

A magaslati környezet turisták szervezetére gyakorolt akut hatásai

Short term effects of the high altitude environment in tourists



Szerző: **CZMERK TAMÁS**
 Titulus: egyetemi hallgató
 Munkahely: Pécsi Tudományegyetem
 Természettudományi Kar Sporttudományi és Testnevelési Intézet
 Levelezési cím: 7624 Pécs Ifjúság út 6.
 e-mail: tamas.czmerk@gmail.com

További szerzők:

TÉKUS ÉVA

Munkahely: Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Sporttudományi és Testnevelési Intézet
 e-mail: tekuseva@gamma.ttk.pte.hu

KAJ MÓNIKA

Munkahely: Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Doktori Iskola

WILHELM MÁRTA

Munkahely: Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Sporttudományi és Testnevelési Intézet
 e-mail: mwilhelm@gamma.ttk.pte.hu



Abstract: The aim of the study was to examine the physiological changes at high altitude (3000±677m) compared to near sea level (160m) in heart rate (HR), pulmonary function and oxygen saturation (SaO₂) of non-athletes (a group of 5 persons, age: 37.8±12.5 years) within a week.

Measurements were taken before and after the journey, and on daily basis during the time spent at high altitude.

HR values at sea level were lower than the values measured on the first day at high altitude, HR of a subject who felt sick on the first day was significantly higher while the SaO₂ was lower. SaO₂ shows a correlation with both altitude and atmospheric pressure. On the first day at high altitude FVC and other pulmonary functions were better. There is a slight increase of pulmonary function values measured before and after journey. The HRV values show a sympathetic nervous system activation (LF/HF ratio was 3.96 on sea level, 5.81 on the first day at high altitude).

The results demonstrate that sudden environmental changes have shock-like physiological effects however the body is able to start adaptational changes within a week mostly without any significant effort.



Összefoglaló: A kutatás célja megvizsgálni, nem sportoló emberek egyhetes magaslati környezetben eltöltött időszakában, milyen változások mérhetők a tengerszint közeli (160m) pulzus, tüdőfunkciós- és oxigén-szaturációs (SaO₂) értékekhez képest.

Méréseket végeztünk utazás előtt és után, valamint a magaslaton (3000±677m) töltött időtartam alatt naponta egy 5 főből álló csoportban (életkoruk 37,8±12,5 év).

A pulzus (HR) értékek tengerszinten alacsonyabbak voltak az első magaslaton töltött naphoz képest, az ezen a napon rosszul lett alanyról látványosan megemelkedett a HR és lecsökkent a SaO₂

érték. Az első magaslati napon a vitálkapacitás és egyéb pulmonális értékek nőttek az utazás előtt mértekhez képest. Az utazás előtti és utáni tüdőfunkciós értékekben elhanyagolható növekedést mértünk. A HR értékek pillanatnyi varianciájában a szimpatikus tónus jelentős fokozódása volt tapasztalható. Az LF/HF arányban növekedés figyelhető meg (tengerszinten 3,96, a magaslati első napon 5,81). Az eredményekből látható, hogy a hirtelen légnyomásváltozás negatív élettani hatásokat is okozhat, ugyanakkor az egyhetes magaslaton tartózkodás elegendő az adaptációs folyamatok elindításához, edzetlen embereknél is.

Bevezetés:

A fejlett társadalmakban egyre nagyobb teret hódít a turizmus, így a kirándulás, túrázás, síelés. Manapság nagy magasságokba felvonók, repülőgépek segítségével rövid idő alatt el lehet jutni, így érdemes ismerni a magaslati környezet szervezetére gyakorolt akut, illetve krónikus hatásait.

Már időszámításunk előtt különféle betegségeket észleltek magukon az emberek, ha magas területeken keltek át. A kínai uralkodó Wudi Kr.e. 156-86 egyik hadvezére így írt egyik alkalommal utazásáról. „Át kell kelni a Nagy Fejfájás Hegyén, a Kis Fejfájás hegyén és a Láz Hegyén” (Magan, 2002).

Az inka birodalomban előírták, hogy az alacsony magasságban élő rabszolgák, ha lehetséges ne dolgozzanak az Andok hegyein. A probléma okát így fogalmazták meg: „Az ártalmat a ki- és belélegzett levegő minősége okozza nagy magasságokban, mert rendkívül híg” (Jákó, 2008).

A magasság növekedésével a levegő százalékos aránya nem, csak annak nyomásértéke változik. Ennek megfelelően tengerszinten (SL) (0m) az oxigén gáz 160 Hgmm, szén-dioxid gáz 2,3 Hgmm, nitrogén gáz 593 Hgmm. Magaslaton (HA) (3500m) kétharmadára csökken a nyomásérték, az oxigén gáz 105 Hgmm, szén-dioxid gáz 1,5 Hgmm, nitrogén gáz 390 Hgmm (Pollard- Murdoch, 2003).

A magas hegyekben való tartózkodás során is megjelenhetnek az akut magaslati betegségek (AMS). Ez a fajta magaslati betegség 2000-3000m magas szintemelkedés esetén is előfordulhat, tünetei fejfájás, levertség, étvágytalanság, rossz közérzet, szapora légzés (hyperventilláció), enyhe mellkasi fájdalom, álmatlanság.

(magaslati betegségeknek súlyosabb változata a magaslati tüdő ödéma, valamint az agyödéma. Tüdő ödéma a tüdő erek nagyfokú nyomásváltozásából adódik, ami a hyperventilláció miatt alakul ki. Tünetei mellkasi fájdalom, habos köpet.

