

**A BARLANGOK ÉLETTANI HATÁSAI AZ
EMBERI SZERVEZETRE**

Horváth Ildikó
biológia-testnevelés szak

Bíráló:
Szili István

I. BEVEZETŐ

Bevezetés

A barlangászat egyre népszerűbbé válik hazánkban. A magyarázat igen egyszerű: kiváló alkalmat biztosít, hogy kiszabaduljunk a nagyvárosból, friss levegőt szívjunk, belekóstolhassunk a túrázás örömeibe, a térképészet, a geológia szakmai titkaiba, hogy harmóniába kerüljünk a természettel. Mindez együtt jó társaságot alakít ki, hiszen az egymásrautaltság összekovácsolja a csapatot.

Nem csupán arról van szó, hogy bebújunk egy sötét lyukba, jól összesározzuk magunkat, majd végül fáradtan kimászunk. A barlangászat egyedülálló lehetőség egy különös élővilág megismerésére, a barlangkörnyéki felszínen és föld alatt egyaránt, a természet szeretetére és védelmére nevel. Számomra ebben a sportban kapcsolódik össze a biológia és a testnevelés.

Szakedolgozatomban a barlangok élettani hatásaival foglalkozom, ezért először szeretném bemutatni a barlangok kialakulását, jellemzőit, csoportjait.

Ezek után következik a Magyarországon folyó barlangi hatásokat vizsgáló kutatások körülményeinek és eredményeinek megismerése, majd a barlangok gyógyászatban elfoglalt szerepének ismertetése; a klímaterápiás és gyógyvizes barlangok hatásai, működése.

Végül dolgozatomat a barlangi hatások összefoglaló, általános jellemzésével zárom.

Így próbálom a lehető legteljesebb képet formálni a barlangok élettani hatásairól.

A barlang

A barlang a Föld kéregében levő kisebb-nagyobb (minimum 2 m hosszú, barlangász által járható), a felszín felől rendszerint nyitott, természetes üreg.

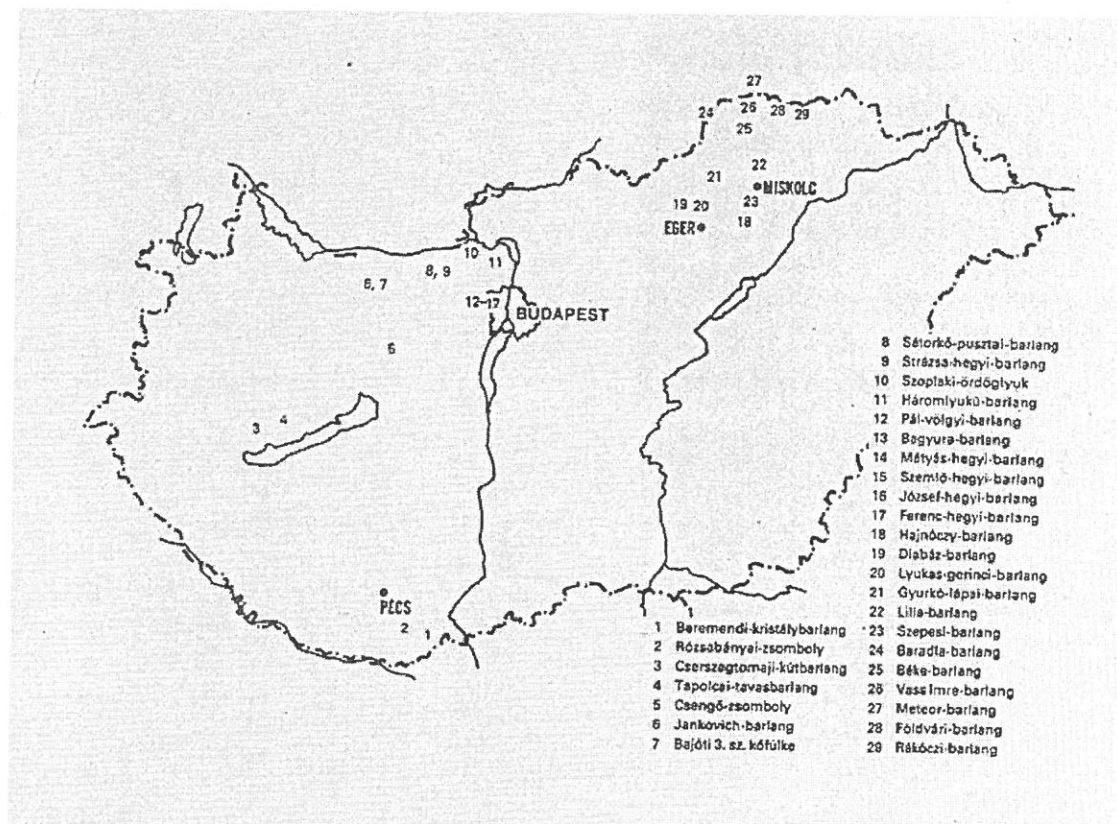
A Föld barlangjainak túlnyomó többsége karbonátos kőzetekben (elsősorban mészkőben), olykor azonban gipszben, sóban, homokkőben, vagy akár löszben alakul ki. A legkülönlegesebb azonban a jégbarlang és a (vízalatti) korallbarlang. Hazai barlangjaink a leggyakoribb típushoz, tehát a karbonátos kőzetekben kialakultak közé tartoznak.

A kialakulás okait és folyamatát tekintve két nagy csoportra oszthatjuk őket, hévizes és hideg vizes barlangokra. A hévizes barlangokat egy, vagy több hasadék mentén feltörő hévíz alakítja ki, amely később visszahúzódik, üregrendszert hagyva maga után. Természetesen a víz nem minden esetben tűnik el teljesen. Magyarországon köztudottan több hévizes barlang is van, amelyben ma is sokan keresnek gyógyulást ízületi fájdalmaikra. A hideg vizes barlangokat föld alatti patak, vagy a felülről beszivárgó csapadék formálja. A csapadék a légkörből és a talajból felvett CO_2 segítségével oldja a meszet, majd a repedésekből az üregbe jutva lecseppen, miközben a mész kiválik és cseppkő képződik belőle.

A patak formálta barlangokra a legtöbb példát az Aggteleki-karszton találjuk.

Mindkét csoportra különböző oldási és kiválási formák jellemzők, a hévizes barlangokban azonban nem találunk cseppkőveket, annál gyakoribbak viszont az aragonitos ásványkiválások. Ilyenek budai barlangjaink, mint például a Pálvölgyi-, Szemlőhegyi- és Mátyás-barlang. A Szemlőhegyi-barlangban - a barlang tiszta levegőjét hasznosítandó - rendszeres terápia folyik a légúti megbetegedésben szenvedők gyógyítása érdekében. (A barlangi klíma hasonló a magashegyi klímához, így sikeresen járul hozzá a gyógyuláshoz.) A barlangban nagyon magas a relatív páratartalom, 95-100% közötti, a hőmérséklet egész évben állandó, a barlangtól függően 6 és 13 °C között alakul az érték. Magas a Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- - ionkoncentráció. A levegő teljesen tiszta, szennyeződés- és pollenmentes, nincs benne semmilyen légúti rendszert irritáló anyag.

Hazánk szpeleológiai szempontból szerencsésnek tekinthető, mert igen sok barlang található a területén. Igaz, többségük nem tartozik a nagy barlangok közé. Az alábbi térképen láthatók Magyarország főbb barlangjai.



A barlangi levegő

A barlangokat a levegő hőmérséklete alapján három csoportba sorolhatjuk: a melegérzetet, a komfortérzetet és a hidegérzetet keltő barlangok csoportjába.

A melegérzetet keltő barlangokban a magas páratartalom magas hőmérséklettel párosul, trópusi klímája az ember számára nehezen elviselhető. Ilyen barlangokat csak trópusi éghajlaton találunk.

A komfortérzetet keltő barlangok a mediterrán és szubtrópusi övben gyakoriak, de a mérsékelt övben található termálbarlangok is ide sorolhatók.

Klímája kellemes, hosszabb leltartózkodás után sem okozhat meghűléses megbetegedéseket. Hazánkban ilyen például a Miskolc-Tapolcai tavasbarlang.

A hidegérzetet keltő barlangok a mérsékelt és hideg éghajlat alatt találhatók, hazai barlangjaink legnagyobb része ide sorolható. A levegő hőmérséklete 8 és 13 °C között van.

A barlangok levegője legtöbb esetben igen tiszta, kivéve a sajátos levegőösszetételű barlangokat, mint például a Cserszegtomaji-kútbarlang, ahol nagyon magas a CO₂ koncentráció (1-5%).

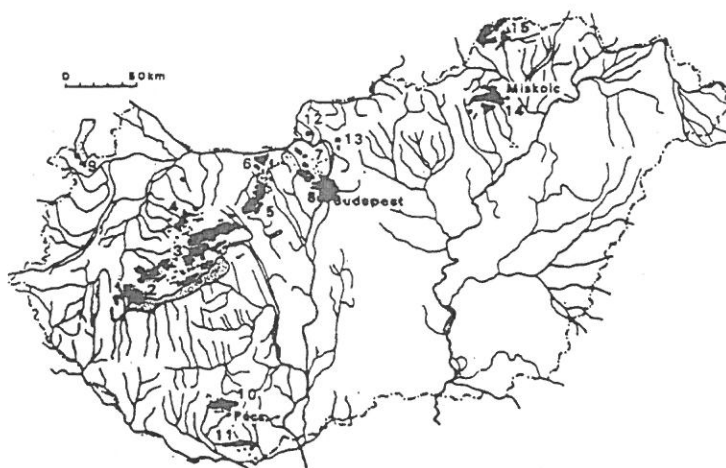
A levegő összetétele az alapgázokat illetően a felszíni levegővel közel azonosnak mondható, viszont a szennyező elemek csaknem teljesen hiányoznak.

A levegővel bekerülő szemcséken, szennyeződéseken a vízpára kicsapódik, így a víz porlasztódik és kis átmérőjű aeroszol szemcsékkel telik meg a levegő. A por és a szennyeződés leülepszik, miáltal a levegő allergénmentessé válik. A barlangi levegő relatív páratartalma nagyon magas: 95-100% közötti.

A felszíni levegő 0,03%-os CO₂ tartalmával ellentétben a komfortérzetet keltő barlangban a levegő CO₂ tartalma általában 0,11-1,1% között változik. Ez az érték kisebb a hidegérzetet keltő barlangokban (0,2-0,7%), és a jegesbarlangokban a legkisebb: 0,01-0,55% közötti. Tehát átlagosan a felszíni levegő CO₂ tartalmának a tizenötszöröse.

Természetesen ezek az értékek ingadozók, függnek az időjárástól, a barlang jellemzőitől. Ha sok ember látogat a barlangba, akkor ez átmenetileg emeli a CO_2 szintet, ami egy idő után helyreáll.

A barlangi levegő minőségének fontos jellemzője az aeroszol tartalom. Ennek összetétele barlangonként változik és szerepet játszik a gyógybarlangok hatásfokának meghatározásában. A sóbányákban egész más összetételű, mint karsztbarlangokban. (A magas sótartalom aktív fertőtlenítő hatást vált ki.) A legtöbb barlangban az aeroszolnak magas a Ca^{2+} és Mg^{2+} tartalma, mely diffúzió útján be tud hatolni a tüdő szöveteibe és ott görcsoldó, nyálkaoldó, köptető, gyulladáscsökkentő hatást vált ki.



