

Élettani állandók vizsgálata alacsony nyomáson

Írta: **Halm Tibor** dr., orvosalezredes
az orvostudományok kandidátusa

Az alacsonynyomású kamrai vizsgálatokkal a magassággal járó légnyomás-csökkenésnek az ember szervezetére kifejtett hatását tanulmányozzuk. A légritkítés mértékétől és a légnyomás változásának gyorsaságától függően változnak a szervezetre háruló megterhelések. A légritkítés következtében csökkenő oxigén-résznyomás oxigénhiányt okoz a szervezetben, az össznyomás csökkenése pedig bizonyos nyomáson alul buborék képződéshez vezet. A légnyomás változása, főképpen a légritkítást követő légsűrítés a középfül vagy az orr-melléküregek barotraumáját okozza. Ezek mellett még néhány olyan jelenséggel kell számolnunk, melyek szintén az alacsony nyomás következményei. Ilyenek pl. a fokozott légzőtevékenység folytán jelentkező hipokapnia vagy a szervezetben elzárt gázok tágulásával járó meteorizmus is.

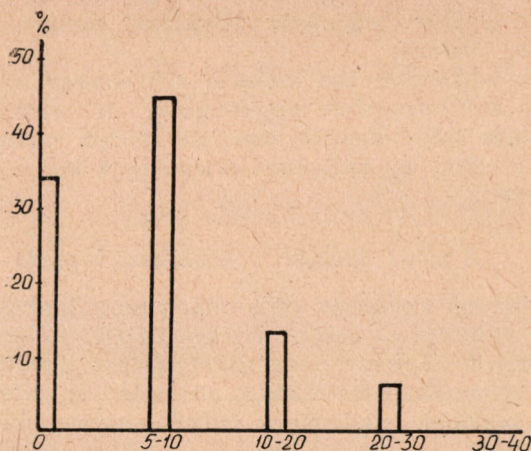
A következőkben 1200 vizsgálat alapján beszámolunk az alacsonynyomású kamrában szerzett tapasztalatainkról. Célunk nem csupán az, hogy statisztikai feldolgozást adjunk, hanem hogy az újabb szakirodalomra támaszkodva saját megfigyeléseinket ismertessük. Nem óhajtunk az egyes problémákról teljes képet adni (ehelyett megadjuk zárójelben erre vonatkozó összefoglaló munkánk címét), hanem csak azt emeljük ki saját vizsgálati eredményeinkből, ami talán a szakirodalomban többé-kevésbé járatos olvasónak is érdeklődésére igényt tarthat.

A vizsgálatok előkészítése

Először néhány szót a vizsgálat feltételeiről, előkészítéséről, lefolyásáról és a követett fontosabb elvi szempontokról.

Alapkövetelmény, hogy csak teljesen egészséges egyéneket tehetünk ki alacsony nyomásnak. Ezért a vizsgálatokat megelőzően alapos szűrővizsgálatot végzünk. Minden alkalommal egy-egy egyént kétszer vizsgálunk alacsonynyomású kamrában. Az első vizsgálati napon kb. 5 perc leforgása alatt 405 Hg mm abszolút nyomás alá kerül félórára a vizsgált. Megfelelő pihenő után, rendszeren a harmadik napon kb. 10 perc alatt 150 Hg mm alacsony nyomásnak tettük ki a vizsgálandót s itt tartottuk 20 percig, természetesen a légnyomás csökkentésének kezdetétől tiszta oxigént lélegeztetve. Az első vizsgálat megfelel 5000 méter, a második pedig 12 000 méter magasságnak. Általában a nyomásnak megfelelő névleges magasságot mindenkor megadjuk zárójelben, mert gyakorlatunkban alacsony nyomás alá legtöbbször repülés alkalmával jut a szervezet. Hozzávetőlegesen 0 méternek 760, 3000 m-nek 530, 5000 m-nek 405, 7000 m-nek 305, 8000 m-nek 265, 12 000 m-nek 150, 15 000 m-nek pedig 90 Hg mm nyomás felel meg, hogy csak azon értékeket említsük, amelyekkel alább találkozunk.

Egyik alapvetően fontos feltétel a vizsgálatokhoz való helyes előkészítés. Ehhez tartozik a nyolc órás pihenés és az abuzusoktól való tartózkodás. Kétségtelen, hogy az első vizsgálatnál járó pszihikus izgalom csökkentik a szervezet ellenálló képességét. A félelem és aggodalom növeli az oxigén szükségletet, ezért általában fáradt, neurotikus egyének rosszul tűrik az alacsony nyomással járó oxigén-résznyomás csökkenést. Megnyugtató céljából a vizsgálatot megelőzően célszerű a jelölteket a vizsgálat lényegét illetően alaposan kioktatni.



1. sz. ábra.

Ismeretes, hogy a pulzusszám érzékenyen reagál mindenféle izgalomra. Az 1. sz. ábrán feltüntettük az 1200 vizsgálat alkalmából közvetlenül a vizsgálat előtt mért pulzusszám-eltéréseket a normálistól. Alapul a 72/perc értéket vettük. A százalékos megoszlás (függőleges tengelyen) alapján azt mondhatjuk, hogy vizsgáltaink számára általában nem jelent túlzott izgalmat a vizsgálat maga, eltekintve azok egy ötödétől, akiknél 10—30 értékkel is nőtt a percenkénti pulzusszám (a percenkénti pulzusszám eltérése a normáltól a vízszintes tengelyen). Utóbbiak főképpen azokból adódtak, akik első ízben kerültek vizsgálat alá.