Magaslati agyödéma esetén az agyban vizenyő alakul ki, amit nehéz diagnosztizálni, ezért is nagyon veszélyes. A betegség általános tünetei koncentrációzavar, hangulatromlás, ataxia, súlyosabb esetekben hallucináció, kóma (Dannis és mtsai, 2004, Bhagi és mtsai, 2014).

A Pireneusokban hegymászókat vizsgáltak, hogy 3000 m feletti hegy megmásítása okoz-e bármilyen változást a légzésfunkciókban, azt milyen módon befolyásolja az akklimatizáció és milyen összefüggés van az artériás oxigén-szaturációval, illetve az akut magaslati betegségekkel (Compte-Torrero és mtsai, 2005).

A oxigén-szaturációs (SaO₂) értékek folyamatosan csökkentek a magasság növekedésével, de a csúcson töltött második naptól kezdve az akklimatizáció miatt az érték emelkedni kezdett.

A Valenciái értékhez képest az első csúcson töltött napon a vitálkapacitás (FVC) értéke 7,6 %-kal, az első másodpercben kifújt levegő (FEV1) értéke 12,3 %-kal volt alacsonyabb, a második hegyen töltött naptól kezdve valamennyi paraméterben javulás volt tapasztalható.

A hegyre fölfelé menet mért FEV1 érték korrelációt mutatott a SaO₂-vel ($r=0,79$). A legalacsonyabb SaO₂ értéket a hegyen töltött első napon mérték az egyik alanynál (84,4%). Lefelé jövet a csúcstról a FEV1 korrelált az SaO₂-vel ($r=0,75$). A Benasque-i két mérési időpont között nem volt szignifikáns különbség.

Általános tény, hogy a magaslaton a pulzus (HR) magasabb, míg a SaO₂ alacsonyabb, mint tengerszinten (Kim és mtsai, 1994), ez változik, ha az egyén hosszabb ideig tartózkodik nagy magasságban. Magaslaton (850m) tanuló egyetemista nők respiratórikus funkcióit hasonlították össze tengerszint közelében tanuló társaikkal (Hylyun és Dafhee, 2014). A magaslaton tanuló diákok, 30 hétnél is kevesebb időt töltöttek magaslaton, mivel nem 0-24h voltak az egyetemen. A magaslaton tanuló diákok esetében a HR ($77,73\pm 10,34$), FEV1%, és csúcsáramlási értékek értékek alacsonyabbak voltak a tengerszinten tanuló diákokénál, míg az SaO₂ ($98,26\pm 1,02$), FEV1 ($2,65\pm 0,38$), FVC ($2,87\pm 1,78$) értékek magasabbak voltak az alacsonyabban élő diákok értékeinél. Az egyetemistákat külön évfolyamokra is vizsgálták és megfigyelhető, hogy az elsős tanulók esetében szignifikáns eredmény mutatkozott minden paraméterben kivéve a HR, FEV1 és FEV1% értékekben. A negyedéves hallgatóknál jelentős eltérést mértek az FVC paraméterben (SL $2,53\pm 0,71$ HA $2,86\pm 0,38$). Az eredményekben jól megfigyelhető, hogy a szervezet adaptálódik a magaslati (hypoxiás) környezethez az idő múlásával. Kutatók vizsgálták, hogy a hypoxiás környezetben hogyan változik a pulzusvariabilitás (HRV) az emberi szervezetben. (Zhang és mtsai, 2014). A HRV analízissel képet kaphatunk az autonóm idegrendszer szabályozásáról az LF, HF és LF/HF paraméterekből (Achten és Jeukendrup, 2003). A tanulmányban tengerszinten, 3000m-en, 4000m-en vizsgálták az alanyok HR, SaO₂, HRV értékeit.

Tengerszinten a HR 72 ± 5 bpm, SpO₂ $97\pm 1\%$, 3000m-en HR 77 ± 5 bpm, SpO₂ $90\pm 3\%$. 4000m-en HR 84 ± 5 bpm, SaO₂ $84\pm 4\%$. SL-en LF 623 ± 290 ms, HF 754 ± 649 ms, LF/HF $1,2\pm 0,8$. 3000m-en LF 427 ± 192 ms, HF 473 ± 517 ms, LF/HF $1,9\pm 1,7$. 4000m-en LF 253 ± 137 ms, HF 177 ± 266 ms, LF/HF $2,7\pm 1,3$.

Az eredmények más kutatásokhoz is hasonló tendenciát mutatnak, HR, SaO₂, HRV adatokban egyaránt. Az LF, HF értékekben csökkenés tapasztalható a magasság növekedésével, míg a LF/HF arányban növekedés (Cornolo és mtsai, 2004). Az a tény, hogy a LF és HF érték eltolódik az LF irányába magaslaton, szimpatikus dominanciára utal, ami kihat a kardiorespiratórikus szabályozásra. (Kania és mtsai, 2001, Roche és mtsai, 2002).

Kutatók megfigyelték (Hughson és mtsai, 1994) hegymászók esetében, akik több mint tíz napot töltöttek magaslaton, hypoxiás környezetben, hogy szimpatikus túlsúly alakul ki a paraszimpatikus hatással szemben. A kiindulási helyen (760 Hgmm) mért SaO₂ érték 98 ± 1 , a pulzusszám $70\text{ bpm}\pm 10$, LF $1680\text{ms}\pm 482$, HF $780\text{ms}\pm 211$ és a LF/HF arány $2,6\pm 0,8$ volt. A 3456m-en mért (495 Hgmm) oxigén-szaturációs érték 80 ± 5 , pulzusszám $107\text{ bpm}\pm 8$, LF $149\text{ms}\pm 125$, HF $90\text{ms}\pm 102$ és a LF/HF arány $3,5\pm 2,3$.