Magyarország felszíni karszterületei: 1. Keszthelyi-hegység, 2. Balaton-felvidék, 3. Déli-Bakony, 4. Északi-Bakony, 5. Vértes, 6. Gerecse, 7. Pilis, 8. Budai-hegység, 9. Sopron vidéke, 10. Mecsek, 11. Villányi-hegység, 12. Szokolyai-medence, 13. Cserhát-vidék karsztja, 14. Bükk, 15. Aggtelek. (Forrás: Magyarország barlangjai, Gondolat, 1989.)

II. VIZSGÁLATOK, TAPASZTALATOK

A Magyarországi kutatásokról

Magyarország a barlangokkal kapcsolatos kutatások terén még „gyerekcipőben” jár, leginkább a kutatásokra szánt csekély pénzösszeg miatt, ami hátrányosan hat a felszereltségre is, ennek következtében a feldolgozott adatok száma is alacsonynak mondható. Ennek ellenére sok izgalmas felfedezésre tettem szert az adatgyűjtés során.

A legtöbb vizsgálati anyaggal és eredménnyel járó kutatás a Cserszegtomaji-kútbarlang expedíció volt, ezért ez szerves részét képezi szakdolgozatomnak.

Hazánkban a Cserszegtomaji-kútbarlang expedíciót megelőzően háromszor vizsgálták a hosszabb barlangi lenttartózkodás hatásait: 1963-ban az Országos Sportegészségügyi Intézet közreműködésével, Dr. Nemessúri Mihály vezetésével a Szemlőhegyi-barlangban, 1982-ben Dr. Ignác Zsuzsanna irányításával a Pálvölgyi-barlangban, az 1980-as évek végén pedig Dr. Törőcsik István vezetésével a Baradla-barlangban.

Ezen expedíciók jelentéseihez nem minden esetben tudtam hozzájutni, ugyanis nehezítette az információgyűjtést, hogy az adatok nagy része nem publikált.

A '63-as szemlőhegyi-barlangi expedíció

Vizsgálati körülmények

A szemlőhegyi-barlangi expedíció barlangi csoportját 8 fő alkotta: hat férfi és két nő. Az expedíció a biológiai belső óránk (cirkadián ritmus) működésének kutatására irányult. A lenttartózkodók semmiféle információt nem kaptak a kinti idő múlásáról, órát sem vihettek le, az orvosok szabálytalan időközökben látogatták őket. Akkor keltek és feküdtek, mikor úgy érezték itt az ideje.

Február 10-én szálltak le és március 13-val kezdődően párosával hagyták el a barlangot naponta.

Eredmények

Az élettani paramétereiken jelentős eltérést nem mutattak ki a lent töltött idő után, viszont a lent töltött 32 napot 22-nek érzékelték, tehát belső ritmusuk jóval több, mint 24 órás ciklusra állt be. Fizikai munkát végeztek a barlangban, így az étvágyuk megnőtt a terhelés hatására.

Libidójuk nagyon lecsökkent a fényhiány miatt. Ez a tobozmirigy megváltozott működésének tudható be, mely ciklikusan működik a nappalok és éjszakák váltakozásának hatására. A tobozmirigy melatoninint termel és fény hatására csökken a működése. A melatonin sötétben 5 óra múlva 2-3x több a vérben, mint nappal és csökkenti a nemi mirigyek működését.

Sajnos, több információ nem állt rendelkezésre az expedícióról, mert a vizsgálati anyagnak semmi nyoma nem maradt a Sportkórházban, ugyanis a jelentés nem készült el, még a vizsgálat vezetője, Dr. Nemessúri Mihály sem tudott segíteni.

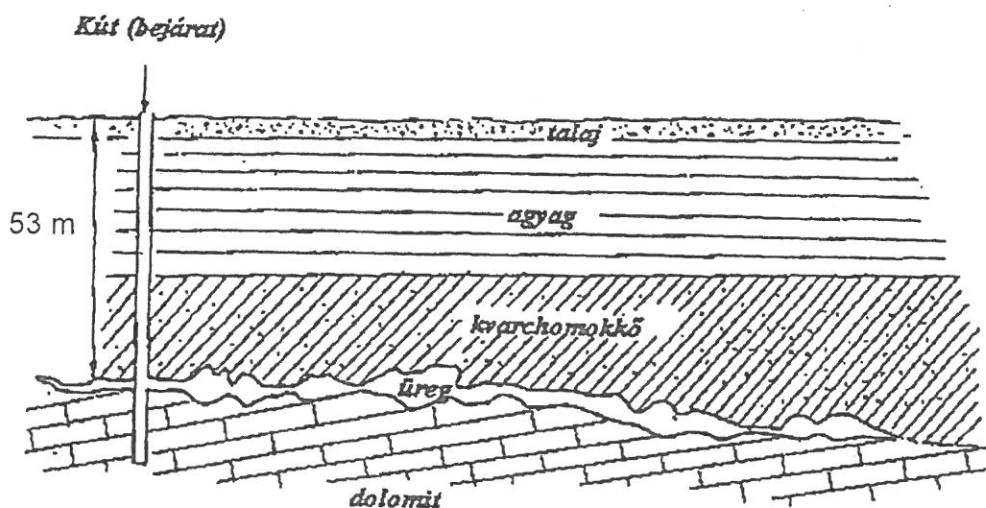
A Cserszegtomaji-kútbarlang expedíciók

Az Élettani és Klimatológiai Munkacsoport 1996 nyarán szervezte meg először 10 napos kutatótáborát a Keszthely és Hévíz között fekvő Cserszegtomaji-kútbarlangban. A kutatás célja elsősorban az emberi szervezet által a szélsőséges környezeti hatásokra adott fiziológiai reakciók vizsgálata és értelmezése volt. Ezentúl végeztek még klimatológiai, geológiai és mikrobiológiai megfigyeléseket is, barlangfeltáró munkával kiegészítve, hogy minél átfogóbb képet kapjanak a természetvédelmi és speleológiai szempontból is kiemelkedő jelentőségű, fokozottan védett barlangról.

A barlang egy 53 m mély kúton keresztül nyílik a felszínre, a fedőközet víz- és légzáró, így a barlang csak a kúton keresztül szellőzik. Ennek eredményeképpen, ha a felszíni légnyomás magas, akkor a levegő befelé áramlik, ha a légnyomás csökken, a légáramlás iránya megfordul és a barlang belsejéből magas CO_2 tartalmú levegő áramlik a kút felé.

Ez nagy valószínűséggel geológiai eredetű, ismert, hogy a környéken jelentős szénhidrogén mezők találhatók, melyekben kísérőgázként széndioxid is található.

A CO_2 tartalom igen magas, 1-5% között ingadozik (ez a légköri levegő többszöröse, mely csak 0,03%), a barlang belseje felé haladva nő. A barlangban az átlagos hőmérséklet 13 °C fok.



A '96-os élettani vizsgálatok

Vizsgálati körülmények

A barlangi csoportot 10 fő alkotta, átlagéletkoruk 29,8 év, a felszíni kontroll csoportot 5 fő alkotta, az ő átlagéletkoruk 35,8 év volt.

Reggel testhőmérsékletet, pulzust és vérnyomást mértek, vérmintát vettek, melyet a Hévízi Állami Gyógyfürdő Kórházban vizsgáltak. Ez a tábor előtti és utáni vizsgálatokkal együtt a következőkre terjedt ki: vörösvérsejt-, fehérvérsejtszám, vérsüllyedés, vércukor, LDH, CK és szérum ion ellenőrzés (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) a tábor alatt naponta történt.

A laktát-dehidrogenáz (LDH) enzim a glikolízist segíti elő, mely fokozott fizikai terhelésnél az izommunkával jár együtt. A keratin-kináz (CK) enzim az ATP-ADH átalakulásban játszik szerepet, mely az energiaforrást biztosítja a munkához.

Folyamatosan végezték a folyadékforgalom ellenőrzését is, a kilégzési csúcsáramlást pedig 6 óránként regisztrálták.

A homeosztázis és a környezet kapcsolata

Az élő szervezet - a változó környezeti hatások mellett - a működéshez szükséges optimális belső környezet megteremtésére törekszik. Ezt szolgálják a különböző értékelő és szabályozó mechanizmusok, segítségükkel extrém körülményekhez is tud alkalmazkodni.

A hideg és meleg levegő belégzése a szervezet hőháztartását, a száraz levegő pedig a folyadékháztartást befolyásolja.

A testhőmérséklet a délutáni órákban a legmagasabb, hajnalban a legalacsonyabb, fiziológiásan a napi ingadozás $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on belül marad. Szokásos ruházat mellett a minimális hőtermeléssel jellemezhető semleges külső hőmérséklet kb. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli. A hőtermelés a kémiai szabályozáson kívül az alacsony környezeti hőmérséklethez az akaratlagos izomaktivitás fokozásával is tud alkalmazkodni.

A hőleadásban a bőr vérkeringésének van fontos szerepe. A levegővel érintkezve a hőcsere leginkább párolgás útján történik. Párolgással a légutakból és a bőrfelületről nyugalomban 800-1000 ml vizet, továbbá Na^+ és K^+ veszítünk.

A szervezet vízháztartási egyensúlyának biztosítása érdekében megfelelő folyadékpótlásról, az ionegyensúly megtartásához pedig elektrolit pótlásról kell gondoskodnunk.. A komfortérzésünknek megfelelő páratartalom 40-60% között van.

Tapasztalatok

A testhőmérsékleti értékek $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on belül ingadoztak, a felszíni csoportnál mérték a legalacsonyabb átlaghőmérsékletet, mert alvóhelyük hőmérséklete (kb. 10°C) alacsonyabb volt, mint a barlang táborhelyén.

A pulzusszám ingadozás minimális volt, mindkét csoportnál 70,4-77/ min közötti. Az első lent töltött éjszaka utáni érték 84/min volt, a szervezet így reagált a hirtelen megváltozott körülményekre, ez később lecsökkent 71,1-76/ min-ra.

A vérnyomás sem ingadozott, de a barlangi csoport systolés és dyastolés értékei magasabbak voltak. A felszíni csoport dyastolés vérnyomása 67 és 71 Hgmm közötti, a barlangiaké 73 és 87 Hgmm közötti volt. A felszíni csoport systolés vérnyomása 110 és 126 Hgmm közötti, a barlangiaké 126 és 134 Hgmm közöttinek bizonyult.

A folyadékforgalom is egyensúlyban volt, bár a barlangi csoportnál a második napon jelentőssé vált az ürítési deficit, mert ekkor még feltáró munkát végeztek, ezért a folyadékvesztés döntően párolgással történt. Később a munkavégzés lehetetlenné vált a klimatikus viszonyok miatt.

A tüdőfunkciós értéknél, a várakozással ellentétben, a lefekvéskor mért adatok voltak az alacsonyabbak mindkét csoportnál, a napszaki ingadozás jól kivehetőnek bizonyult, a barlangi csoportnál a mért értékek nagyobb rendben mozogtak, a lenttartózkodás ideje alatt javultak, és a tábor utáni napokban is érvényesült a barlang kedvező hatása.

A laboratóriumi vizsgálatok közül a tábor előtt és után számlált fehérvérsejt-, vörösvérsejt- és süllyedés értékek nem változtak.

Az LDH és vércukor értékek a fokozott igénybevételt tükrözték, jelezték a két csoport eltérő fizikai aktivitását. A barlangi csoportnál a fizikai munka miatt, az LDH szint magasabb, a vércukor szint alacsonyabb volt.