A vizsgálatot megelőző abuzusok elkerülése végett a vizsgálandókat már a vizsgálatot megelőző este megfigyelés alá vettük. Ugyanis az első napi 405 Hg mm-en történő vizsgálatok bizonyítják, hogy a dohányzással és az alkohollal kapcsolatos előző napi kilengések azok, amelyek leginkább felelősek a hipoxiás rosszullétekért. Ezért sajátos szempontjainknak megfelelően mindkét kérdést röviden érintjük.

A túlzásba vitt *dohányzás* folytán a cigarettán át a tüdőbe szívott füsttel viszonylag nagy mennyiségű szénmonoxid jut a szervezetbe, amely közismerten csökkenti a vér oxigén szállító kapacitását. Átlagosan a dohányosoknál 4 százalék is lehet a vér hemoglobinjának szénmonoxid telítettsége, de erős dohányosoknál 20 százalékra is emelkedhet, különösen, ha gyorsan szívják a cigarettát, mert ilyen esetben nincs idő a tökéletesebb oxidációra. A szénmonoxid csak lassan távozik a szervezetből s a dohányzás abbahagyása után még 24 órával is kimutatható. A nikotin sem ég el teljesen, hanem egy része bejut a szervezetbe s valószínűleg a szimpatikus idegrendszeren át fejt ki károsító hatását a szívre és az érrendszerre.

Már kis mennyiségű *alkohol* is csökkenti az alacsony nyomás elviselhetőségét, mert rontja a sejtek oxigénfelhasználó képességét, károsítva oxidatív enzimjeiket (hisztotoxikus hipoxia). Alacsony oxigén-résznyomáson nő az alkoholnak a szervezetre való befolyása. Tengerszinten viszonylag ártatlan koncentrációk súlyosan érintik a szervezetet nagy magasságban.

Tapasztalataink szerint a legtöbb ún. „korai magassági ájulós típusnak” minősült egyén rosszulléte alkalmi indiszpozícióval magyarázható, melynek alapja vagy az említett excesszusok valamelyike vagy ritkán alkalmi gyomor-

bélpanaszok voltak. Ezen felfogásunkat támasztja alá az a tény, hogy a két-három hét múlva elvégzett ellenőrző vizsgálatok kapcsán kevés kivétellel jól túrték az alacsony nyomást.

A vizsgálatok előkészítésében azonban nem szabad túlzottan mereveknek lennünk és olyan körülményeket teremtenünk, amelyekkel természetes viszonyok között úgysem számolhatunk, mert ily módon csökkentenénk a vizsgálatok gyakorlati értékét. Így különösen számolnunk kell a dohányzással, károsító hatása ellenére is.

A rövid idő alatt bekövetkező hipoxia

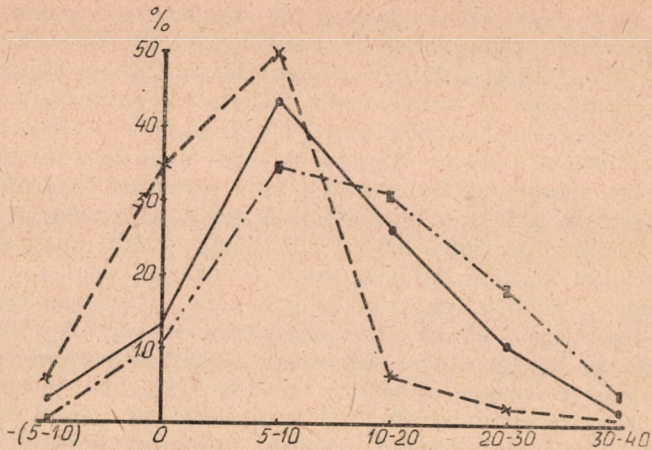
Mivel vizsgálataink elsődleges célja annak megállapítása, hogy a szervezet miként reagál az alacsony nyomással járó oxigénhiányra, értékeljük ki kísérleti anyagunkat először a szervezet oxigénellátottságát illetően.

Ha alacsony nyomásban tartózkodik az ember, az oxigén résznyomásának csökkenése következtében oxigénhiány támad a szervezetben (hipoxia). Mivel a sejtekben lejátszódó oxidatív folyamatok az oxigén résznyomásától függenek, ezért főképpen az artériás vér oxigénnyomásának csökkenése a jelentős. Ennek oka lehet az előbb említett alacsony környezeti oxigénnyomás mellett még a vér csekély oxigénszállító kapacitása, vagy a sejtek oxidatív enzimjeinek bénulása, vagy az elégtelen vérkeringés. Az ok szerint beszélünk anoxiás, anaemiás, hisztotoxikus és pangásos *hipoxiáról*. Az alacsonynyomású kamrában mindig anoxiás hipoxiával, mégpedig megkülönböztetésül az idülttől, a *rövid idő alatt beálló oxigénhiánnyal* számolunk.