A mérési eredményekben szignifikáns eltérés az oxigén-szaturációs, pulzus, LF és HF, SaO₂ értékekben volt. A LF/HF arányáról elmondható, hogy az előző kutatásokhoz hasonlóan, a magasság növekedésével nő, míg a LF, HF érték csökken.

Célkitűzés:

Az előző kutatások ismeretében a vizsgálat célja nem sportoló felnőtt

emberek magaslati környezetben történő megfigyelése volt. Feltételezésünk szerint egyhetes időtartam alatt az élettani paraméterek javulása következhet be, amely kimutatható, pulzus-, tüdőfunkciós- és oxigén-szaturációs értékekben.

Módszerek:

Vizsgálat helye:

A kutatás egy kéthetes indiai út során történt, ahol az út második felét a vizsgálati alanyok magaslaton töltötték. Az utazás előtti és utáni mérések a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karához tartozó Sporttudományi és Testnevelési Intézet Sportélettani laboratóriumában történtek. A magaslati méréseket Észak-Indiában Jammu és Kashmir tartomány egyes településein (Leh, Thikse Gompa, Lamajuru, Srinagar) végeztük.

Vizsgálat ideje:

A mérésekre 2012. június 01. és 2012. június 22. között került sor. Előzetesen egy állapotfelmérésen vizsgáltuk az indiai úton résztvevők élettani paramétereit. Az indiai út két hetes volt, de a magaslaton történő mérésre június. 11. és június. 17. között volt lehetőségünk, mert az alanyok akkor tartózkodtak, átlagosan 3000 ± 600 m fölött. A magaslaton történő méréseket minden nap este, a szállásra visszaérkezve 20:00 és 22:00 óra között végeztük.

A vizsgálat személyek egy utazó csoport tagjai voltak, 5 fő (3 férfi 2 nő), átlag életkoruk $37,8\pm 12,5$ év volt. Kizáró oknak a légúti betegségek, vagy más fertőző betegségek jelenléte, valamint a ($3\cdot 1$ óra < hetente) testmozgás bizonyult. Műszeres mérések:

Az utazás előtti és a visszaérkezés utáni pécsi vizsgálatok alkalmával a testmagasság, testtömeg mérésével, valamint Tanita típusú bioimpedancia-analizátorral, testösszetétel vizsgálattal kezdtük. A nyugalmi értékek mérése érdekében az alanyok a vizsgálatok megkezdése előtt 5 percig ülve helyezkedtek el. A vizsgálatok mindig nyugodt, audio és vizuális stressz-mentes körülmények között zajlottak.

Légzésfunkciós vizsgálat:

A légzésfunkciós vizsgálatot, egy Spirodoc típusú készülékkel végeztük. A készülék a légzőrendszer pillanatnyi állapotát határozza meg, egy erőltetett be-ki légzés alapján.

Az oxigén-szaturáció mérése:

Az artériás oxigén-szaturációt valamint a pulzusszámot non invazív eljárással, Spirodoc típusú pulzoximéterrel mérték. Az alany mutatóujjára rácsíptetett készülékkel 1 percig figyeltük az értékeket, ezt követően jegyeztük le az aktuális eredményeket.

Szívfrekvencia analízis (HRV)

A szívfrekvencia variabilitást pulzusszámmal óra segítségével végeztük (Polar RS800). A vizsgálat ülve kényelmes pozícióban, stressz-mentes körülmények között zajlott, mivel az óra a szív R-R variabilitását mérte. Az alacsony frekvenciájú értékeket (LF) 0,04-0,15 Hz közötti tartományban, a magas frekvenciájú értékeket viszont (HF) 0,15-0,5 Hz közötti tartományban mérte. A mintavételezés időtartama öt percig tartott.

Tejsavszint mérés:

A tejsavszint mérés, a H⁺ koncentráció meghatározása érdekében történt. Az eredmény értékéből jól megállapítható az acidózis, alkalózis állapota. A vizsgálatot egy Lactate Scout típusú készülékkel mértem mmol/l-ben. Mivel a tejsavszint mérés automata tű használatával történt (invazív vizsgálat), ezért minden alkalommal a szívfrekvencia variabilitás vizsgálata után történt.

Magasság valamint a légköri adatok rögzítése:

Az utazás során Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker típusú készülék segítségével rögzítettük, óránkénti mintavételezéssel.

A környezeti körülmények / útinapló:

Utazás előtt mérés:

A PTE TTK Sporttudományi Intézet Terhelés-életlani laboratóriumában történt a mérés. Magassági szint: 160m a mérőállomás magassága;

Légnyomás: 744,75±0,91 Hgmm

Léghőmérséklet: 17,58±2,78 °C

Testmagasság, testtömeg, bioinpedancia analízis történt, majd a spirometriai, oxigén-szaturációs, pulzus, szívfrekvencia variabilitás és tejsavszint mérést végeztük el. A vizsgálat során a személyek ülve helyezkedtek el nyugodt környezetben. A mért SaO₂ normál értékeket mutatott (96,8±0,45 %), HR (79,6±13,76 bpm). A spirometriai légzésfunkciók értéke mind a férfiaknál, mind a nőknél a normál értékhatárokon belül helyezkedett el (átlag, szórás).

