarekiko beste moldatze batzuegatik.

2.6 Ikerketan zehar agertutako mugapenak eta arazoak

Hasiera batean, denda hipoxiko barruan bi pertsona elkarrekin entrenatzea planteatu zen, baina honek, dendako altitude simulatua modu zehatzean kontrolatzea eragozten zuen, denda barruan, aire hipoxikoaren berriztapenaren fluxua 100 l/min baita, eta entrenamenduen intentsitateak altuegiak ziren fluxuari berritzeko astia emateko, honek, ordu betean, altitude simulatua 500-1.000 m-tan areagotzea zekarren. Arrazoi honengatik, entrenamenduak banaka berrantolatu ziren. Bestalde, denda barruan ordu betez biziki aritzeak,

entrenamenduetan, hezetasun erlatiboaren areagotzea zekarren, batzuetan %90era ere iritsiaz. Arrazoi honengatik, 2. saioaren ondoren, hezetasuna kentzeko makina bat erosi behar izan zen arazoa partzialki konpontzeko. Etorkizuneko ikerketetarako garrantzitsua da mugaketa edo egoera hauek kontuan hartzea.

3. EMAITZAK

3.1 Mendi-Gaitz Akutuaren prebalentzia

Mendi-Gaitz Akutuaren prebentzioari dagokionez, emaitza harrigarriak jaso ditugu (2. taula), aldizkako hipoxiako ariketa programa (hipoxia ondoren) burutu ostean prebalentzia %36,33-an murriztu baita, hasieran %100ekoa izanik.

2. taula. Louise Lakuaren Eskalarekin neurtutako MGA-ren sintomatologiaren prebalentzia, normoxia entrenamenduaren aurretik eta hipoxia ostean

ALDAGAIK	HIPOXIA aurretik	HIPOXIA ondoren	<i>P</i>
MGA-ren prebalentzia %-tan	%100	%36,33	< 0,01

* 3 gainerako puntuazioa MGA-tzat hartzen da.

2. taulan, Louise Lakuaren Eskalaren (LLE) bitartez, MGA-ren sintomatología nola jeitsi den antzeman daiteke, bertan signifikazio maila *handia* ($p < 0,01$) erakutsiaz eginiko tratamenduan eragin zorrotza izan dezakela adieraziaz.

3. taula. Louise Lakuaren Eskalaren eta buruko minaren bitartez egindako MGA-ren sintomatologiaren balorazioa, normoxia entrenamenduaren aurretik eta hipoxia entrenamendu ostean eta 4.500 m-tara lo egin ondoren

ALDAGAIK	HIPOXIA aurretik	HIPOXIA ondoren	<i>P</i>
LLE	5,55 ± 0,47	2,45 ± 0,31	< 0,01
BURUKO MINA	2,27 ± 0,24	0,64 ± 0,20	< 0,01

* 3 gainerako puntuazioa MGA-tzat hartzen da.

3. taulan, Louise Lakuaren Eskalaren (LLE) bitartez, MGA eta buruko minaren puntuazioak nola nabarmen jeitsi den antzeman daiteke, bietan signifikazio handiak antzemanaz.

4. taula. SaO2-ren eta BM-ren eboluzioa 4.500 m-tara egindako loaldian, normoxia entrenamenduen ondoren eta hipoxia entrenamenduen ondoren

%SaO2 eta BM	HIPOXIA aurretik	HIPOXIA ondoren	P
SaO2-22:00 BM-22:00	83,27± 0,80 72,45± 1,70	88,27± 0,84 63,36± 1,22	< 0,01 < 0,01
SaO2-8:00 BM:8:00	76,91± 1,32 70,55± 1,61	83,45± 1,27 63,09± 1,60	< 0,01 < 0,01
SaO2 batezbestekoa	77,25± 1,41	83,75± 1,07	< 0,01
BM batezbestekoa	71,64±0,28	62,44±0,36	< 0,001

4. taulan, SaO2-ri (oxigeno saturazioa) eta BM-ri so eginez, loaldiko atsedenaldiari dagokienez aklimatazioa ematen dela ikusten dugu. SaO2-aren igoera eta bihotz-maiztasunaren murrizketa, altitude honetan ematen den aklimatazioaren adierazle zuzenak izan daitezke (Botella de Maglia, 2002, Richalet eta kol, 1989).