Egybehangzó irodalmi adatok szerint 100—150 Hg mm össznyomás csökkenés nem okoz változást a szervezet oxigénellátása terén. Kb. 600 Hg mm abszolút nyomás körül (2000 m) kezd az ember szervezete reagálni a csökkent oxigénnyomásra. A szervezet védekezik az oxigénhiánnyal szemben. Anélkül, hogy az alacsony nyomáshoz való alkalmazkodás tényezőit és lehetőségeit részleteznénk (Repülőorvostan, Magassági élettan c. fejezet, 115—122. o.), megemlítjük, hogy elsősorban a légzés és a vérkeringés azok, amelyek a szervezet gyors átállásában alapvető jelentőségűek. A légzéssel, a szervezet oxigénellátásának legfontosabb tényezőjével, az ezzel kapcsolatos kísérleteinkkel egy más alkalommal már részletesen foglalkoztunk („Légzés alacsony nyomáson”). Az alábbiakban az alkalmazkodás másik tényezőjével, a vérkeringéssel foglalkozunk.

Érdekes megfigyelnünk a pulzusszám változását, miközben a vizsgáltat 760 Hg mm normál nyomásról 3 perc leforgása alatt 530 Hg mm nyomás alá helyezzük (0 méterről 3000 méterre). A mellékelt 2. sz. ábra szaggatott görbéje mutatja a pulzusszám változásokat, miközben a vizsgáltat az előbb említett nyomásváltozásnak vetjük alá. Látható, hogy az esetek kis részében csökken a pulzusszám, egy harmadában változatlan marad, míg az esetek felében a kezdeti pulzusszámmal képest csekély emelkedést mutat. A jelentősebb pulzusszám szaporodás esetei elenyészőek. Kétségtelen, hogy a pulzus csekély mértékű szaporodása már amellettszól, hogy a szervezet így is igyekszik kompenzálni a csökkent oxigénkínálatot.

A légzés egymagában nem képes fokozni a szervezet oxigénellátását. Ehhez a légzés és a vérkeringés koordinált együttműködése szükséges. Az alacsony nyomáson bekövetkező perctérforogató növekedésében olykor jelentős szerepe van a pulzusszám növekedésének. *Egyébként is a pulzusszám a szervezet zavarainak egyik legfontosabb, leggyorsabban működésbe lépő és legkönnyebben*



2. sz. ábra.

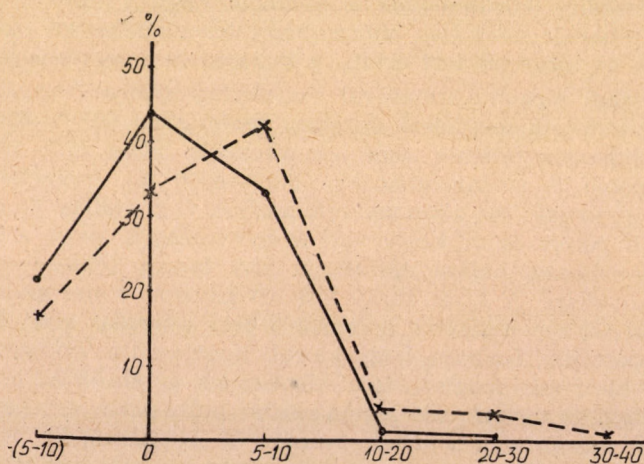
hosszaférhető indikátora. A következőkben főképpen ilyen elgondolások alapján foglalkozunk vizsgálataink alatt bekövetkező pulzusszám-változásokkal. Repülő gyakorlatunk szempontjából is nem a súlyos tünetek a legérdekesebbek számunkra — ezekkel inkább csak mint súlyos eshetőségekkel foglalkozunk —, hanem éppen a szervezetben bekövetkező finomabb elváltozások azok, amelyekkel szintén foglalkoznunk kell. Így a légzés és a vérkeringés csekély elváltozásai, melyek a szervezet közérzetének finom megváltozása mellett szólnak s esetleg már fáradtsággal vagy csekély izom inkoordinációval járnak, a repülés szempontjából már igen jelentősek lehetnek. Vizsgálataink éppen ezen a téren hiányosak és feltétlenül kiegészítésre szorulnak. Az általunk megszabott vizsgálati körülmények is olyanok, hogy a hipoxia foka aránylag csekély, s legtöbbször nem elég ahhoz, hogy öntudatlanságot okozzon, hanem főképpen csak az idegrendszert érinti, a kritikát és a motoros koordinációt.