A CK értékek azonosak voltak, kivéve egy napot, mikor a barlangi csoport vésőgéppel végzett munkát, a CK értékek alacsonyabbak voltak a nagy energiaigény miatt.

Az ionszint a tábor megkezdése előtt a barlangi csoportnál igen alacsony volt a rendszertelen táplálkozás miatt (többségük ipari alpinistaként dolgozik, ami köztudottan gyakran párosul rendszertelen táplálkozással az életmód folytán), ez a szint normalizálódott a tábor alatt. Mindkét csoportnál csökkent a K^+ szint, mely csak a tábor után tért vissza a normális szintre.

Összegzés

A többnapos barlangi tartózkodás alatt mért élettani paraméterek és laboratóriumi értékek fiziológiás határok között maradtak.

A vérnyomás ugyan magasabb volt, mint a kontroll csoporté, de csak kismértékben.

A tüdőfunkció ugyanakkor javult.

A feltáró kutatásokat akadályozták a rossz klimatikus viszonyok, a barlang belső régióit nem is lehetett megközelíteni, mert fejfájást, nehéz légzést és tájékozódási képesség zavarát okozta. Ez az állapot 3%-nál magasabb CO_2 tartalmú levegőt feltételez.

Általánosságban elmondható, hogy a barlangi csoport tagjai hasonlóképpen reagáltak az extrém barlangi megterhelésekre. A tábor és a bejárat környéki, kb. 1 %-os CO_2 koncentráció általános jó kedélyt és időnként eufóriába átcsapó hangulatot okozott.

A magasabb CO_2 koncentrációjú helyeken az általános tünetek a következők voltak: fokozódó légzésszám, légszomj, fejfájás, elgyengülés, szédülés, összpontosítási nehézség.

A barlangi körülményekhez való alkalmazkodás két-három napot vett igénybe, viszont a visszatérés után 7-10 napra volt szükségük a visszaszokáshoz.

A 18 résztvevő (mind régi ismerős) együtt készült fel, mégis az akció kezdetétől fogva a "barlangi tizek" tudatukon kívül egy zárt összetartó csoportot alkotott, ezt igazolták a felszíni brigád időnként lelátogató tagjai, akik kirekesztettnek érezték magukat.

A fokozott terhelés hatására a csapat a megszokottnál többet evett, mégis, az erős igénybevétel ellenére, sokan súlytöbblettel érkeztek a felszínre.

Az alacsony hőmérséklet hatására sok meleg italt fogyasztottak, és erőteljesen fokozódott az édességigényük, még azoké is, akik sosem voltak édesszájúak.

A felszínre jövetel másnapján négyen fejfájásra, illetve torokfájásra, köhögésre panaszkodtak. A mikrobiológiai vizsgálatok után kiderült, hogy az addig tünetmentesen hordozott baktériumtörzsek, a magas CO₂ tartalom miatt, a lenttartózkodás során felszaporodtak a szervezetben, valószínűleg ez okozta a tüneteket. Bizonyossá vált az is, hogy a barlangászok nem egymást fertőzték meg. A pollen és baktériummentes levegő hiánya is hozzájárult a tünetek erősödéséhez, amihez a barlangi lenttartózkodás során hozzászoktak és felérve, a felszíni levegő irritálta a légutakat.

A vizsgálatoknak nem csak az ismeretlen környezet felderítése, a tudományos kíváncsiság kielégítése volt a célja, hanem a lehetséges barlangi balesetek elkerülése, az egészségkárosodás megakadályozása is. Az itt szerzett tapasztalatokat a gyógyászatban is hasznosítani tudjuk; Magyarországon már öt barlangban biztosítunk klímaterápiás lehetőséget légzőszervi betegek számára.

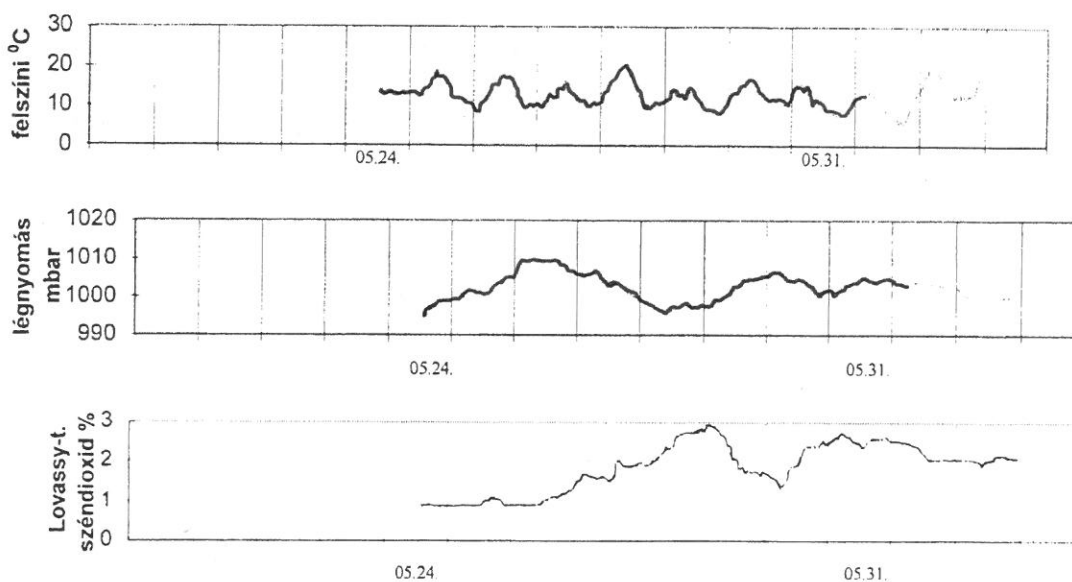
A '97-es klímamérések

1997-ben az élettani vizsgálatokat alapos klímamérések egészítették ki, több adatot dolgoztak fel, mint '96-ban, ezért írok ezekről a mérésekről.

A barlangi méréseket a tábor kezdete előtt hat nappal (05. 19-én) kezdték el az alapállapot regisztrálására. A tábor kezdetétől (05. 24-étől) mérték a felszíni paramétereket és a barlangi levegő gázösszetételét.

A mért paraméterek a következők voltak: a barlangi talaj és levegő hőmérséklete, nedvességtartalma, a barlangi levegő gázösszetétele, felszíni hőmérséklet, páratartalom, napsugárzás, szélerősség és irány, légnyomás, huzaterősség.

Az alábbi grafikonok szemléltetnek néhány adatot:



A felszínen az évszakhoz képest 2-4 °C-kal hűvösebb volt az idő, a legalacsonyabb hőmérséklet 5,6-13,1 °C, a legmagasabb 14,1-20,7 °C között változott.

A légnyomás 22-étől emelkedett, 25-én elérte a maximumát, 27-én volt a minimumán, ezt követően újra emelkedett. A hullámváz ellenére a tábor ideje alatt tartós alacsony légnyomás volt jellemző.

A CO₂ tartalom a légnyomással mutat összefüggést, magas légnyomásnál a CO₂ tartalom alacsony volt és fordítva. A légnyomásesés hatására a légtér CO₂ koncentrációja folyamatosan emelkedett és 27-i éjszaka, illetve 28-i délelőtt közötti időszakában érte el a maximumát. Ebben az időszakban a bejáratától távolabbi régiókban olyan magas volt a széndioxid tartalom (5%), hogy oda a barlangászok nem tudtak bejutni.

A légnyomás 27-e délutántól emelkedni kezdett, amit a bejáratnál meginduló huzat jelzett. Ennek nyomán, 28-a délelőttől a gázkoncentráció gyorsan csökkent. Később a légnyomás átmeneti esésével ismét emelkedett a széndioxid mennyisége a légtérben.

A tábor alatt a CO_2 koncentráció 0,9-2,95% között változott, ellentétben az előző évben tapasztaltakkal, mikor a tartós magas légnyomás miatt a nagyon magas 4-5%-ot is elérte, ez a szint már eszméletvesztést is okozhat.

Érdekes eredményt hoztak a levegő metántartalmára irányuló mérések.

A metán csaknem pontosan 12 óránként, dél és éjfél körül nagy mennyiségben feldúsult. Jelenlétére magyarázatot a környéken található kőolaj és földgáz mezők adnak. Hasonló koncentráció változásokat már bányákban, kőolajkutató fúrásokban is megfigyelt

A gáz periodikus megjelenése valószínűleg az árapály-jelenségével függ össze. A Hold vonzásának hatására a kőzetek repedéshálózatának térfogatváltozásával a benne található könnyen mozgó, kis fajsúlyú metángáz betódul a barlang légterébe. Ezt támasztja alá a vízszint mozgásának hasonló viselkedése a környék karsztfigyelő kútjaiban.

A '97-es élettani vizsgálatok

Vizsgálati körülmények

A vizsgálatban 21 fő vett részt, 10-en a barlangi csoportot, 11-en a felszíni kontroll csoportot alkották. A barlangiak a tábor alatt, mikor csak a CO_2 koncentráció engedte, fizikai munkát végeztek.

A tábor ideje alatt naponta mért adatok:

vegetatív paraméterek: vérnyomás, testhőmérséklet, szívfrekvencia, vizeletmennyiség,
bevitt folyadék mennyisége

laborvizsgálatok: ionok (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), enzimek (LDH, CK)

vizelet: fehérje, UBG, bilirubin (a helyszínen tesztcsíkkal nézték)

vérgázanalízis: pCO_2 , pO_2 , O_2 saturáció, pH,

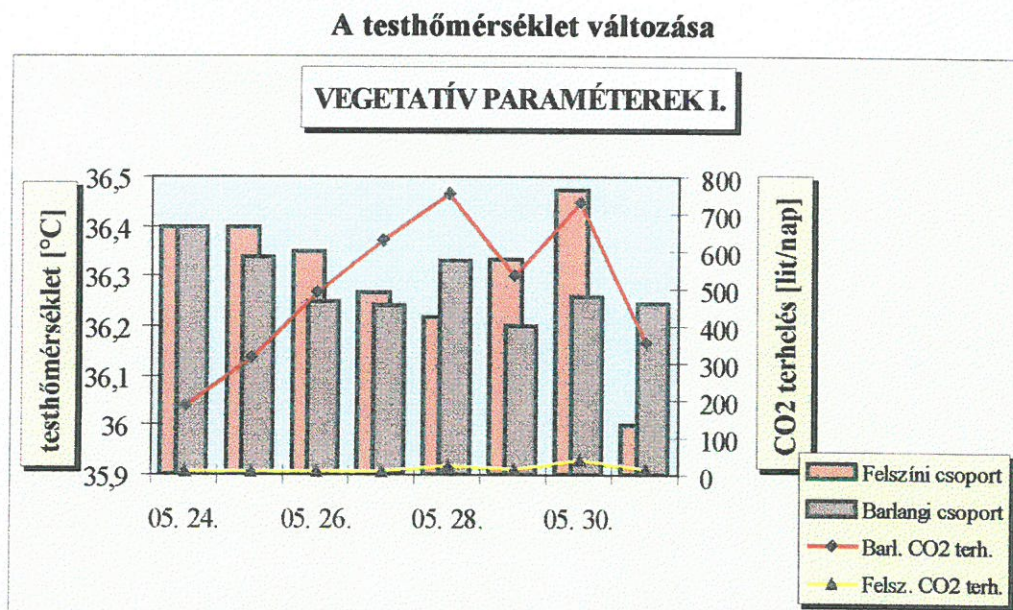
Tapasztalatok

A tábor elején és végén végzett teljes laborvizsgálat eredményei nem mutattak jelentős eltérést a barlangi és felszíni csoport között. Ez azt jelzi, hogy a tábor alatt észlelt változások - egészséges, edzett vizsgálati alanyokról lévén szó - a szervezet gyors alkalmazkodó képességének köszönhetően az extrém körülmények megszűntével normalizálódtak.