Magaslapon töltött napok:**Első nap**

Helyszín: Leh

Magasság: 3399,57±89,8 m (óránkénti mintából)

Légnyomás: 503±6 Hgmm

Léghőmérséklet: 14,5±3,8 °C

A település 3500m magasán fekszik. Az első napon nagy fizikai terhelés nem érte a csoportot. A vizsgálat a szálláson történt, spirometert, pulzoximetert, polar órát használtunk valamint minden alkalommal lejegyeztük az alanyok egészségügyi panaszait. Az egyik személy erős fejfájásra, hányingerre, és hidegrázásra panaszkodott. A csoport oxigén-szaturációs értéke 85±0%, pulzusértéke 86±13bpm volt. A legalacsonyabb FVC% (80%) értéket a beteg személynél mértük.

Második nap a helyszín nem változott

Magasság: 3435,63±126,31 m

Légnyomás: 501,01±7,68 Hgmm

Léghőmérséklet: 16,25±5,09 °C

Reggelre a beteg alany jobban lett, panaszai megszűntek. A város bejárása során megfigyelhető volt, hogy „nehezebben” kapnak levegőt a vizsgálati személyek, szaporák a légvételek. A légzésfunkciós vizsgálat értékeiben nem volt jelentős eltérés az előző naphoz képest.

Harmadik nap

Helyszín: Leh - Thikse Gompa

Magasság: 3228±101m

Légnyomás: 513,84±6,37 Hgmm

Léghőmérséklet: 16,87±4,33°C

Reggel autóval indultak el Thikse Gompa-ba, ami 16,5-km-re volt Leh-től. A csoportból ketten felgyalogoltak egy 3500m magas hegy tetejére, de nem tapasztaltak drasztikus változást a légzésükben, közérzetükben. A csoport egyik tagja rosszul lett SaO₂ szintje 77%, pulzusértéke 98bpm, a legmagasabb nyugalmi HR 100bpm volt.

Negyedik nap

Helyszín: Thikse Gompa – Lamajuru

Magasság: 3357,96±177,25 m

Légnyomás: 505,83±10,88 Hgmm

Léghőmérséklet: 19,86±5,51 °C

Kora reggel keltek, nem panaszkodott senki rosszullétre. A megtekinteni kívánt kolostor 200m-el volt magasabban a szállásnál, de a feljutás senkinek nem okozott nehézséget. Délelőtt autóval továbbutaztak Lamajuruba, ami 125km-re volt a kolostortól. Valószínűleg a hosszú fásasztó útnak köszönhetően, de a szaturációs értékekben nagyon alacsony szintet tapasztaltunk, ennek megfelelően a pulzusértékek magasabbak lettek az előző napinál (1.ábra), valamint a LF/HF paraméterben is emelkedés mutatkozott (9.ábra).

Ötödik nap

Helyszín: Lamajuru

Magasság: 3576,17±45,84m

Légnyomásérték: 492,45±2,75 Hgmm

Léghőmérséklet: 18,32±2,59 °C

Mivel ezen a helyszínen volt a csoport a legmagasabban, ezért itt mértük meg a csoport tagjainak a vér tejsavszintjét. Az előző napi eredményekhez képest javulás volt tapasztalható a szaturációs illetve pulzus adatokban, a spirometriai értékekben számottevő változás nem volt észlelhető. Az LF/HF paraméterben ezen a napon kiemelkedő értéket mértünk.

Hatodik nap

Helyszín: Lamajuru - Srinagar

Magasság: 2960±737,47 m

Légnyomásérték: 532,92±49,33 Hgmm

Léghőmérséklet: 21,9±4,72°C

Autóval indultak a 308km-re lévő Srinagar-ba. Gyakorlatilag az egész napot autózással töltötték, pihenni is csak ritkán álltak meg. Srinagar 1600m magasán fekvő település, de a hosszú úton ennél magasabb helyeken is jártak, így érhető a 2960±737,47m magassági adat. A szaturációs értékek 94-96%-os értéktartományban mozogtak, a pulzusérték az előző naphoz képest nem mutattak számottevő csökkenést.

Hetedik nap

Helyszín: Srinagar

Magasság: 1784,13±7,29m

Légnyomás: 612,72±0,54 Hgmm

Léghőmérséklet: 24,16±2,58 °C

Az egész napot utazással, városnézéssel töltötték (gyalog). Az eredmények is normál értékeket mutattak. Rosszullét nem fordult elő.

Visszaérkezés utáni mérés:

Helyszín: Pécs

Magasság: 160m (mérőállomás magassága)

Légnyomás: 745,35

Léghőmérséklet: 25,68±2,04

A vizsgálatot ismételtén a PTE Terhelés-életlani laboratóriumában végeztük, A mérési módszer megegyezett az utazás előttivel. SaO₂ értékek 95-97%, a pulzus értékekben nagy eltérés nem mutatkozott.

Statisztikai elemzés módja:

A kutatás során gyűjtött adatokat (IBM SPSS Statistics version 20) statisztikai program segítségével elemeztük egyutas ANOVA tesztet, párosított T-próbát, valamint korreláció analízist alkalmaztunk.

Eredmények:

Az artériás oxigén-szaturáció eredményeiben szignifikáns eltérést találtunk a napok között (1. ábra). Az eredmények az 1. táblázatban láthatók.

Látható, hogy a légnyomáscsökkenés hatására az oxigén-szaturáció csökken. Ennek egyik oka a magasság növekedéséből adódó légnyomáscsökkenés (1. ábra) grafikon helye!!

Az általunk mért értékekben a negyedik napon csökkenés következett be, valószínűleg azért, mert az alanyok nem végeztek minőségi fizikai munkát. Az előző napi értékhez képest alacsonyabb „terhelés” hatására is 3,2%-os csökkenést tapasztaltunk. Nem tapasztaltunk javulást a túra előtti és utáni érték között, sőt minimális csökkenés következett be (1. ábra).