A pulzusszám megváltoztatásával viszonylag gyorsan reagál a szervezet. Amíg 500 Hg mm-nek megfelelő alacsony nyomásban (3000—3500 m) az első 4—5 órában hipoxiás tünetek nem jelentkeznek, addig 470—430 Hg mm-en már hiánytünetek is mutatkozhatnak (4000—4500 m), melyeket a szervezet kompenzálni igyekszik. Az alacsony nyomáshoz való átállás teljes működésbe lépéséhez több percre is szüksége van a szervezetnek, mert a külső oxigénnyomás csökkenésének hatása egészében csak lassan, fokozatosan tevődik át a szervezet szöveteire. A 2. sz. ábrán látható kihúzott vonal mutatja a pulzusszám változását akkor, amikor a nyomást 5 perc leforgása alatt 405 Hg mm-re (5000 m) csökkentjük. Látható, hogy kisebb nyomáson a valószínűségi eloszlás alapján nagyobb a szív megterhelése. Ugyanezen az ábrán az eredő a 405 Hg mm-en való félórás tartózkodás legmagasabb pulzusszám értékének regisztrálása. E görbe szerint a vizsgáltak csupán 10 százaléknak nem változik a pulzusa. A görbék alakja mutatja, hogy az emberek nem egyformán reagálnak a pulzusszámot illetően az alacsony nyomásra. Látható, hogy a szív megterhelése annál inkább nő, minél inkább csökkentjük a nyomást, mert annál több lesz azon egyének száma, akiknek pulzusa nagyobb pozitív eltérést mutat.

Azonban az alacsony nyomáson való tartózkodás időtartamával nem változik arányosan a pulzusszám. A 405 Hg mm-en való tartózkodás második

felében (15 perc után tehát) ugyanis sok esetben már csökkenő tendenciát mutat a szívlökések száma. Magunk kísérleteiben az ellenőrzött 1099 esetből 623-nak nem ment vissza, míg 476 esetben (43 százalék) a kiindulási érték alá csökkent a pulzusszám. *Ez amellett szól, hogy a szervezet ilyen rövid idő alatt is az alkalmazkodási mechanizmus egyéb láncszemeinek a közbelépésével igyekszik tehermentesíteni a szívet.* Nagyon lényeges ugyanis a továbbiakban, hogy a szervezet kis energiával kompenzál-e és a szervezet teherbíróképes maradjon vagy a vérkeringés túlzott megterhelésével végül is képtelen a megterhelések elviselésére. Az általunk 530—405 Hg mm-en ellenőrzött pulzusszámváltozások éppen a szervezet kezdődő átállása miatt érdekesek, mert itt dől el, hogy a szervezet képes-e átállási reakcióit igénybe venni. Gyakran fordul elő, hogy ezeken a nyomásokon a vizsgált forróságot érez, szédül, majd elsápad s fenyeget a kollapszus. *Ha ilyenkor a kamrában tartózkodó orvos állandóan ellenőrizzé a vizsgált érverését, felszólítja néhány mélyebb légvételre, megnyugtatja, úgy többnyire lassan rendeződik az ájulással fenyegető állapot.* A rövid idő alatt beálló hipoxia esetében azonban előfordul, hogy a szervezet nem képes funkcionális alkalmazkodó képességét igénybe venni s az élettani működések felmondják a szolgálatot. Vizsgálati anyagunkból (1200 esetből) 405 Hg mm alacsony nyomáson félórán belül 45 esetben (3,8%) következett be a kollapszus, illetve praecollapsus, amikor gyors oxigénadagolással, vagy ha erre gyors javulás nem állt be, még a nyomás gyors növelésével is elhárítottuk a veszélyt.

Az alacsony nyomáshoz való alkalmazkodás lényege valószínűen a szöveteknek az alacsony oxigénnyomáshoz való alkalmazkodásában rejlik. Így a fokozott légzés, vérkeringés és a szervezet egyéb adaptáló működése a még be nem következett alkalmazkodásnak a jele. Ha ez bekövetkezik, úgy az átállási reakciók visszafejlődnek s ezáltal új tartalékot adnak a szervezetnek.



3. sz. ábra.

Ha a nyomást 405 Hg mm alá csökkentjük, a szervezet mindinkább veszélybe kerül, ezért ennél kisebb nyomás alá csak oxigénellátás mellett vittük a vizsgálandókat. Ez a második vizsgálat, amit folyamatosan végeztünk ugyanazon 1200 egyénen a 150 Hg mm-en (12 000 m) való 20 perces tartózkodás