A barlangban észlelt magas CO_2 koncentráció az élettani paramétereket jelentősen befolyásolta, ez látható a grafikonokon is, ahol emiatt feltüntették a CO_2 terhelést is.

Testhőmérséklet

Lassú csökkenés volt tapasztalható az első három napban a hideg hatására, majd a változás a CO_2 terhelést követte, a terhelés növekedésével nőtt a testhőmérséklet és fordítva. Látható a grafikonon, hogy mikor a legnagyobb volt a CO_2 terhelés (28.-án), akkor erőteljesebben nőtt a testhőmérséklet.

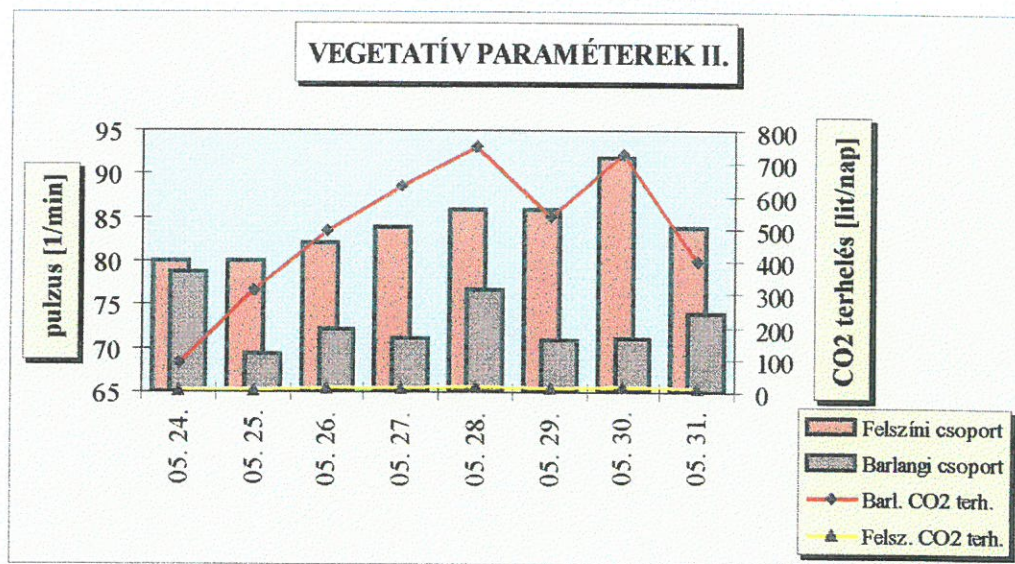


Szívfrekvencia

A barlangi csoport pulzusa a kontroll csoporténál alacsonyabb volt, ez az edzettség szintjének különbségével magyarázható. A szívfrekvencia is követte a CO₂ terhelés változásait, a 30-án újra megnövekedett CO₂ terhelés kiváltotta légzésfokozódás hatására 90 fölé emelkedett a barlangiak pulzusa.

A szervezet sav-bázis egyensúlyának fenntartását szolgálja a gyorsan kompenzáló tüdő és lassú komponensként a vese, mely általában 3-4 nap lemaradással követi az eseményeket. Ez igen jól követhető a grafikonokon, ahol általában az első pár napon a kompenzáló változásokért a tüdő felelős, majd a negyedik napon belép a vese és újabb kompenzáló hatás érvényesül.

A szívfrekvencia változása



Vérnyomás

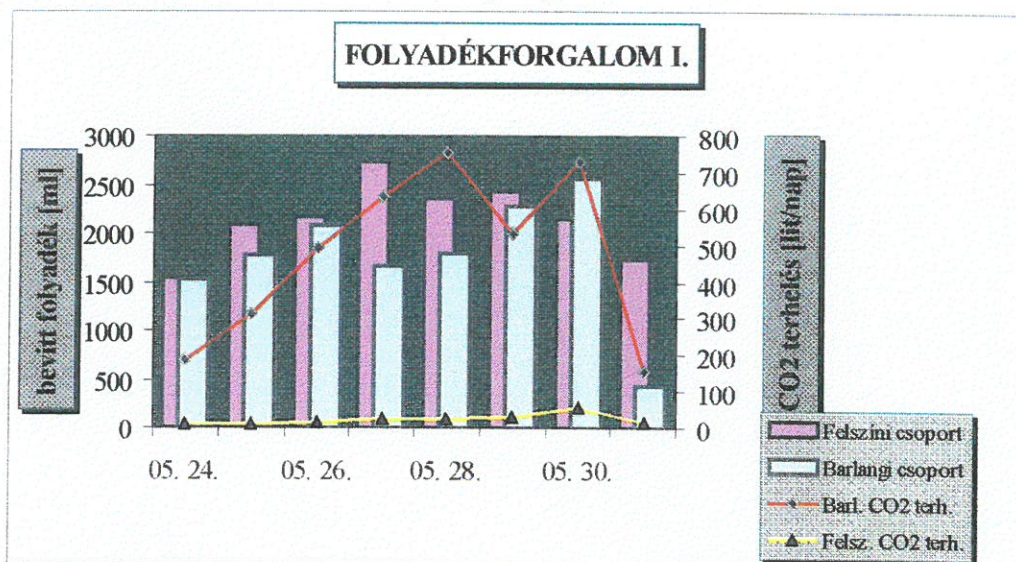
Az alacsony hőmérséklet adrenalin és noradrenalin elválasztást serkentő, vazokonstrictiot kiváltó hatása a vérnyomás emelkedéséhez vezetett.

Vizelet mennyisége

A perifériás keringés romlása (perifériás vazokonstrikció), melyet részben az alacsony hőmérséklet által előidézett lehűlés, részben a jelentős CO₂ terhelés is okoz a szimpatikus tónus fokozása révén, a centrális erekben volumentöbbletet eredményezett.

Ez hatott a nagyerekben található baroreceptorokra, melyek csökkentik az ADH (antidiuretikus hormon) elválasztást, így a vizelet mennyisége megnőtt. A vese kompenzáló hatása a negyedik napon érvényesült, ezért a vizelet mennyisége átmenetileg csökkent.

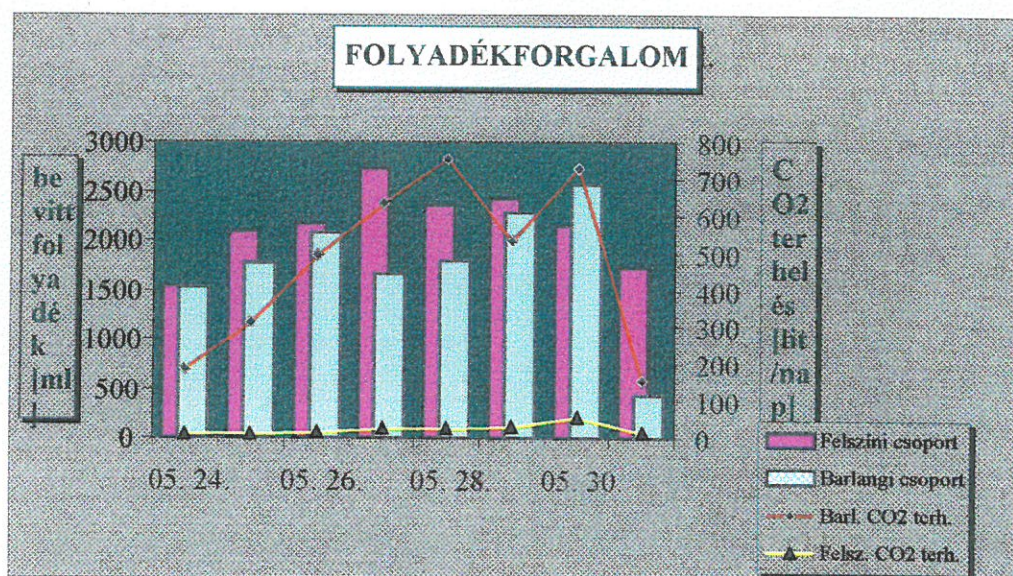
A vizelet mennyiségének változása



Bevitt folyadék mennyisége

A hideg miatt a lenttartózkodók sok meleg folyadékot fogyasztottak, így az első napokban növelték a bevitt folyadék mennyiségét, ez növelte a vizelet elválasztást. A vese kompenzációjának megindulása miatt a negyedik napon a szomjúságérzés csökkent, így kevesebbet ittak. A későbbiekben a fokozott vizeletürítés miatt megint nőtt a folyadékbevitel.

A bevitt folyadék mennyiségének változása

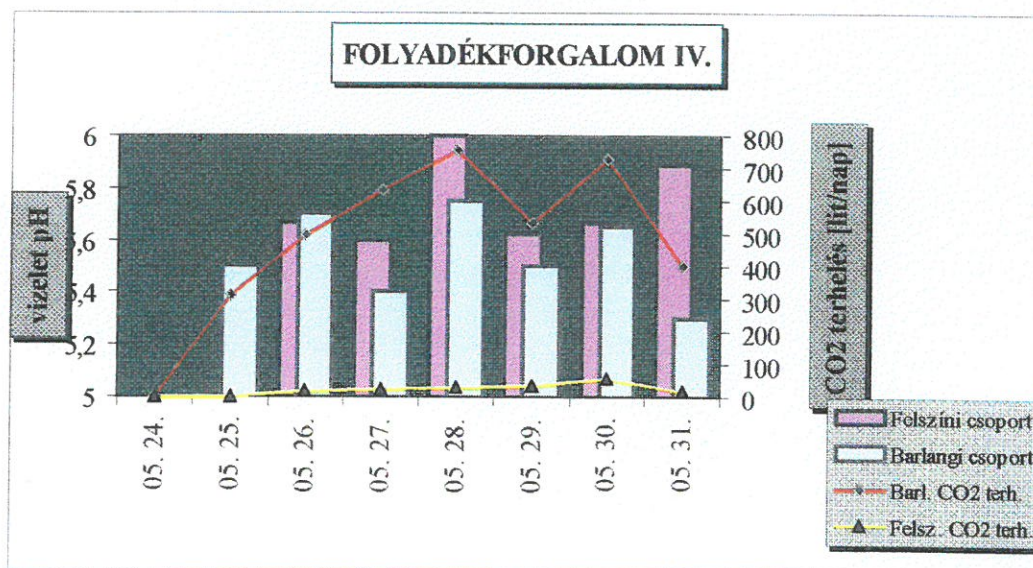


Vizelet pH

A változások követték a CO_2 terhelés változásait, de a várttal ellentétesen. A CO_2 koncentráció növekedése ugyanis savasodást (acidózist) eredményez, de a grafikonon látható, hogy a vizelet pH növekedett (alkalózis). Az első napok mérési eredményei a tüdő túlkompenzációjával magyarázhatók. A magas CO_2 terhelés miatt a tüdő fokozta a CO_2 leadást, de az túlzottá vált és alkalitikus irányba tolta a vizelet pH-ját. (a 24-ei adatok használhatatlannak bizonyultak a helytelen tárolás miatt)

A negyedik napon beindult a vesekompenzáció, és a fokozott H^+ ürítés hatására a pH csökkent (acidózis). A túlkompenzáció miatt a későbbiekben a pH újra alkalitikus irányba tolódott. Mindamelett elképzelhető, hogy a magas CO_2 terhelésnél erősebb ingert jelentett a lehűlés és ez növelte meg a vizelet pH-ját.