Laburbilduz, MGA-ren sintomatologia %64an ($p < 0,01$) murriztu zela ikusi ahal izan zen. LLE-ren emaitzak lehen astean (hipoxia aurretik) $5,5 \pm 0,47$ izan ziren eta programako azken ostiralean (hipoxia ondoren) $2,45 \pm 0,31$. Buruko mina $2,27 \pm 0,24$ -tik $0,64 \pm 0,20^{**}$ -ra gutxitu zen. Batezbesteko SaO2-a, gaez, $77,25 \pm 1,41$ -tik $83,75 \pm 1,07^{*}$ -ra igo zen eta BM-k $71,64 \pm 0,28$ -tik $62,44 \pm 0,36^{**}$ -ra gutxitu ziren. 4.500-5.500 m-tara entrenatuz, aldizkako hipoxiako 12 saiotan MGA-ren eta buruko minaren edonolako seinale prebenitza lortu zen.

4. EZTABAIDA

MGA-ren sintoma bereizgarriena buruko mina dela dirudi, LLE eskalan ikusi ahal izan dugunez, puntuazio maximoak "buruko mina" atal subjektiboan jasotzen baitziren, 2tik (neurritzko buruko mina) 3ra (buruko min akutua) bitarteko puntuazioak jasoaz. Hala ere, aldizkako hipoxia ariketadun programaren ostean, balorazio hau buruko min "arina" edo "eza" bezalako aldagaietara jaisten dela ohartu gara, 0 edo 1-eko puntuazioak ematen direlarik. Badira beste autore batzuk buruko mina zuzenean MGA-ren sintomatologiarekin erlazionatzen dutenak (Botella de Maglia, 2002).

Literatura zientifikoan, MGA-ren intzidentzia 4.050-5.485 m-tik gora igotzen diren pertsonengan %67koa da, %25etik %100era bitartean (Durmont eta kol, 2000, Wagner eta kol, 2006). Gure kasuan, 4.500 m-tara 10h lo egin ondoren %100eko intzidentzia ikusi dugun arren, ez da harrizkoa, ez baitzen 200-3.000 m-ra bitartean, aklimatazio txikirik ere egon, zeinak mendien

gehiengoan ematen diren. Beharbada, kasurik bereziena eta MGA intzidentzia altuena daukana Kilimanjaro mendia izan daiteke. Stewart eta kolaboratzaileek (2010) 4.700 m-tara %82ko intzidentzia aurkitu zuten. Kasu honetan, herriak itsas-mailan aurkitzen dira eta igoera oso bizkorra da, aklimatazio prozesuak eragotziz.

Badirudi, MGA-ren sintomatologiaren zergati nagusietako bat, igoeraren azkartasuna dela (Botella de Maglia, 2001, Schneider eta kol, 2002). Beste autore batzuek diotenez, banakako suszeptibilitateak garrantzi handia dauka, baita aurreko hipoxia eraginpeek edo altuera handietara jartzeak ere (Pesce eta kol, 2005, Schneider eta kol, 2002). Suszeptibilitate hau, batez ere, buruko minean ikusi dugu, aztertutako lagunek portaera oso ezberdinak eduki baitituzte. Kasuen %50ak buruko min akutua pairatu zuen 4.500 m-ra egindako lehen egonaldian; dena den, beste %50a batez ere lo ezin eginaz kezatu zen. Kasu honetan, egoera hau emanda, nahikoa izan al daiteke buruko mina MGA diagnostikatzeko kriterio bezala erabiltzeko? Gure aburuz, parametro oso garrantzitsua da MGA-ren detekzio goiztiarra egiteko.

4.000 m-tik gora organismoa 3-7 egunetan egonkortzen da egoera hipoxikoaren aurrean (norbanakoaren suszeptibilitatearen arabera). Horretarako, 2.500-3.000 m-tik gora, eguneko 300 eta 600 m. artean baino ez igotzeko estrategia erabiltzen da, eta, beti ere, *“goruntz igo eta behean lo egiteko”* printzipioa jarraituz (Peacock, 1998, Hackett eta Roach, 2001). Hala ere, orain arte ez dakigu ziur zer dela eta batzuek besteek baino denbora gehiago behar izaten duten; zenbait osagai genetikoren, ezaugarri fisikoen, nutrizio-hidratazio edo burututako aklimatazio motaren ondorio diren. Dena den, garrantzitsua da ezberdintasun hauek zergatik ematen diren eta egoera, hipoxia aurre-egokitzapen estrategia zehatzekin hobetu daitekeen ala ez ikertzen jarraitzea.