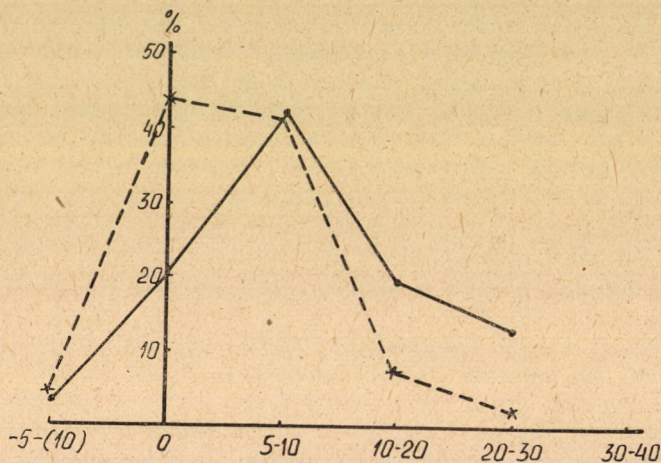
dás, amikor már a normál nyomástól kezdve (0 m) tiszta oxigént lélegeztettünk a vizsgálandókkal. Több mint kétszáz esetben 305 Hg mm-en (7000 m) tartottuk a vizsgálandókat fél óra hosszat, melynek elején és végén pulzust számoltunk. A 3-as számú ábrán látható szaggatott vonal mutatja az első, a kihúzott vonal pedig a második értékét. Az eltérések közvetlenül a kísérlet előtti pulzusszámhoz vannak viszonyítva. Míg a 100 százalékos oxigénlélegzés a légzést lényegesen nem változtatja, hiszen a normál légzést elsősorban nem a vér oxigéntartalma szabályozza („Az oxigén terápia élettani alapja”), addig már nyilvánvaló a keringésre kifejtett hatása. Mindkét görbe alapján azt kell mondanunk, hogy a nyomásnak 305 Hg mm-re való csökkentése esetén a 100 százalékos oxigénlélegzés hatására inkább csökken vagy változatlan marad a pulzusszám, mintsem hogy lényegesen emelkedjék, különösen, ha eltekintünk a csekély (mp-kénti 5—10) pulzusszám emelkedésektől, valamint a néhány esetben, főképpen kezdőknél bekövetkező nagyobb pulzusszám emelkedésektől, amik valószínűen psychés hatás folytán állottak elő. A kihúzott görbe viszont szembetűnően azt is mutatja, hogy a fél óra folyamán oxigénlélegzés hatására 305 Hg mm nyomáson lényegesen csökkent a szívlökések mp-kénti száma. Ezen a nyomáson tiszta oxigént lélegezve lényegesen jobban vagyunk ellátva oxigénnel, mint normál nyomáson levegő lélegzése esetében.

Ha a nyomást tovább csökkentjük, annak ellenére, hogy tiszta oxigént lélegeztünk, 200 Hg mm-nél kisebb nyomáson (10 000 m felett) már nincs biztosítva a szervezet teljes oxigénszükséglete, mert a csökkent nyomással arányosan csökken az oxigén résznyomása is. Az általunk használt légző berendezésben ugyanis teljes mértékben érvényesül a Boyle-törvény („Az oxigén felhasználás és fogyasztás kérdésére vonatkozó vizsgálatok”, Honvédervos 1954. 3. sz.), amelynek értelmében a csökkenő nyomás következtében a fogyasztásra szánt oxigén mindig nagyobb teret foglal el. Mivel a szervezet szükséglete nagyjából megmaradt a tengerszinti nyomásnak megfelelően, a szervezet igyekszik szükségletét változatlanul biztosítani s ha 200 Hg mm-nél kisebb nyomáson valamilyen oknál fogva levegő keveredik az oxigénhez, azt felhigítja, bekövetkezik a hipoxiás rosszullét. Ezért ilyen kis nyomáson célszerű és egyben gazdaságosabb is volna az állandó, folyamatos oxigénáramlás. Ennek ellenére, hogy igen nagy gonddal és vigyázatossággal végeztük vizsgálatainkat, mégis az 1200 esetből 7 ízben (0,6 százalék) hipoxiás ájulás következett be 150 Hg mm nyomáson.

Igen jellemzőek a feltűnően hirtelenül bekövetkező rosszullétek ilyen alacsony nyomáson. Itt ugyanis a szervezetnek már nincsenek esélyei s az oxigénellátás zavara esetében gyorsan következnek be a súlyos tünetek, mert a szervezet védekező mechanizmusai képtelenek kellő gyorsasággal működni. Legtöbb esetben bekövetkezik az öntudatvesztés anélkül, hogy a vizsgált keringésileg összeomlana. Ha ilyenkor gyorsan növeljük a nyomást vagy háritjuk el az oxigénlélegzés akadályát, gyorsan visszatér az öntudat. Ezzel szemben a 405 Hg mm nyomáson (5000 m) bekövetkezett kollapszus lényegesen más képet mutat, mert itt legtöbbször súlyosan érintett a keringés. Előfordult az is, hogy a vizsgált minden beavatkozás nélkül rendbejött. Az irodalomban is leírnak olyan esetet, hogy valaki hipoxiában többször elájult, de állapota mindenkor spontán rendeződött.

Felmerül a kérdés, hogy a keringési kollapszus milyen jellegű. Bizonyos, hogy a hipoxia nem vezet elsődleges szívelégtelenséghez egészséges

egyéneknél. Az egészséges szív igen ellenálló a hipoxiával szemben, növekvő hipoxiában a coronariák tágulnak. A szív működésében rendszeren nincsen zavar, míg az arteriás vér oxigéntelítettsége 50 százalék alá nem esik. A hipoxiás keringési zavar hasonlít bizonyos mértékig az idegeredetű shockhoz, amikor a vér pang a vénákban, csökken a szívbe visszatérő vér, ami miatt kisebb a szívteljesítmény. A keringés összeomlásának elsődleges oka nem a szív, hanem lényegében *periferiás keringési kollapszus* következik be a hipoxia hatására.



4. sz. ábra.