A magaslaton töltött első napon az általunk végzett vizsgálatban is volt beteg alany. A betegség oka nem megállapítható, de a rosszullét nem súlyosbodott a napok során. A SpO2 szint a vizsgálat időtartama alatt negatív korrelációt mutatott a magassággal $r = -0,817$ $p = 0,007$, valamint pozitív korrelációt a légnyomással $r = 0,809$ $p = 0,008$.

Az első magaslaton töltött napon az FVC értéke a többi nap értékéhez képest, kimagasló volt. Ez azt bizonyítja, hogy a légző izmok nagyobb munkát végeztek a többi naphoz képest, majd az azt követő napokban mért alacsonyabb érték az izmok fáradásának köszönhető. Az FVC érték az első magaslaton töltött napon 7,5%-al, ennek megfelelően a FEV1 érték 14%-al és FEV1% 5,5-al emelkedett.

Az elutazás előtti és visszaérkezést követő FVC értékben 1,1%-os, FEV1 értékben 2,7%, FEV1% értékében 1,5%-os javulás volt mérhető.

A vér tejsavszintjét nem vizsgálták az általam olvasott tanulmányokban. A vér tejsavszintjében szignifikáns különbséget találtam az utazás előtt és a magaslaton mért eredmény között ($p < 0,05$). Ez arra enged következtetni, hogy az aznapi fizikai aktivitás hatására csökkent a vér pH értéke, a folyamatos oxigénhiány miatt pedig főként anaerob sejt szintű folyamatok zajlottak (4. ábra) grafikon helye!!

A Pulzus légnyomás grafikonon (5. ábra) jól megfigyelhető, hogy nyomáscsökkenés hatására emelkedik a pulzusszám, a korrelációs szint $r = -0,71$, $p = 0,032$. Shigeru és mtsai (2005) eredményei alapján 3456m magasan 53%-al lett magasabb a pulzusszám, mint 760 Hgmm-en. 8,2%-os emelkedést mértünk 3500m magasan és az egyhetes utat követően 9,1%-os csökkenést tapasztaltunk az utazás előtti méréshez képest (5. ábra) grafikon helye!! Az első magaslati napon rosszul lett vizsgálati személy pulzus-szaturáció grafikonján jól látszik a magaslati környezet akut hatása (6. ábra) grafikon helye!!

A HRV vizsgálat során az LF, HF, LF/HFratio értékei a szakirodalomban leírtaknak megfelelően változtak (Shigeru és mtsai, 2005, Zhang és mtsai, 2014, Cornolo és mtsai, 2004). Shigeru és mtsai (2005) tanulmányában 760 Hgmm-en LF tartományban 1680±482ms-ot, HF tartományban 780±211 ms-ot mértek. Magaslati körülmények (495 Hgmm) közt az LF 149±125ms-ra, a HF 90±102ms-ra, csökkent. Az általunk vizsgált csoport (744 Hgmm) LF adatai 1472±817ms, HF 1031±1057ms voltak, Az 503 Hgmm-en mért adatot alapul véve, a LF 1002±951ms, a HF 333±477ms volt. Az utazás előtti és utáni mérés LF értéke 47±61%-kal (7. ábra) grafikon helye, HF adatai 50±51%-kal lettek alacsonyabbak (8. ábra) grafikon helye!!

Tengerszinten az LF/HF arány 2,6±0,8, 495Hgmm-en 3,5±2,3 (Shigeru és mtsai, 2005). Az általunk mért értékekben is jól megfigyelhető az értéknövekedés. 774 Hgmm-en az LF/HF arány 3,9±3,6, 553 Hgmm-en 5±4,7 értéket mértem (9. ábra). Az utazás előtti és a visszaérkezés utáni mérés kötött 20,9%-os növekedés figyelhető meg. Ez arra enged következtetni, hogy a visszaérkezés után is a szimpatikus túlsúly a jellemző. Az adatok az autonóm idegrendszer szimpatikus beidegzésének dominanciáját jelzik, ami a szervezet

egyik védekező mechanizmusa a magaslati hatásokkal (hypoxia) szemben. Szignifikáns különbséget találtunk ($p < 0,05$) a testzsírtömeg (10. ábra), a testtömeg (11. ábra), valamint közel szignifikáns értéket a testvíz tartalom %-os paramétereiben, annak ellenére, hogy az étkezések megfelelőek voltak. (10 grafikon beszúrása, 11 grafikon beszúrása)!!

Ugyanezen a szinten mért LF érték két és félszeresére csökkent, HF több mint negyedére csökkent, LF/HF majdnem a másfélszeresére nőtt.

Következtetés:

Hipotézisünk, miszerint a nem sportoló felnőtt emberek esetében a magaslati környezetben eltöltött egy hetes időtartam alatt az élettani paraméterek javulása következhet be, amely kimutatható, pulzus-, tüdőfunkciós- és oxigén-szaturációs értékekben, csak részben igazolódott be.

Manapság egyre többen hódolnak hazánkban is a természetben élvezhető sportoknak, rekreációs tevékenységeknek. Télen a szomszédos országok, esetleg távolabbi síparadicsomok, már igen magasán fekszenek a megszokott lakókörnyezetünkhöz képest.