Hipoxia ariketadun programaren ostean, oinarrizko SaO₂-ak, gauez, 4.500 m-tara bigarren aldiz lo egiten denean areagotzen direla ikusten da. Era berean, oinarrizko bihotz-maiztasuna murriztu egiten da. Literatura zientifikoaren arabera, oinarrizko bihotz-maiztasunaren (BM) egonkortzea, altitudean 5-7 eguneko egonaldien ostean ematen da (Peacock, 1998). Horregatik, zenbait autorek, BM, aklimatazioaren indikatzaile bezala erabili dute (Richalet eta kol, 1989). Gure kasuan, BM-ren egonkortzea LLEan puntuazioak jaistearekin erlazionatzen da, tratamendu hipoxikoaren amaieran MGA-ren prebalentzia gogor murrizten dela ohartuz. Turisten edo alpinisten aklimatazioa, altitude jakin batean baloratzeko parametro garrantzitsua izan daiteke.

Gaixotasunaren agerpena determinatu eta MGA kuantifikatzeko, Louise Lakuaren Eskala (LLE) erabili dugu. Hala eta guztiz ere, datu hauek, “buruko min”ean lortutako aldagaiekin kontrastatu nahi izan ditugu, eskalaren atal hau, hipoxia aurre-egokitzapen tratamenduarekin gehien hobetzen dena dela erreparatu baitugu. MGA-ren eta buruko minaren gutxitzeak erlazio nabarmena dutela ikusten da, LLE-ren sintomatologiaren eta buruko minaren murrizketak oso esanguratsuak direlarik ($p < 0,01$).

Honek, gihar mailan aldaketa garrantzitsua eman dela iradokitzen digu, nahiz eta jasotako datuekin ezin dugun jakin zein motako egokitzapenak eman diren, baina izan liteke kapilarizazioa areagotu eta mioglobinarene edukia aldatzea, Terrados eta kolaboratzaileek 1990an antzeman zuten bezala (4-5 egun/aste arituz, 120'-ko saiotan, 4 astez). Behaketa hau interesgarria da, hipoxia entrenamendu biziarekin ere, giharraren gaitasun aerobikoari dagokionez, oso egokitzapen garrantzitsuak gertatu ahal izan daitezkeela hipotetizatu baitezakegu.

Muza-k, (2007) 25 aldizkako hipoxia entrenamendu ikerketa berrikusi zituen ondokoa aztertuz: altitude simulatua, saioen iraupena, saio mota eta zenbatekoa. Ikerketa zabal honen arabera, 4.000 m-tik gorako hipoxia estimuluak erabiliz, aklimatazio probabilitate handia zegoen, baina eguneko, 4.000 m-tik gora gauzatutako ordu beteko entrenamendua proposatzen zuen. **Ikerketa honetan ikusten da, 4 saio/aste, lo egingo dena baino 500-1.000 m. gainetik eginda, MGA prebenitzeko eraginkorra izan daitezkeela**, eta protokolo honekin, agian ez dela beharrezkoa, hipoxia aurre-egokitzapenerako, 4.000 m-tik gorako eguneroko hipoxia estimulu saioak gauzatzea, mendi garaietara joan aurretik.

5. ONDORIOAK

Aldizkako Hipoxia Normobarikoan egindako FRAe ariketa programa batek, 4.500-5.500 m-ko altitudeetan, ordu beteko saioak eginez, 4 aldiz astean, hurrengo ondorioak ditu 4.500 m-ko altitude simulatu normobarikoan egindako loadietan:

- 1) Esnatzerakoan, MGA-ren sintomatologia eta buruko mina hobetzen ditu.
- 2) Loadian zehar SaO₂ areagotzen du.
- 3) Gauean, atsedendaldiko BM murrizten du.
- 4) Entrenamendu intentsitate erlatibo berdineraren %SaO₂ areagotzen da.