Az oxigénellátás zavara okozta súlyos tünetektől eltekintve a 150 Hg mm-en való tartózkodás nem jelent súlyos megterhelést a szervezet oxigénellátását illetően, amint ezt a mellékelt 4. számú diagrammból is leolvashatjuk. Az ábra kihúzott görbéje szemlélteti a kiindulási pulzushoz viszonyított, a szaggatott görbe pedig a 265 Hg mm (8000 m) nyomáson mért pulzusszámhoz viszonyított pulzusszám-változásokat. Látható, hogy a 150 Hg mm nyomáson való tartózkodás tiszta oxigénlégzés esetében kifejezett hatást gyakorol a szívlökések másodpercenkénti számára, ez azonban kisebb, mint a 405 Hg mm-es vizsgálat esetében. Feltehetően a pulzusszám ilyen mérvű szaporodása 150 Hg mm nyomáson, nem csupán a szervezet csökkent oxigénellátásának tudható be. Erről győz meg bennünket a 2. számú ábra és a 4. számú ábra szaggatott görbéinek összehasonlítása. E két görbe jelezte hasonlatosság a százalékos megoszlást illetően erősíteni látszik azt a repülő-élet-tani megállapításunkat, hogy a 12 000 méteren tiszta oxigénnel való tartózkodás a szervezet oxigénellátottsága tekintetében megfelel a 3000 méteren oxigén nélkül való tartózkodásnak. Megállapításunkat arra alapozzuk, hogy számításba jöhető hipoxiás hatás 100 százalékos oxigénlégzés esetében csak 265 Hg mm-nél jóval kisebb össznyomás esetén jöhet létre.

A túlnyomásos légzés

Kétségtelen, hogy az oxigénhiány megterhelést jelent a szívre s bizonyos nyomáson alul (150 Hg mm) még tiszta oxigénlégzéssel sem lehet hosszabb ideig tartózkodni. Mivel az alacsony nyomás főképpen a repülésben

Jelent problémát, ezért 150 Hg mm-nél alacsonyabb nyomású környezetben, vagyis 12 000 méter felett csak túlnyomásos kabinnal vagy túlnyomásos ruhában szokás emelkedni. Magunk is kísérleteztünk túlnyomással, de csak *túlnyomásos lélegzés* formájában s így sikerült az alacsonynyomású kamrában 15 Hg mm túlnyomással 2—3 percet is tartózkodnunk 90 Hg mm nyomáson (15 000 m).

Néhány évvel azelőtt a legtöbb fiziológus véleménye szerint semmilyen körülmények között sem volt szabad pozitív nyomást alkalmazni a belégzett levegőben, mert ez az alveolusokat sérti. Ma már bebizonyosodott, hogy *egészséges, fiatal* férfi határozatlan ideig ellenállhat a túlnyomásnak, ha az 15—20 víz cm-nél nem nagyobb. Egyes irodalmi adatok szerint 26 Hg mm a károsodás nélkül alkalmazható túlnyomás. Kísérleteinkben a 15—20 Hg mm túlnyomást olyan légzőkészülékkel értük el, amelyben egy szelep kb 150—200 Hg mm környezeti nyomás esetén automatikusan emeli az oxigén-áramlást. A megszokottnál valamivel nagyobb álarcot ellennyomás szorítja a fejhez, s a túlnyomással kompenzált kilégzőszelep nagyobb kilégzési ellenállása teszi lehetővé a túlnyomás kialakulását. A túlnyomás biztosítja azt, hogy az arteriás oxigéntelítettség még 115 Hg mm össznyomáson is (13 500 m) közel normális maradjon.

A túlnyomásos légzés fontos problémája a magassági élettannak, mert növeli a szervezet magassági plafonját. Némely esetben ellennyomást is alkalmaznak a mellkason ún. túlnyomásos mellény formájában. Ügyelni kell arra, hogy ne legyen túlszoros a nyomás a nyak körül, mert ez kollapszushoz vezethet. Ajánlatos a túlnyomásos légzést alacsonynyomású kamrában gyakorolni, megfelelően előzetes oxigénlégzéssel való előkészítés után. Fontos megszokni, hogy most a belégzés a passzív és a kilégzés az aktív folyamat. Még túlnyomásos légzéssel sem tanácsos 100 Hg mm-nél kisebb környezeti nyomásban huzamosabb ideig tartózkodni.

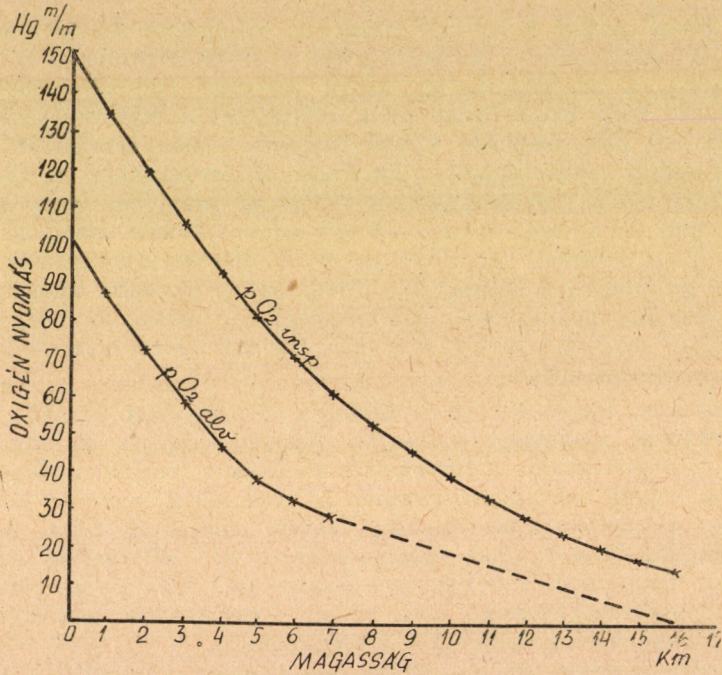
Saját kísérleteinkben, mielőtt előbb önmagunkon kipróbáltuk a túlnyomásos légzést, 44 esetben végeztünk megfigyelést 150 Hg mm-nél kisebb nyomáson (12 000 méternél nagyobb névleges magasságban) a következő megosztás szerint:

125 Hg mm (13 000 m)	4 esetben
105 Hg mm (14 000 m)	17 esetben
90 Hg mm (15 000 m)	23 esetben

A kísérletek menete szerint már 1 atmoszféra nyomáson (0 m) tiszta oxigént lélegeztek a vizsgálandók, majd 305 Hg mm nyomáson (7000 m) fél órai tartózkodás után 1000 m/perc emelkedéssel értük el a kísérleti alacsony nyomást. Két esetben következett be egészen hirtelenül hipoxiás öntudatvesztés. Valószínű oka, hogy a túlnyomás biztosítása miatt túl szorosan vagy éppen rosszul illeszkedő álarc kellemetlenséget okozott a vizsgáltaknak, akik állandóan igazgatták és illesztgették álarcukat. Így valószínűen nem is tudott tartósan létrejönni a túlnyomás. Ilyen kis nyomásokon tehát nem is a hamis levegőnek a bejutása a légzőberendezésbe, hanem pusztán a túlnyomásnak *a létre nem jövése vagy elvesztése* már súlyos öntudatvesztéshez vezethet.

Az áttekinthetőség érdekében a túlnyomásos kísérleteinkkel járó többi akcidenzáinkat is itt említjük meg. A preoxigenizáció és az alacsony nyomáson való tartózkodás rövid idejének ellenére is két ízben lépett fel heves fájdalom a kéztő ízületében, három esetben pedig az alacsony környezeti nyomás miatt létrejött felfúvódás miatt kellett sürgősen növelnünk a nyo-

mást. A légnyomás csökkenést követő légsűrítéskor 3 esetben volt barotrauma a középfülben és 1 esetben homloköböl fájdalom miatt kellett megállnunk. Érdekesnek tartjuk megemlíteni, hogy önkísérletünkben 110 Hg mm alacsony nyomáson nem lépett fel a bal csuklóban számtalan esetben már 200 Hg mm körül szokásosan jelentkező heves fájdalom.



5. sz. ábra.

A belégzett levegő oxigénnyomásának csökkenésével nem esik végig arányosan az alveoláris oxigénnyomás (5. számú ábra), mivel a tüdőben a vízgőznek és az széndioxidnak a nyomása állandó. E két gázt a szervezet működése produkálja s így ha csökken az össznyomás, ezek mindig növekvő százalékát adják az alveoláris levegőnek. Ezért szűkül be lényegesen a szervezet védekező képessége nagy magasságban s 16 km felett az alveoláris oxigéntenzio zérus, holott a belégzett levegőben még van oxigén (pO_2 insp, 5. számú ábra). Így tiszta oxigénlégzés sem növeli azt a magasságot, amelynél a tüdőben az alveoláris oxigéntenzio zérus lesz. Általában az alveoláris oxigénnyomás mindig nagyobb, mint az elméletileg számított érték, mert 150 Hg mm-nél kisebb nyomás alatt (12 000 m felett) bekövetkező hiperventiláció fokozza az alveoláris oxigénnyomást, csökkenti a széndioxid és valószínűen a vízgőznyomását is.

A dekompesszió, buborékbetegség

Mivel a szervezet szövetei bizonyos mennyiségű oldott gázt is tartalmaznak fiziko-kémiai vagy tisztán fizikai állapotban, elsősorban nitrogént, alacsony nyomáson való tartózkodáskor — ha a nyomás 265 Hg mm (8000 m)

alatti —, úgy a dekompreszió veszélyeivel, a nitrogén-buborékok képződésével is számolnunk kell. Ennek feltétele, hogy a testben a nitrogén résznyomása nagyobb legyen, mint az alveolusokban.

A buborékbetegség (caisson betegség) tüneteit nem kívánjuk részletezni („Alacsony nyomású keszon-vizsgálatok”, Honvédorvos, 1952. 7. sz.), csupán azon különbségeket ismertetjük, amelyek fizikai szempontból fennállanak a túlnyomású és az alacsonynyomású munkás között. Előbbinél mindig több az oldott nitrogén, utóbbinál maximálisan egy atmoszférának megfelelő. Az alacsonynyomású munkás a buborék veszélyeztette nyomáson mindig oxigént légzik s így az alveolusokban olyan gáz van, amely kis mennyiségben tartalmaz csak nitrogént. Az oxigénlégzés hatására a nitrogén a szervezetből lassan kicserélődik a tüdön keresztül. Ha 15 perccel az alacsony nyomásra (legalább 250 Hg mm-nél kisebb nyomás) való expozíció előtt tiszta oxigént légzünk, úgy a nitrogén fele már eltávozik, ha pedig egy órával történik ugyanez, úgy már valószínűen csak a zsírszövetekben marad nitrogén. Gyakorlatunkban a kontroll-vizsgálatoknál a 15 perces preoxigenizációt alkalmaztuk sikerrel.