A kutatásban 5 fős mintában vizsgáltuk, a magaslaton töltött egy hetes időtartam, kardiorespiratorikus (pulzus- (HR), tüdőfunkciós- és oxigén-szaturációs) értékeinek változását a hétköznapi emberekben. A HR 774 Hgmm-en 79,6±14bpm volt, ami az első magaslati napon 86,67±13 bpm-re emelkedett, majd az idő múlásával csökkent. Ez terhelés hatására jelentősebben változhat (Shigeru és mtsai, 2005). Légnyomás és a pulzus értékek közti korreláció jelentős volt ($r = -0,71$ $p = 0,032$). A két pécsi mérés eredménye között 9,1%-os csökkenést mértem. SpO2 értékekben jól megfigyelhető volt, hogy a magaslaton eltöltött első nap drasztikus változást okoz az élettani paraméterekben, valamint rosszul létezt is tapasztaltunk. SaO2 érték 774 Hgmm-en 96,8±0,45%, ez az érték lecsökkent 85±0%-ra az első magaslati napon. A visszaérkezés utáni mérés már csak 0,4% csökkenést mutatott. A magaslaton eltöltött 6. napra a SpO2 közelít a normál értékekhez, ez jól mutatja szervezet adaptációs képességét. Zhang és munkatársai (2014) tanulmányában 4000m-en az SpO2 13%-al csökkent, HR 16,5%-al nőtt a tengerszinten mért értékekhez képest. Compte-Torrero és munkatársai (2005) tanulmányukban hegymászókat, túra folyamán vizsgáltak az utazás előtti és az első magaslaton töltött nap szaturációs értékének különbségéhez (14,5 %) képest, az általunk mért eredmény 12,2% volt, a nagyobb különbség valószínűleg a fizikai aktivitási szintek különbségéből ered.

A tüdőfunkciós értékekben Pécsen az FVC 3,84 l és a FEV1% 87,18% volt. Az első magaslati napon az FVC 4,13 l, FEV1% 92,3% volt. Compte-Torrero és mtsai (2005) vizsgálatában a két mérés közötti különbség az FVC esetében 2,6%-al, a FEV1 0,8%-al csökkent, a FEV1% 3,8%-al nőtt.

A visszaérkezés utáni mérésen a FVC 1,1%-os, FEV1% értékében 1,5%-os javulást mértünk. Ez azt bizonyítja, hogy magaslaton a légzőizmok nagyobb terhelésnek vannak kitéve, s ezáltal megerősödnek. Visszatérve, a kiindulási és megszokott környezetben, a vizsgált alanyoknál ez a javulás elhanyagolhatóan mondható. Magaslaton tanuló koreai egyetemisták (Hyolyun és Dafhee, 2014) FVC szintje 17%-al, SpO2 0,6%-al magasabb, HR 6%-al alacsonyabb az SL-en tanuló diákokétól, ez már jelentősebbnek mondható.

Az LF, HF magaslaton mért értékei csökkennek, még az LF/HF ratio nő (Shigeru és mtsai, 2005, Zhang és mtsai, 2014). Ez az általam elvégzett vizsgálatban is látható.

Az LF/HF arány magaslatra érve megnő és a visszaérkezés után is magas értéket mutat. Ez az autonóm idegrendszer szimpatikus ágának a túlsúlyát mutatja.

Az adatok arra engednek következtetni, hogy a hirtelen környezeti változásnak, (légnymás, hőmérséklet, stb.) akut élettani hatásai nem elhanyagolhatóak. A nagyfokú környezeti változás negatív élettani hatásokat okozhat az emberi szervezetben, ami rosszulléttel járhat, vagy akár súlyosabb betegségekhez is vezethet. Magaslatra érve a légnymás a megszokottnál alacsonyabb, így a szervezet nem jut kellő mennyiségű oxigénhez, ezért a pulzus, a tüdőfunkció, az oxigén-szaturációja megváltozik.

A vizsgált paraméterekben számottevő javulás magaslaton egy hét alatt nem tud kialakulni. Az irodalmi adatok nem teljesen egyeznek meg az általunk kapott adatokkal, ezért arra következtethetünk, hogy az egyhetes időszak az adaptáció elindításához elegendő edzetlen emberek szervezetében is.

Irodalomjegyzék:

1) Achten J., Jeukendrup A. (2003): Heart Rate Monitoring – Application and Limitations. Sports Med:33(7):517-38

2) Bhuchi B., Srivastava S., Singh S. (2014): High-altitude pulmonary edema: review, J Occup Health. 56:235-43

3) Compte-Torrero L., Botella de Madria J., Diegi-Damiá A., Gómez-Perez L., Ramírez-Gallego P., Perpiná-Tordera M. (2005): Changes in Spirometric Parameters and Arterial Oxygen Saturation During a Mountain Ascent to Over 3000 Meters. Arch Bronconeumol, 41(10): 547-552.

4) Cornolo J., Mollard P., Brugniaux J., Robach P., Richalet J. (2004): Autonomic control of the cardiovascular system during acclimatization to high altitude: effects of sildenafil. J. Appl Physiol, 97: 935-940.

5) Dannis A., Dale J., Francois A., William K. (2004): The Physiological Basis of High-Altitude Disease. Ann Internal Med, 14:789-800.

6) Hughson R., Yamamoto Y., McCullough R., et al. (1994) Sympathetic and parasympathetic indicators of heart rate control at altitude studied by spectral analysis. J. Appl Physiol 77: 2537-2542.

7) Jákó P. (2008): Magaslat és hideg – a környezet kihívása. Fitnesz és tudomány, 4:24-29.

8) Kanai M., Nishihara F., Shimada H., Saito S. (2001): Alterations in autonomic nerve of heart rate among tourists at 2700 and 3700 m above sea level. Wilderness Environ Med, 12:8-12.