A vizelet pH-jának változása

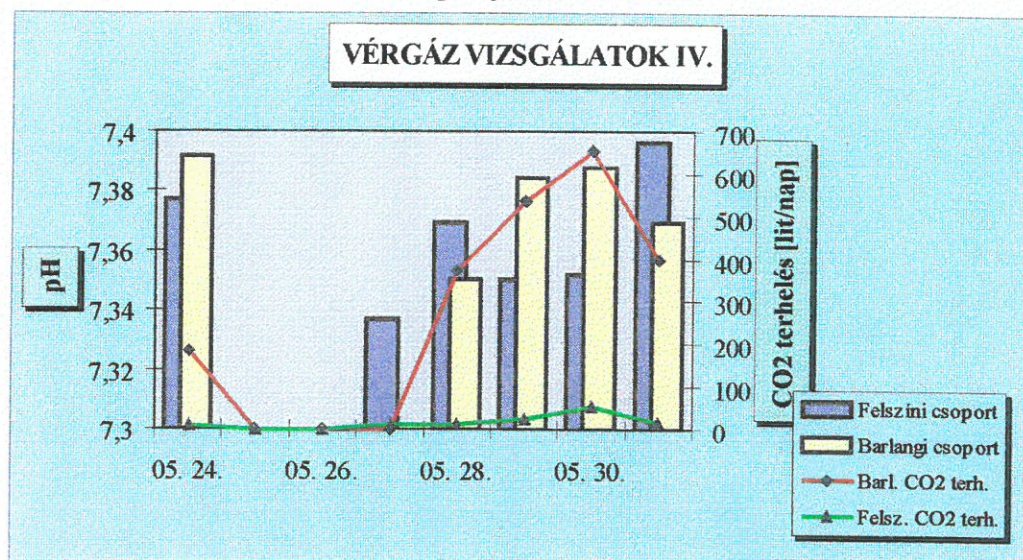


Vérgáz

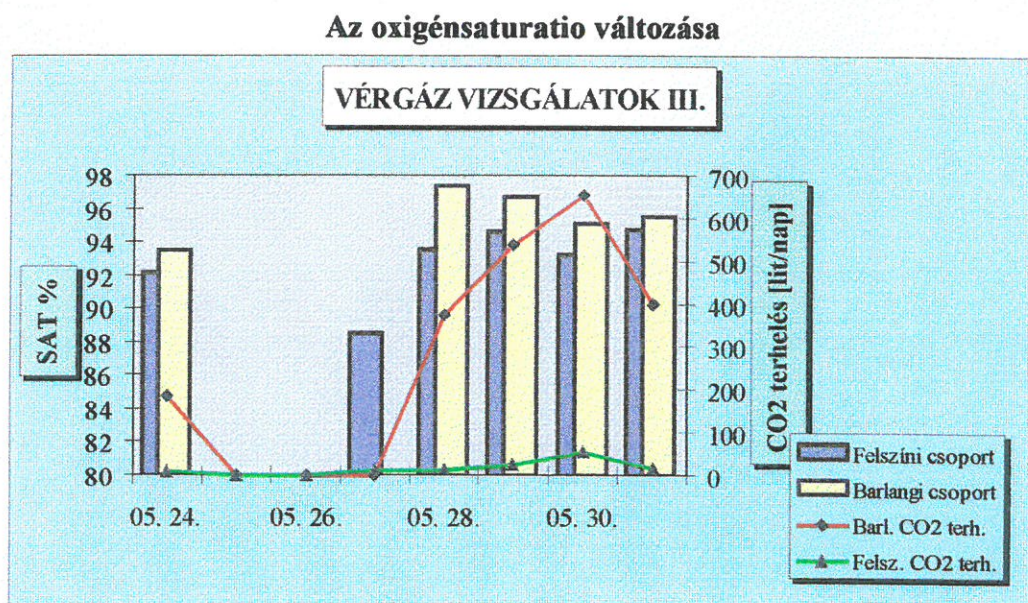
A vérgázanalízis a pH, CO₂, O₂ és különböző pufferek szintjét méri a vérben, vagyis a szervezet oxigén ellátottságát vizsgálja.

A vér pH-ja a vizeletével megegyezően magasabb CO₂ koncentrációnál a kezdeti esést követően a negyedik nap után alkalitikusabb irányba tolódott annak ellenére, hogy magasabb CO₂ terhelésnél acidózist várnánk. Itt is a vese túlkompenzációjára, vagy a lehűlési ingerre fogható a változás.

A vér pH-jának változása



A magas CO_2 terhelés egyértelműen növelte a CO_2 parciális nyomását és csökkentette az O_2 -ét. Ennek ellenére, az első napokban a savanyú vér pH miatt, az O_2 saturáció csak enyhén csökkent, mert savanyú közegben a haemoglobin disszociációja javul. (az értékeléskor néhány adat helytelennek bizonyult a nem megfelelő tárolás miatt, ezért a grafikonok helyenként hiányosak)



Ionszintek

A laborvizsgálatok során a felszíni csoporttal összehasonlítva az ionszintekben eltérés nem volt látható.

Enzimek

A CK (keratin-kináz) szint nem mutatott összefüggést a CO_2 terheléssel, de a LDH (laktát-dehidrogenáz) szint változása követte a CO_2 terhelés változásait, mivel az extrém körülmények elviselése többlet energiát igényelt, és ez fokozott glükózbontást eredményezett.

Vizelet vizsgálatok

A vizeletben fehérjét találtak, mivel a kihűlés és a fokozott fizikai terhelés hatására csökkent a veseküszöb, ezért a vese fehérjére nézve áteresztővé vált.

A normálisnál magasabb urobilinogén (UBG) szint jelent meg a vizeletben, ez az elpusztult vörösvérsejtekből lehasadt bilirubinból - ennek szintje is túl magas volt - alakult ki a májban és az epében.

Májsejtkárosodás esetén mindkét anyagra áteresztőbbé válik a vese. Tehát valószínű, hogy nem csak a lehűlés miatti mikrocirkuláció romlás során bekövetkezett mechanikus vörösvérsejt károsodás, ezáltal felgyorsult pusztulás emelte ezen anyagok szintjét a vizeletben, hanem a hideg hatására megváltozott májműködés is szerepet játszott ebben.

Összegzés

A barlangi csoport a speciális klíma hatására fokozott CO₂ terhelésnek, lehűlésnek, fényhiánynak, valamint magasabb páratartalomnak volt kitéve.

Az alacsonyabb testhőmérséklet miatt a végtagok keringése, azaz a perifériás keringés romlott.

A lehűlés és a magasabb CO₂ koncentráció a perifériás keringés romlásán keresztül centralizált volumentöbbletet eredményezett, mely hormonális hatásokon keresztül (pl. ADH) a volumenháztartás új egyensúlyi állapotához vezetett.

A lehűlés és a magasabb CO₂ koncentráció együttes hatása a mikrocirkuláció romlása miatt felgyorsult vörösvérsejt öregedést és pusztulást eredményezett, ami a vizeletben a normálisnál magasabb UBG és bilirubin szint megjelenését okozta. Ez valószínűleg nem csak a vörösvérsejtek mechanikus károsodásának tudható be, hanem ehhez a májműködés megváltozása is hozzájárult.

A lehűlés a fokozott munkavégzéssel együtt a veseküszöb csökkenését okozta, így a vese fehérjére nézve áteresztővé vált, és ez a fehérje meg is jelent a vizeletben.

A sav-bázis változások a várttal ellentétesek voltak, feltételezés szerint, hogy a tüdő és a vese túlkompenzációja miatt. Ám az is elképzelhető, hogy a lehűlés és a barlangi levegő magas CO₂ koncentrációja által okozott alacsony O₂ koncentráció együttesen eredményezte mindezt. Ezt igazolják a magashegyi élettani kutatások is, ahol az alacsony O₂ koncentráció miatt, a pH szintén alkalitikus irányba tolódik el.

Remélhetőleg a jövőben erre irányuló kutatások fényt derítenek a felmerült kérdésre.

A kutatótábor működése alatt a barlangi csoportnál a vizsgált élettani paraméterekben szinte kivétel nélkül változások álltak be, melyek bár javarészt a normál tartományokon belül maradtak, mégis tükrözték a barlangi klíma hatásait.

Mikrobiológiai vizsgálatok

Vizsgálati körülmények

A mikrobiológiai vizsgálatok során a résztvevők orr és torokváladékát, és a barlangi levegő összetételét vizsgálták. Szűrési és ütköztetési eljárással mutatták ki a baktériumokat a levegőből. Erre a módszerre azért volt szükség, mert az ülepitési eljárással csak a gyorsan ülepedő szemcséken megtapadt baktériumok szűrhetők ki, a tartósan lebegő szemcsék nem. Ezután táptalajra tették az orr- és torokmintákat is, majd különböző vizsgálatokkal identifikálták a baktérium törzseket. Ezek a következők voltak:

Tenyésztés véres agaron

Itt végezték az összcsíraszám meghatározását, mert ehhez dús táptalajra volt szükség, ahol a lehető legtöbb baktérium tenyészik ki.

Tenyésztés csokoládés (hevített véres) agaron

Itt tenyésztették ki a *Haemophilus influenzae*-t, ugyanis ennek a növekedéséhez két faktor szükséges: valamilyen haemoglobinszármazék és NAD (a hevített vérben nincsenek NAD bontó enzimek) Ez a baktérium felsőlégúti kórokozó, mely csecsemőkben agyhártyagyulladást is okozhat.

Tenyésztés vancomycines csokoládés agaron

Itt tudták kiszűrni a *Haemophilus influenzae*-t és a *Moraxella catarrhalis*-t, mert ezek nem érzékenyek erre az antibiotikumra.

Oxidáz próba

A citokromoxidáz-C nevű enzim jelenlétét vizsgálja, mely a bélbaktériumokban nincs jelen, de például a *Haemophilus influenzae*-ben megtalálható.

Kataláz próba

A *streptococcus*ok és a *mikrococcus*ok vagy *staphylococcus*ok elkülönítésére szolgál (a *mikrococcus* és *staphylococcus* kataláz +)

Coaguláz próba

Az általában nem kórokozó *staphylococcus*ok közül kiszűri a *Staphylococcus aureus*-t (coaguláz +), mely sebgyulladást, tüdőgyulladást, ételfertőzést okozhat.

Gram próba

Két nagy csoportra osztja a baktériumokat a sejtfal festődése vagy nem festődése alapján: Gram pozitívra és negatívra. A *Staphylococcus aureus* és a *Streptococcus pneumoniae* (a tüdőgyulladás kórokozója) például Gram+, a *Haemophilus influenzae* és a *Moraxella catarrhalis* (arc-, homloküreg-, középfülgyulladás okozója lehet) Gram negatív.

A barlangi levegő vizsgálatának eredményei

Az 1996-os kutatótábor alatt a barlangi levegő CO₂ koncentrációja igen magas volt, mivel az alacsony légnyomás miatt végig kifelé áramlott a barlangból a CO₂-ben gazdag levegő.