Emaitza fisiologiko hauek altuera aklimatazio egokia adierazten duten indikatzailetzat hartu daitezke. Hortaz, protokolo honek, altitude efektuengatik, Mendi-Gaitz Akutua pairatu dezaketen pertsonentzako prebentziozko aurre-aklimatazio sistema bezala balio lezake.

6. BIBLIOGRAFIA

- BEIDLEMAN, B. A.; MUZA, S. R.; FULCO, C. S.; CYNERMAN, A.; SAWKA, M. N. et al. "Seven intermittent exposures to altitude improves exercise performance at 4.300 m". *Med. Sci. Sports Exerc*, 2008; 40: 141-8.
- BOTELLA DE MAGLIA, J. "Saturación arterial de oxígeno a gran altitud". En: *Real R, Botella de Maglia J (editores)*. Gasherbrum II. Expedición Cinc Segles de la Universidad de Valencia. Universitat de Valencia 2001: 121-31.
- BUTTERFIELD, G. E. "Nutrient requirements at high altitude". *Clinics in Sports Medicine Clinics*, 1999; 18(3): 607-21.

- CHAPMAN, R. F.; STRAY-GUNDERSEN, J.; LEVINE, B. D. "Individual variation in response to altitude training". *J Appl Physiol*, 1998; 85(4): 1448-56.
- CHOW, T.; BROWNE, V.; HEILESON, H. L.; WALLACE D.; ANHOLM J.; et al. "Ginkgo biloba and Acetazolamide Prophylaxis for Acute Mountain Sickness". *Arch Intern Med*, 2005; 165: 296-301.
- DE AQUINO, V.; MOREIRA, H. C.; TOMATIELI, R. V.; MARTUSCELLI, J.; TUFIC, S.; et al. "Effects of exposure to altitude on neuropsychology aspects: a literature review". *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 2009; 32: 70-6.
- DUMONT, L.; TRAMER, M. R.; LYSAKOWSKY, C.; MARDIROSOFF, C.; KAYSER B. "Efficacy of low - dose acetazolamide for the prophylaxis of acute mountain sickness". *High Alt Med Biol*, 2003; 4: 399.
- ; MARDIROSOFF, C.; TRAMER, M. R. "Efficacy and harm of pharmacological prevention of acute mountain sickness: quantitative systematic review". *BMJ*, 2000; 321: 267-272.
- GARRIDO, E.; RODAS, G.; ESTRUCH, A. "Cardiorespiratory response to exercise in élite Sherpa climbers transferred to sea level". *Med Sci Sport Exerc*, 1997; 29: 937-42.
- GEISER, J.; VOGHT, M.; BILLETTER, R.; ZULEGER, C.; BELFORTI, F.; et al. "Training high-living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude". *Int J Sports Med*, 2001; 22: 579-85.
- HACKETT, P. H.; ROACH, R. C. "High-altitude illness". *New Engl J Med*, 2001; 345: 107-14.
- HOCHACHKA, P. W. "Mechanism and evolution of hypoxia-tolerance in humans". *J Exp Biol*, 1998; 201: 1243-54.
- JACKSON, S. J.; VARLEY, J.; SELLERS, C.; JOSEPHS, K.; CODRINGTON, L.; et al. "High Altitude Medicine & Biology". *Fall*, 2010; 11(3): 217-222.
- IMRAY, C.; WRIGHT, A.; SUBUDHI, A.; ROACH, R. "Acute Mountain Sickness: Pathophysiology, Prevention, and Treatment". *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2010; 52(6): 467-84.
- LEADBETTER, G.; KEYES, L. E.; MAAKESTAD, K. M.; TISSOT, C., et al. "Ginkgo biloba Does and Does Not Prevent Acute Mountain Sickness". *Wilderness & Environmental Medicine*, 2009; 20: 66-71.
- LEON-VELARDE, F.; SANCHEZ, J.; BIGARD, A. X.; BRUNET, A.; LESTY, C.; et al. "High-Altitude Tissue Adaptation in Andean Coots - Capillarity, Fiber area, Fiber type and Enzymatic-Activities of Skeletal-Muscle". *Journal of Comparative Physiol Biochemical Systemic and enviromental Physiol*, 1993; 163: 52-8.
- MILLETG, B.; SCHMITT, L.; WOORONS, X.; RICHALET, J. P. "Combining Hypoxic Methods for Peak Performance". *Sports Medicine*, 2010; 40: 1-25.
- MUZA, S. R. "Military applications of hypoxic training for high-altitude operations". *Medicine Science Sports Exercise*, 2007; 39(9): 1625-31.
- PEACOCK, A. J. "ABC of oxygen: Oxygen at high altitude". *British Medical Journal*, 1998; 317: 1063-6.
- PESCE, C.; LEAL, C.; PINTO, H.; GONZALEZ, G.; MAGGIORINI, M.; et al. "Determinants of acute mountain sickness and success on Mount Aconcagua (6962 m)". *High Alt Med Biol*, 2005; (6): 158-66.