9) Kim GJ., Jin JO., Lim SG. (1994): Aerobic capacities of elite female marathoners after three weeks of training at 1896 m altitude. Korea J SporMedi, 12: 327-343.

10) Magan J.E. (2002): Natural and Moral Historie of the Indies. Duke University Press. USA

11) Radák Zs. (1997): Magaslat és magaslati edzés. Testnevelés- és Sporttudomány, 28(3): 46-51.

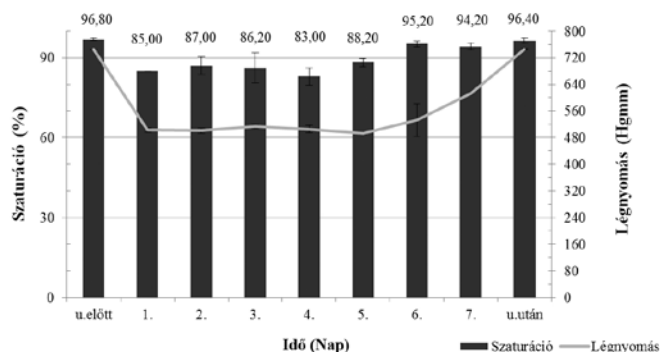
12) Roche F., Reynaud C., Garet M, Pichot V, Costes F., Beatgelemy JC. (2002): Cardiac baroreflex control in humans during and immediately after brief exposure to simulated high altitude. Clin Physiol Funct Imaging, 22:301-306.

13) Shigeru S., Kyko T., Makiko Y., Fumio N. (2005): Relationship

between arterial oxygen saturation and hearth rate variability at high altitudes. American Journal of Emergency Medicine, 23:8-12.

14) William D., Frank I., Victor L. (1996): Exercise Physiology. Wiliam&Vilkins, Maryland USA.

FÜGGELÉK



1. ábra: Az oxigén-szaturáció változása különböző légnymásértékeken. Jelmagyarázat: u.előtt= utazás előtti mérés, 1.= Magaslaton töltött első nap, 2. = Magaslaton töltött második nap, 3. = Magaslaton töltött harmadik nap, 4. = Magaslaton töltött negyedik nap, 5. = Magaslaton töltött ötödik nap, 6. = Magaslaton töltött hatodik nap, 7. = Magaslaton töltött hetedik nap, u.után= Visszaérkezés utáni mérés

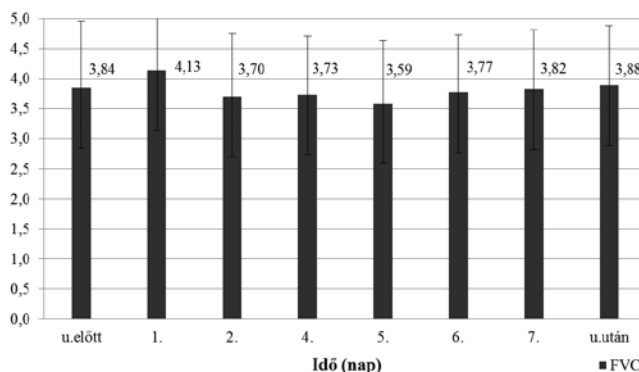
Napok	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.	**	**	**	**	**	**			
2.	**	**					**	**	**
3.	**		**				**	**	**
4.	**			**			**	**	**
5.	**				**		**	**	**
6.	**					**	**	*	**
7.		**	**	**	**	**	**		
8.		**	**	**	**	*		**	
9.		**	**	**	**	**			**

p<0,05:*; p<0,01:**

2. ábra: Jelmagyarázat

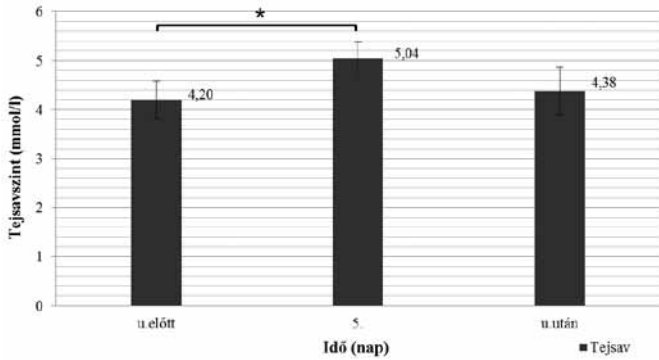
1. Táblázat: Különböző napok közötti szignifikancia-szintek az SaO2 eredményeiben.

Jelmagyarázat: (2. árba)

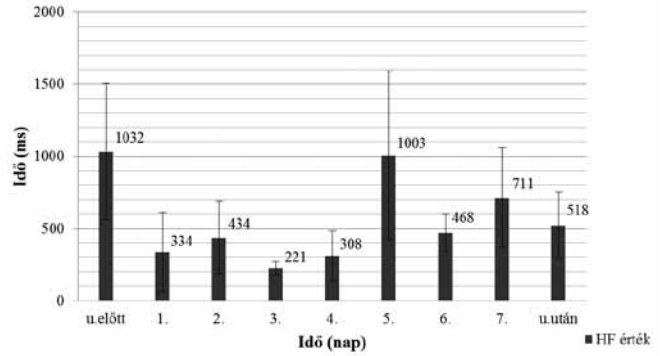


3. ábra: FVC értékek a különböző napokon.