A 10 lenttartózkodó barlangász jelenléte ellenére a barlangi levegő mezofil aerob összbaktériumszáma folyamatosan csökkent, tehát a barlangászok által lehurcolt baktériumok a levegőbe kerülve elpusztultak a barlangi körülmények között, és az enyhe kifelé tartó huzat is tisztította a levegőt.

Az 1997-es kutatótábor alatt mindvégig a barlangba befelé húzó légáramlás volt jellemző, így a levegő CO₂-ben szegény, de mikroorganizmusokban gazdag volt.

Ezért a tábor ideje alatt a barlangban a baktériumszám állandó volt, mivel a befelé tartó huzat mindig újabb baktériumokat hozott be.

A BARLANGI LEVEGŐBŐL KÓROKOZÓT KIMUTATNI EGYETLEN ESETBEN SEM TUDTAK

A barlangi levegőben talált baktériumok a következők voltak:

Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Bacillus circulans, Bacillus macerans, Bacillus subtilis Ezek a baktériumok fontos szerepet játszanak az anyagok biológiai lebontásában, az izolátumok 31%-át tették ki.

Micrococcus luteus, Micrococcus sp. Ezek a baktériumok a staphylococcusok rokonai és mindenütt előfordulnak, az izolátumok 18%-át tették ki.

Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus saprophyticus, Staphylococcus haemolyticus, Staphylococcus hominis Ezek a baktériumok az emberi bőrflorában, vagy felszíni vizekben találhatók, az izolátumok 39%-át tették ki.

A többi identifikált baktériumtörzs elhanyagolható része volt az izolátumoknak, így nem tartom fontosnak a felsorolásukat.

Az orr- és torokváladékok vizsgálati eredményei

'96-ban a tábor előtt végzett vizsgálatok negatívak voltak, kivéve egy barlangászt, akinél *Staphylococcus aureus*-t találtak. A tábor alatt egy ember kivételével mindenkinél találtak *Staphylococcus aureus*-t továbbá *Moraxella catarrhalis*-t, vagy *Haemophilus influenzae*-t.

A későbbi vizsgálatok kiderítették, hogy nem egymást fertőzték meg, mert ezt a barlangi levegő megakadályozta, hanem az addig tünetmentesen hordozott törzsek - melyek a tábor előtt oly csekély számban voltak jelen, hogy nem lehetett kimutatni a jelenlétüket - szaporodtak fel a magas CO₂ koncentráció miatt.

Az expedíció után újfent csak egy embernél lehetett kimutatni *Staphylococcus aureus* jelenlétét, ugyanannál, akinél a tábort megelőzően. A barlangi levegőből semmilyen mintavételi módszerrel nem lehetett ezeket a baktériumokat kimutatni.

A következő táblázat összefoglalja ezeket az eredményeket.

Az 1996-évi Cserszegtomaji Kútbarlang Expedíció résztvevők orr- és torokváladéka bakteriológiai vizsgálatának eredményei

légtüti kórokozók	Expedíció előtt				Expedíció alatt				Expedíció után			
	barlangi orr	torok	felszíni orr	torok	barlangi orr	torok	felszíni orr	torok	barlangi orr	torok	felszíni orr	torok
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0	0	0	5	1	0	1	1	0	0	0
<i>Moraxella catarrhalis</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Haemophilus influenzae</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Az előzetes vizsgálatok az expedíció előtt egy hónappal, három alkalommal, míg az utóvizsgálatok a hazaérkezést követő egy hónap múlva, szintén három alkalommal történtek.

A hat, barlangi csoporthoz tartozó barlangászból a tábor során izolált *S. aureus* törzs mindegyike más-más fajtípusba tartozott (/71/, /95/, /29, 79/, /5 80/, /94, 96/, /16/).

'97-ben a tábor előtt végzett vizsgálatok során a torokváladékból néhány esetben sikerült izolálni *Moraxella catarrhalis*-t a felszíni és a barlangi csoportnál egyaránt, de más kórokozót nem találtak. A tábor alatt mindkét csoportban negatívák voltak az eredmények, hiszen ebben az évben a barlangi levegő összetétele jobban hasonlított a felszíni levegő összetételére, nem volt magas a CO₂ koncentráció, mely kedvezett volna a kórokozóknak.

Klímaterápia a Szemlőhegyi-barlangban

Klímamérések

Klímaméréseket folyamatosan végeznek a Szemlőhegyi-barlangban, - ez különösen fontos az ott folyó terápia miatt - céljuk, hogy ellenőrizzék, milyen anyagok és mennyi szennyeződés jut a barlangba a vízzel és levegővel.

A bejutó, áthaladó és kijutó víz és levegő paramétereit összehasonlítva kiderül, hogy milyen anyagok szűrődnek át, illetve akadnak fent a barlangot alkotó kőzetben. Ennek különösen akkor nagy a jelentősége, mikor a barlang a civilizáció miatt fokozott szennyeződésveszélynek van kitéve.

A Szemlőhegyi-barlang horizontális barlang. Az ilyen barlangokban a légmozgást a külső és belső levegő hőmérsékletkülönbsége határozza meg. A vízszintes bejáratnál nyáron erős kifelé tartó huzat van, télen viszont megfordul a légmozgás iránya, és befelé tartó huzat észlelhető. A bejáraton áramló levegőnek a függőleges járat és repedésrendszeren kell kiegyenlítődnie. A radonmérések ezt jól mutatják, mivel a radon mint mindenütt jelenlévő radioaktív nemesgáz természetes nyomjelzőként vesz részt a légmozgás indikálásában.

Télen a barlangi levegő a repedésrendszeren kifelé áramlik, mivel a kinti hőmérséklet az alacsonyabb. Helyébe a bejáraton keresztül hideg levegő áramlik, mely a felmelegedés után elindul kifelé a repedésrendszeren.

Ez a folyamat addig folytatódik, míg a felszíni hőmérséklet a barlangi fölé nem emelkedik. Így nyáron megfordul a légkörzés iránya, és a bejáraton kiömlő hideg levegő helyére a repedésrendszeren keresztül jön be a levegő, mely útja során radonban feldúsul és nagy radontartalmú melegebb levegő kerül a barlang főjárataiba.

A klímamérésekkel nem csak a levegő útját követik nyomon, hanem az aeroszol összetételét is. A barlangba bejutó víz egy része szétporlódik és alapvetően meghatározza az aeroszol összetételét. A barlangban több helyen folyik a mintavétel. Méretük alapján szétválaszthatók a természetes és mesterséges eredetű komponensek. Így világossá válik, hogy milyen szennyezés jut le a barlangba.

A mérések összefoglalása

A klímamérések során megállapították, hogy a külső levegő, és vele együtt a szennyeződés is behatol a barlangba. A barlangi légáramlásokkal egészen a barlang mélyéig eljutnak, azonban a légköri szennyezés koncentrációja egyre csökken a barlangban megtett távolsággal. A terápiás teremben már csak minimális mennyiségben vannak jelen a kívülről jövő szennyeződések.

Az alkalmazott nagy érzékenységű analitikai módszernek köszönhetően a budapesti levegő emberi eredetű szennyezettségének nyomai kimutathatók ugyan a barlangban, de a mért koncentráció a fokozottan védett lakott területekre érvényes határérték tized részénél is kisebbek. Érdemes megemlíteni, hogy Dr. Némedi László a Fővárosi ANT SZ Vízhigiénés Osztályának vezetőjének felmérése szerint egy műtőhelység levegője csíragazdagabb, mint a barlangi levegő.

A radon értékek hőmérsékletfüggő, szezonális ingadozást mutattak.

A levegőből egy esetben sem tudtak kórokozó baktériumot kimutatni.

A nitrát koncentráció 1994. évi növekedése a kezelt betegek állapotában nem okozott változást, a kloridtartalom növekedése a szűrőréteg kapacitáscsökkenését feltételezi.

A terápiáról

A barlangok stabil klímája kedvezően befolyásolja a légúti megbetegedések lefolyását. Régen a különleges klímával rendelkező barlangok gyógyhatását a környező lakosság tapasztalati úton fedezte fel.

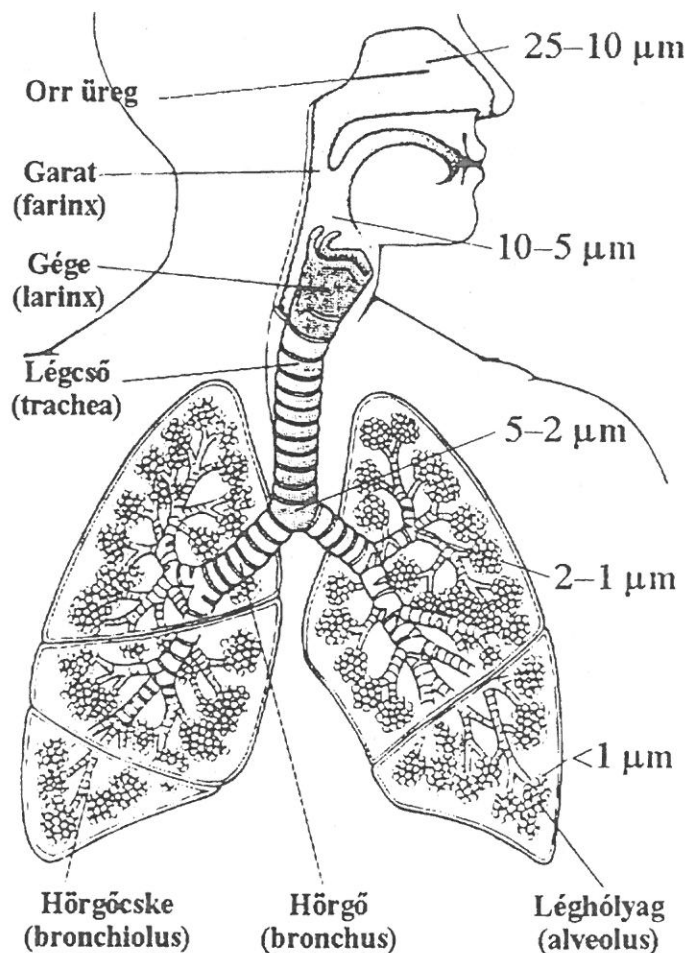
Napjainkban lehetővé vált, hogy tudományos módszerekkel vizsgáljuk a barlangok mikroklímáját és annak hatásait az emberi szervezetre. A klímaterápia a barlangi levegő inhalációját jelenti.

Ennek összetevői a következők:

- állandó, 10-13 °C-os hőmérséklet
- 98-100%-os relatív páratartalom
- az abszolút páratartalom 8,8-9,3 g/m³
- a levegő szennyeződés és allergénmentes
- az aeroszol porlasztott oldat
- cseppátmérője 0,01-10 mikrométer közötti,
- magas Ca²⁺ és Mg²⁺ tartalom

A levegőbe került baktériumokra lecsapódik az aeroszol, majd leülepszik a falra vagy a talajra, így a baktérium elpusztul. A magas ionkoncentráció erőteljes pozitív töltést okoz az aeroszolban, ez megváltoztatja az ozmotikus viszonyokat, így a baktériumnak erőteljes ionpumpa hatást kellene kifejtenie, hogy ne károsodjon.