- PIEHL, K.; SVENDENHAG, J.; WIDE, L.; BERGLUND, B. "Short-term intermittent normobaric hypoxia-haematological, physiological and mental effects". *Scand J Med Sci Sports*, 1998; 8(3): 132-7.
- RICHALET, J. P.; DONOSO, M. V.; JIMENEZ, D.; ANTEZANA, A. M.; HUDSON, et al. "Chilean miners commuting from sea level to 4500 m: a prospective study". *High Alt. Med. Biol*, 2002; 3: 159-66.
- ROACH, R.; GREENE, H. "Arterial Saturation for prediction of acute mountain sickness". *Aviat Space Environ Med*, 1998; 69: 1182-5.
- RODRÍGUEZ, F. A.; CASAS, H.; CASAS, M.; PAGES, T.; RAMA, R.; et al. "Intermittent hypobaric hypoxia stimulates erythropoiesis and improves aerobic capacity". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1999; 31(2): 264-8.
- SCHNEIDER, M.; BERNASCH, D.; WEYMANN, J.; HOLLE, R.; BARTSCH, P. "Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and ascent rate". *Med Sci Sports Exerc*, 2002; 34: 1886-91.
- SEMENZA, G. L. "HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia". *J of Appl Physiol*, 2000; 88: 1474-80.
- SERRANO-DUEÑAS, M. "Mal de montaña agudo: características clínicas de una cohorte de 615 enfermos". *Med Clin*, 2000; 115: 441-5.
- SHOONAM, G.; SANDOR, P.; NIRKKO, A.; LANGE, T.; JAERMAN, T.; et al. "Hypoxia-induced acute mountain sickness is associated with intracellular cerebral edema: a 3 T magnetic resonance imaging study". *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 2008; 28: 198-206.
- SIGUES, P.; BRITO, J.; LEON-VELARDE, F. "Intermittent work at high altitude: a new epidemiological situation". *International Journal of Environment and Health*. 2007; (4): 595-607.
- STEPHEN, R.; MUZA, B.; BEIDLEMAN, A.; FULCO, F. S. "Altitude Preexposure Recommendations for Inducing Acclimatization". *High Altitude Medicine vs Biology*, 2010; 11(2): 87-92.
- TADIBI, V.; DEHNERT, C.; MENOLD, E.; BARTSCH, P. "Unchanged anaerobic and aerobic performance after short-term intermittent hypoxia". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2007; 39(5): 858-64.
- TERRADOS, N.; JANSSON, E.; SYLVEN, C.; KAISER, L. "¿Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?". *J Appl Physiol*, 1990; N68: 2369-72.
- URDAMPILLETA, A.; MARTÍNEZ-SANZ, J. M. "Riesgos médico-nutricionales y planificación dietética en el alpinismo". *Revista Motricidad. European Journal of Human Movement*, 2012; 28: 35-66.
- VISCOR, G.; CASAS, H.; CASAS, M.; RICART, A.; RAMA, R.; et al. "Efficiency of intermittent hypobaric hypoxia exposure programs to induce acclimation responses to high altitude". *High Altitude Medicine & Biology*, 2000; 3: 271.
- WAGNER, D. R.; FARGO, J. D.; PARKER, D.; TATSUGAWA, K.; YOUNG, T. A. "Variables contributing to acute mountain sickness on the summit of Mt Whitney". *Wilderness Environ Med*, 2006; 17: 221-8.