Jelmagyarázat: (2. árba)

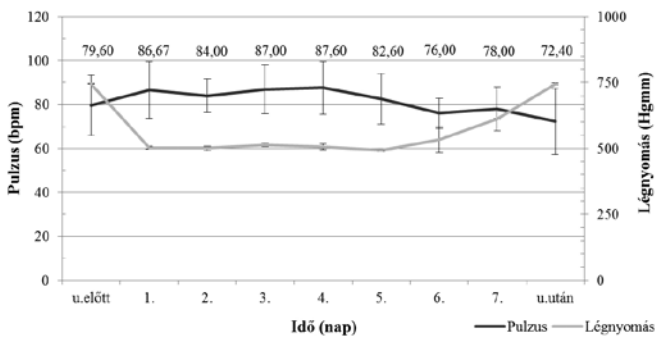


4. ábra: Tejsavszint különböző mérési időpontokban.
Jelmagyarázat: (2. árba)

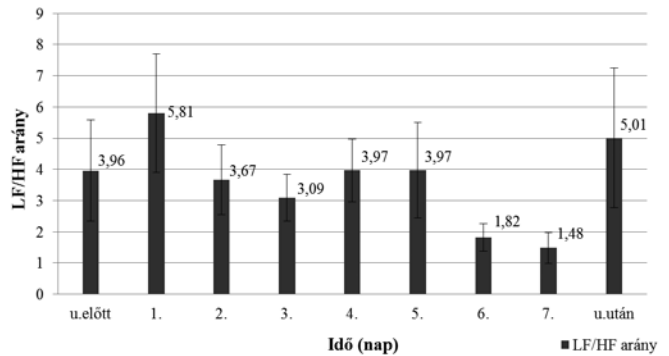


8. ábra: HF értékek változása különböző napokon. (Hibasáv értékei: SEM)

Jelmagyarázat: (2. árba)

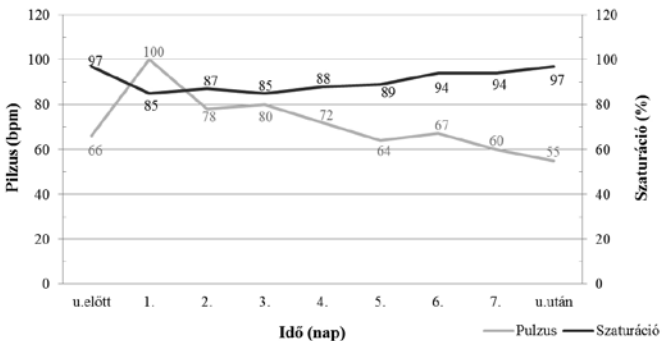


5. ábra: Pulzusértékek változása különböző légnyomásértékeken.
Jelmagyarázat: (2. árba)



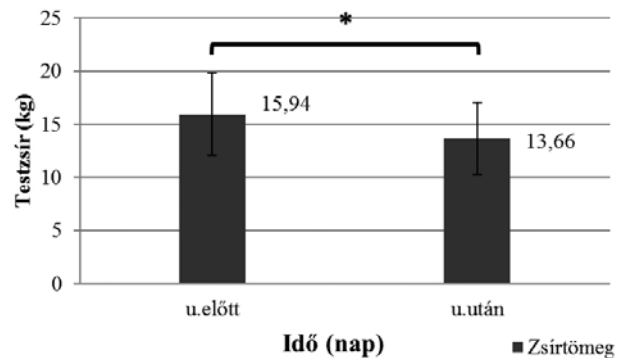
9. ábra: Az LF/HF arány változása különböző napokon. (Hibasáv értékei: SEM)

Jelmagyarázat: (2. árba)



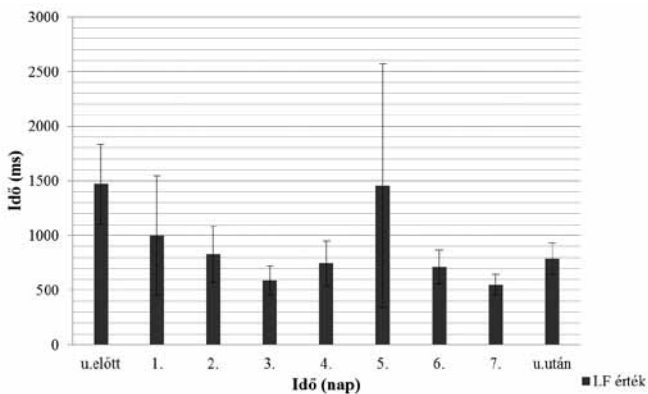
6. ábra: A pulzus és szaturáció érték változása, a rosszul lett egyén esetében.

Jelmagyarázat: (2. árba)



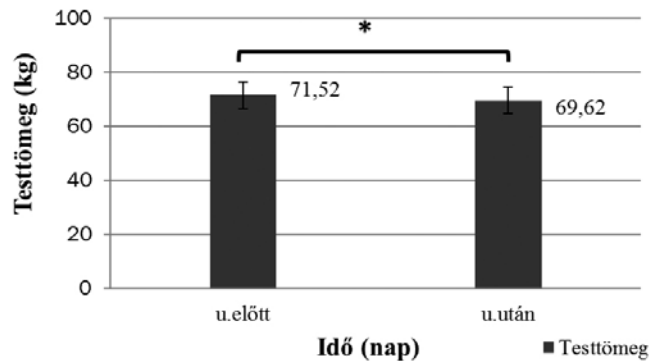
10. ábra: Testzsírtömeg változás az utazás alatt.

Jelmagyarázat: (2. árba)



7. ábra: LF értékek változása különböző napokon. (Hibasáv értékei: SEM)

Jelmagyarázat: (2. árba)



11. ábra: Testtömeg változás az utazás alatt.

Jelmagyarázat: (2. árba)