Ezen kívül, az alacsony hőmérséklet miatt a mezofil baktériumok nem képesek szaporodni. Így a cseppfertőzés kizárt a barlangban. Mindemellett az ionok a tüdőbe jutva kifejtik váladékoldó hatásukat. A kicsi cseppátmérő lehetővé teszi, hogy eljussanak egészen az alveolusokig, ezáltal a légzőfunkciót javítják, a légzést könnyítik. A következő rajzon látható, hogy belégzéskor a levegőben lévő aeroszol az átmérőjétől függően meddig jut el a légutakon:



A terápia 1990 óta folyik Dr. Laczkovits Gabriella vezetésével, melynek alsó és felső légúti megbetegedések gyógyítása a célja. A kúra általában 5-7 hétig tart, alkalmanként a létszám 20-25 fő, a betegek minden nap életkortól függően 1-3 órát töltenek lent. Gyermeknek egy-másfél óra, felnőtteknek két-három óra a javasolt. A limitálásra azért van szükség, mert a barlangokba bejutó levegő radontartalma magas, és a túlzott radonsugárzás káros lehet a szervezetre. A felszínen is érhet minket fokozott radonsugárzás; például a salakbetonból készült lakótelepi lakásokban.

Egy felmérés szerint egy turistacsoport látogatása után a barlangi levegőben sokkal több a baktérium, mint a terápia után, annak ellenére, hogy a betegek nagy mennyiségű baktériumot lélegeznek ki a terápia alatt. Ez azzal magyarázható, hogy a turisták az utcai ruházatukon megtapadt baktériumokat leviszik a barlangba, és ez többnek bizonyul, mint a betegek által kilélegzett baktériumok. Ezért a betegek terápia előtt átöltöznek, hogy ezt elkerüljék.

A helyes, gazdaságos légzéstechnika elsajátítása fontos a gyógyulás érdekében. Mérsékli a nehézlégzést, növeli a munkabíró képességet, könnyíti a köhögést és váladékurítést. A rekeszlégzés során a tüdő alsóbb régiói is részt vesznek az intenzív gázcsereben, ami a tüdő kapacitásának növekedését eredményezi. Mivel több alveolus telítődik levegővel, fokozódik a váladék ürítés, mely elkerülhetetlen feltétele a gyógyulásnak. Ezért a terápia alatt a betegek légzőtornát végeznek.

A második-harmadik héten, mikor megindul a váladék felszakadása az alsó légutakból is a barlang jótékony hatására, a beteg az erősödő tünetek miatt rosszul érzi magát. Ez természetesen csak átmeneti állapot, a váladék ürülésével a beteg állapota egyre javul. Sajnos - a felvilágosítás ellenére - néhányan ilyenkor abbahagyják a terápiát, a barlangnak tulajdonítva a „rosszullétet”

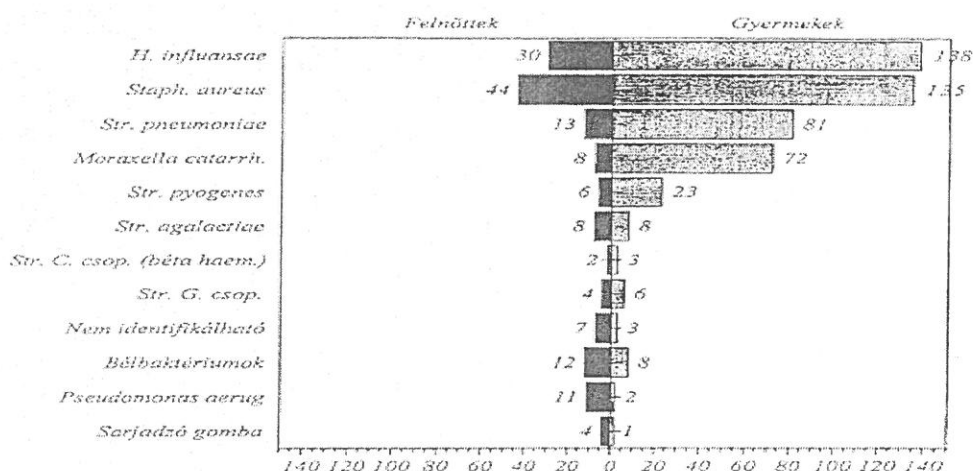
A terápia előtti bakteriológiai vizsgálatok során feldolgozott adatok száma: 509 felnőtt és 658 gyerek. A tapasztalatok a következők voltak:

Haemophilus influenzae és *Staphylococcus aureus* tenyésztett ki a felnőttek

29,3%-ánál, a gyermekek 72,95%-ánál

- a gyerekeknél még előfordult nagy számban *Streptococcus pneumoniae* és *Moraxella catarrhalis*.

A légúti váladékból identifikált kórokozó törzsek



A gyermekeknél több, mint kétszer annyian hordoznak kórokozót, mint a felnőtteknél. Ennek több oka van: a gyermeki immunrendszer nem olyan fejlett, mint a felnőtté, a gyermekeknél a higiénés szabályok még sokkal oldottabbak, a gyermekek többet, és nagyobb közösségben forgolódnak, és nem elhanyagolható az a tény sem, hogy testmagasságuknál fogva fokozott légszennyezettségnek vannak kitéve.

Antibiotikumos kezelés csak 5 alkalommal vált szükségessé, ezeknél az eseteknél a tünetek súlyossága miatt a doktornő úgy ítélte meg, hogy az antibiotikumos kezelés szükséges.

1792 beteg adatát dolgozták fel a tünetek, és 828 beteg adatát a tüdőfunkciós érték változása alapján. A felvételtől és a kúra befejezésekor észlelt tüneteket elemezve:

- hallgatózási eltérés megszűnt a betegek 53,4%-ánál és javult 19,3%-ánál,
- a nehéz légzés megszűnt a betegek 40,3%-ánál és javult 22,7%-ánál ,
- a köhögés megszűnt a betegek 27,1%-ánál és javult 69,3%-ánál,
- az orrváladékozás megszűnt a betegek 23,5%-ánál és javult 39,75%-ánál,
- a munkaképesség javult a betegek 56,5%-ánál, a fáradékonyság megszűnt 23,9%-ánál
- állapotrosszabbodást véleményezett és a kúrát abbahagyta 1,5%

Úgy gondolom, az adatok magukért beszélnek. Ennek ellenére Magyarországon a terápiára alkalmas barlangok gyógybarlanggá nyilvánítása igen körültekintő, mert mielőtt a terápia megkezdődhetne, bizonyítani kell, hogy a barlang ártalmatlan az emberi szervezetre. Ezen kívül a helyzetet az is nehezíti, hogy tulajdonképpen még ma sem tudjuk, hogy konkrétan mi okozza a barlangi gyógyhatást, jelenleg is folynak az erre irányuló kutatások.

A gyógyvizes barlangokról

Hazánk bővizű forrásokban és gyógyvizekben való gazdagsága már a rómaiak idején is közismert volt. A gyógyulni vágyók leginkább a fürdőket látogatják, de van néhány barlangunk, melyben a feltörő termálvíz a mai napig nem húzódott vissza, így a mozgásszervi megbetegedések gyógyítására alkalmas. A legjobb példa erre a Miskolc-tapolcai tavasbarlang, ahol a balneoterápia mellett klímaterápia is folyik. A barlang egy hatalmas forráskürtő, melyből 30 °C körüli víz tör elő, de ezen kívül hideg karsztvíz feltörését is tapasztalhatjuk.

Termális ásványvizeink kémiai összetétel szempontjából igen változatosak. A Miskolc-tapolcai barlangban található termálvíz kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos (földes-meszes). Ilyenek a budapesti gyógyfürdők termálvizei is. A kalcium gyulladáscsökkentő hatásával járul hozzá a gyógyuláshoz.

A gyógyvizek hatásai

A gyógyvíz olyan ásványvíz, melynek bizonyított gyógyhatása van. Az ásványvíz kritériuma, hogy literenként legalább 1000mg oldott szilárd ásványi anyagot, vagy valamilyen speciális biológiai aktivitást kifejtő mikroelemet tartalmazzon.

Ha a gyógyvizek hatásmechanizmusát vizsgáljuk, a legegyszerűbb, leghelytállóbb a fizikai hatás. A fizikai hatások közül legkedvezőbb a felhajtóerő, melynek következtében a testsúly egytizedére csökken, miáltal az izomzat lényegesen tehermentesül, az ízületek terhelése minimális lesz.

A hidrosztatikai nyomás a keringést befolyásolja, a traumás vagy statikai eredetű duzzanatok mérséklésében játszik jelentős szerepet.

A víz hőmérséklet is hatással van a keringésre, az erek tágítása révén fokozza azt. Fokozódik még a permeabilitás, ez folyadékvesztéssel jár. Meleg ingerre a perifériás ellenállás megváltozása miatt csökken a nyomás, az izmok ellazulnak.

A gyógyvíz kémiai hatását leginkább a benne található makroelem határozza meg, hatásmechanizmus szerint hatféle gyógyvizet különböztetünk meg: kénés, szénsavas, nátrium-kloridos, jódos-brómos, radonos és kalcium- magnézium- hidrogén-karbonátos. A makro és mikroelemek belégzéssel, vagy a bőrön át felszívódva fejtik ki különböző hatásaikat.

A balneoterápia akkor hatásos, ha legalább 15 kezelésből áll, és a beteg 20-40 percet tölt a vízben. A fürdőkezelésnél a víz hőfoka, a benne rejlő ásványi anyagok hatására kialakuló biológiai válaszok a szervezetet igénybe veszik, ezért még egészséges egyéneknek sem javasolják az egy óránál hosszabb fürdőkezelést. Éhgyomorra vagy nagyobb étkezés után a kezelés nem javasolt.

A fürdőkúra 4-5. napján gyakran bekövetkezik, hogy a beteg általános rossz közérzetről, fejfájásról, fájdalomfokozódásról panaszodik: ez a fürdőreakció. Ilyenkor egy-két kezelést ki kell hagyni, hogy a panaszok megszűnjenek. Ellenkező esetben a fokozott terhelés hatására a helyzet súlyosbodik, és fellép a fürdőfáradtság.

III. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A barlangi hatások összefoglalása

A barlangok sokfélesége és különbözősége miatt nehéz az általános hatásokat összefoglalni, így az itt leírásra kerülő összegzés nem a Magyarországon található összes barlangra, hanem csak azok többségére vonatkozik. Hazánkban karbonátos kőzetben keletkezett, hidegérzetet keltő barlangokat találunk leggyakrabban, itt a hőmérséklet 7-13 °C közötti.

A barlang szervezetünkre gyakorolt hatását nagy mértékben befolyásolja a lent töltött idő hossza. Ha egy óránál kevesebbet töltünk a barlangban, az élettani folyamatainkban beállt változás nem jelentős. Az ismeretlen környezet és a sötét miatt a vérnyomásunk emelkedhet, de ez később, ha már megszoktuk az új környezetet, visszaáll a normális szintre. A perifériás keringés enyhén romlik a hideg miatt, a légzés könnyebbé válik a tiszta, allergénmentes levegőben. Természetesen a testmozgás intenzitása is befolyásolja a hatásokat. Mozgás közben a keringés és légzés fokozódik, ezáltal a légcsere intenzívebb lesz.

Több órás barlangi tartózkodás során ezek a hatások erősebbé válnak. Megfelelő ruházat, illetve testmozgás hiányában a szervezet lehűlése következik be, ha a fellépő fokozott energiaszükségletet nem fedezzük. Ezért fontos, hogy a hosszabb, megterhelő túrákon gondoskodjunk szervezetünk energiapótlásáról cukor, csokoládé formájában. Természetesen az edzett szervezet könnyebben viseli az extrém terhelést.

A több napos lenttartózkodás már mindenképpen nagy igénybevételnek számít. Az alkalmazkodás pár napot vesz igénybe. Azokban a barlangokban, ahol nagy a radonsugárzás, a rendszeres, hosszabb barlangi tartózkodás káros lehet. A radonsugárzás mérésére irányuló kutatások ma is folynak hazánkban. A barlangi túravezetők nyakában lógó kis műszer méri a sugárzást, és az éves összesítés után kiderül, a túravezető hány órát töltött barlangban, és mennyi radonsugárzás érte ezalatt. Szlovákiában van olyan barlang, ahol egy bizonyos szintet elérve a túravezetők már nem mehetnek tovább a barlangba a szervezet károsodását elkerülendő.

Hozzá kell tennünk, hogy radon sugárzás mindenütt érhet bennünket, hiszen a felszínen is vannak nagy sugárzású helyek.

Az egészségkárosító szint átlépéséhez azonban több évnyi rendszeres barlangjárás „szükségeltetik” egy erős radonsugárzású barlangban.

A radon káros hatását illetően nagyon megoszlanak a vélemények, vannak, akik azt mondják, már kis mennyiségben is egészségtelen. Viszont néhány kutatás azt igazolja, hogy a radonsugárzásnak vannak előnyös hatásai is a szervezetre, a gyógyvizek között is megtalálhatjuk a radonos vizet.

A hosszabb barlangi tartózkodás során a fényhiány is hatással van a szervezetre. Megváltoztatja a tobozmirigy működését, mely a melatonin nevű hormont termeli. Ez a hormon szabályozza a nemi mirigyek működését. A sötétség hatására több melatonin termelődik, ez csökkenti a nemi mirigyek működését, ezáltal a libidót is.

Emellett a tobozmirigy az a szerv, mely belső ritmusunkért felelős. Így, ha felborul a régi, megszokott nappal-éjszaka váltakozása és hosszú időt töltünk sötétben, átállítódik a cirkadián óránk és napi ciklusunk több órával hosszabbá válhat.

A hosszú lenttartózkodás miatt kialakuló fokozott terhelés többletenergia felhasználásával jár, emiatt a szervezet édességigénye megnő, ezáltal próbálja gyorsabban pótolni a felhasznált energiát.

A levegő CO_2 tartalma a barlangokban általában a légkörinek (0.03%) tizenötszöröse. Még ez a koncentráció sem okoz jelentős változást a szervezetben, - enyhe értágító hatású - viszont, ha a CO_2 szint 2-5% között van, már légszomjat, fejfájást, végső esetben ájulást okoz. Ilyen magas CO_2 tartalommal rendelkező barlangokra is találunk példát, ezért fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogy a szervezetünk miként figyelmeztet bennünket a veszélyesen magas CO_2 szint közeledtére. A tünetek a CO_2 szint növekedésével a következők: légszomj, fokozódó, nehéz légzés, fejfájás, szédülés, elgyengülés, zsibbadás a végtagokban, összpontosítási-, tájékozódási nehézség. Ennek tudatában sok barlangi baleset megelőzhető.

A barlangi levegő tisztább a légköri levegőnél, mert a barlangot alkotó kőzet megszűri a rajta keresztülszivárgó vizet és levegőt. A barlang belseje felé haladva egyre kevesebb szennyeződés található benne. A magas páratartalom miatt a szemcsék és a szennyeződések leülepsznek, így a levegő allergénmentessé válik. (Vannak olyan, időszakosan száraz barlangok, melyekre ez nem igaz.)

Ezenkívül magas a Ca^{2+} és Mg^{2+} koncentráció. A belégzéskor ezek az ionok a tüdőbe kerülve görcsoldó, gyulladáscsökkentő hatást váltanak ki.

Mindez együtt könnyíti a légzést, és megszünteti az irritációt. Ezt használják ki a klímaterápiák során, ahol légúti megbetegedésben szenvedőket kezelnek.

Van még egy igen jó tulajdonsága a barlangi levegőnek: nem életképesek benne a kórokozó baktériumok. Az alacsony hőmérséklet és az aeroszol összetétele miatt, bármilyen kórokozó kerül is a levegőbe, az rövid időn belül leülepszik és elpusztul, így szaporodásra képtelenné válik. Ennek eredményeképpen a barlangban tartózkodók nem tudják megfertőzni egymást, mert a betegek által kilélegzett, kiköhögött baktériumok elpusztulnak.

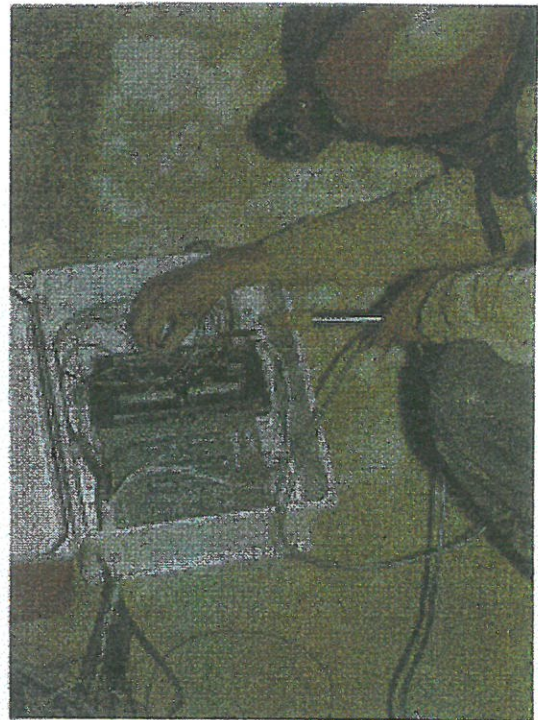
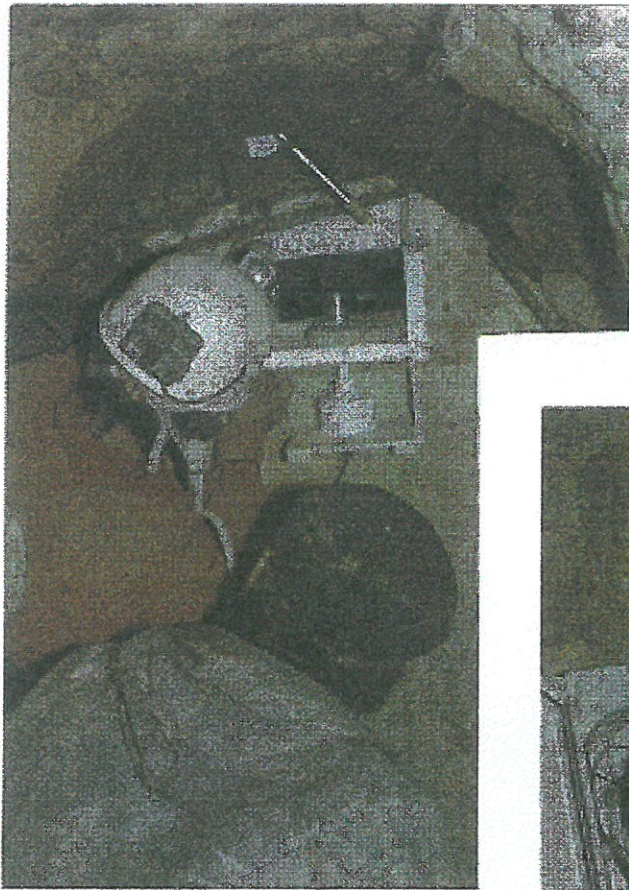
Fontos, hogy a barlang terápias, vagy idegenforgalmi célra való felhasználásának intenzitását limitáljuk, mivel egy-egy ilyen csoportos látogatás után a barlangnak időre van szüksége a tisztuláshoz és regenerálódáshoz, csak így tud fennmaradni eredeti állapotában hosszú ideig. Nem is beszélve a kiépítetlen, de barlangászok által látogatott barlangokról, ahol az érzékeny élővilág biztosan megsínyli a „zargatást”.

A barlangi levegő összetételét igen sok és különböző komponens alkotja, ezért nehéz kiszűrni, hogy valójában melyik az, amely konkrétan a gyógyító hatást előidézi. Ez nagyon összetett dolog, bonyolult és hosszantartó méréseket igényel, amelyek a mai napig folynak hazánkban is - szerencsére egyre modernebb berendezésekkel - e titok felderítésének érdekében.

Minél többet tudunk meg a barlangokról és a barlangi körülményekre reagáló emberi szervezetről, annál több barlangi balesetet tudunk megelőzni és lehetőségünk nyílik optimális módon kihasználni a barlangok gyógyító erejét.

Melléklet

Automata mérőműszerek telepítése a barlang bejáratába



Az adatgyűjtő beüzemelése





Széndioxid-mérése a belső zónában vett levegőmintából



Adatok kimentése számítógépre



Leszállás előtti orvosi vizsgálatok





Orvosaink leszálláshoz készülődnek



Felhasznált irodalom

- Balázs Dénes: A csepegő kövek igézetében A szerző kiadása, Érd 1994
- Bálint - Bender: A fizioterápia elmélete és gyakorlata Springer, Bp. 1995
- Bokodi Béla: 30 nap a föld alatt Sport, Bp. 1967
- Dr. Csermely Miklós: Fizioterápia Medicina, Bp. 1994
- Fehér Katalin (szerkesztő): Cserszegtomaji-kútbarlang expedíció 1996
Barlangtani Intézet, Bp. 1997
- Fodor István: A barlangok éghajlati és bioklimatológiai sajátosságai
Akadémia Bp. 1981
- Hazslinszky Tamás: Színes barlangvilág Technológia, Bp. 1989
- Jakucs László: Szerelmes barlangjaim Akadémia, Bp. 1993
- Jonata Károly (szerkesztő): Cserszegtomaji-kútbarlang expedíció 1997
Barlangtani Intézet, Bp. 1998
- Kordos László: Magyarország barlangjai Gondolat, Bp. 1984
- Kraus Sándor: Barlang-geológia (jegyzet) MKBT, Bp. 1984
- Dr. Schulhof Ödön (szerkesztő): Magyarország ásvány és gyógyvizei
Akadémia, Bp. 1957
- Szabó Tibor (szerkesztő): Környezeti ártalmak és a légzőrendszer VI. kötet
A szerkesztő kiadása, Hévíz 1996
- Zámbó László: Conference on the karst and cave research activities of education and
research institution in Hungary MKBT, Bp. 1993

Tartalomjegyzék

I. BEVEZETŐ

Bevezetés.....	2. oldal
A barlang.....	3. oldal
A barlangi levegő.....	5. oldal

II. VIZSGÁLATOK, TAPASZTALATOK

A magyarországi kutatásokról.....	7. oldal
A '63-as szemlőhegyi-barlangi expedíció.....	8. oldal
A Cserszegtomaji-kútbarlang expedíciók.....	9. oldal
<i>A '96-os élettani vizsgálatok</i>	
<i>A '97-es klímamérések</i>	
<i>A '97-es élettani vizsgálatok</i>	
<i>Mikrobiológiai vizsgálatok</i>	
Barlangi klímaterápia a Szemlőhegyi-barlangban.....	27. oldal
<i>Klímamérések</i>	
<i>A terápiáról</i>	
A gyógyvizes barlangokról.....	33. oldal
<i>A gyógyvizek hatásai</i>	

III. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A barlangi hatások összefoglalása.....	35. oldal
Melléklet.....	38. oldal
Felhasznált irodalom.....	43. oldal
Tartalomjegyzék.....	44. oldal