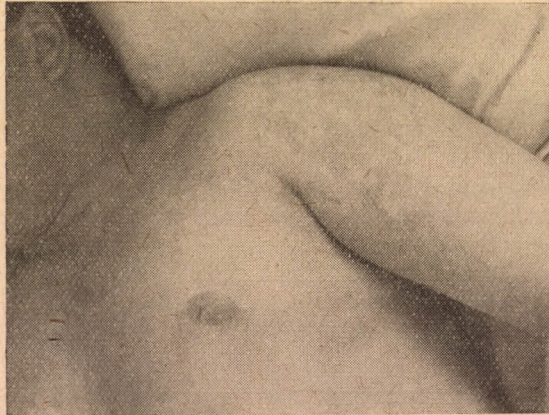
Fentiek miatt az alacsonynyomású kamrában keletkezett buborékbetegség ritkább és enyhébb lefolyású. A panaszok a normál egy atmoszféra nyomáson gyorsan megszűnnek, szemben a keszonmunkások súlyos és sokszor hosszú időn át fennálló panaszaival szemben, melyek az általunk észlelt 1200 vizsgálatból teljesen hiányoztak. Összesen 52 esetben (4,3 százalék) jelentkezett dekompresziós panasz. Az általános rosszullét miatt 7 esetben (0,5 százalék) volt praecollapsus, két esetben centrális okokból (ezeknél nem csináltunk kontroll vizsgálatot), öt esetben pedig a tűrhetetlen fájdalom következtében romlott el a közérzet. Fájdalmak főképpen a végtagokban (43 esetben, 3,5 százalék) jelentkeztek. Fájdalom túlnyomórészt a vállban (23 eset), a térdben (4 eset) és könyökben (3 eset) jelentkezett. Valódi bénulás nem volt egy sem, csak ún. álbenulás, amikor is csak a fájdalom miatt volt képtelen végtagját használni a vizsgált. Egy ilyen esetünkben előfordult az is, hogy a vizsgált képtelen lévén jobb karját használni, átvette ceruzáját a bal kezébe s így folytatta feladatát. Fulladozás érzése (chokes) két esetben volt kifejezetten. A fennmaradó eseteket leginkább enyhébb bőrjelenségek teszik ki, melyek valószínűen nagyobb számban is jelentkeztek, de a vizsgáltak nem tartották érdemesnek megjegyezni vagy elkerülték figyelmünket.

Az említett általános rosszulléttel járó esetek közül két ízben a bal váll környékén hálózatos, szalagos, livid elszíneződésű bőrjelenség támadt (6. számú ábra). Az egyiket sikerült színes fényképen megörökítenünk. Ez valószínűen a livedo reticularisnak nevezett, ún. márványbőr, melynek alapja az egymással anasztomizáló erekben, a bőrérhálózatban jelentkező pangás. Az irodalom általában lokális okokkal magyarázza a jelenséget, többnyire a hajszálerekben buborék okozta keringési zavarnak, stasisnak mondja. A magunk esetében az általános rosszullét és a néhány órán át, még normál nyomáson való szokatlan terjedés miatt (7. számú ábra) centrális okokra is gondolunk. Emellett szól az általános rosszullétén kívül (sápadtság, izzadás, zsebbedás érzés, szédülés, csillapíthatatlan köhögés) a közvetlenül elvégzett ideggyógyászati vizsgálat is, mely szerint a bal oldali hasreflex kimaradása mellett még jelzett facialis bénulás is fennáll ugyanazon oldalon. A vizsgált, mint a képen is látható, jól táplált (173 cm, 97 kg), ami irodalmi adatok szerint

is prediszpozíciót jelent a dekompreszióra. A rosszullét hirtelen következett be 210 Hg mm nyomáson (9700 m), s az általános rossz közérzet miatt kórházi felvételt is nyert a vizsgált, ahol 48 órán át tisztán tüneti kezelés után teljes gyógyulás következett be, s még a bőrjelenségek is nyomtalanul eltűntek. Ezen jelöltnek kontroll-vizsgálatát még nem végeztük el.



6. sz. ábra.



7. sz. ábra.

Vizsgálataink alkalmával állandóan felmerül az alacsony nyomáson jelentkező hipoxia és dekompreszió okozta öntudatvesztések elkülönítő kórisméjének kérdése. Általános irányelvként említjük meg, hogy a magasabb szellemi működéseket a dekompreszió kevésbé zavarja és csak rövidebb ideig érinti, szemben a hipoxiával. Így dekompreszió esetében a vizsgált képes a kifejlődő tüneteket önmagán megfigyelni, ebben legfeljebb a fájdalom zavarja meg. Ezzel szemben a hipoxiás öntudatvesztés ilyen, kis nyomáson teljesen váratlanul és bevezető szubjektív jelek nélkül lép fel, s a történetekkel szemben teljes az amnezia. Egyik igen jellemző esetünk a 150 Hg mm nyomáson bekövetkező hipoxiás öntudatvesztésre a következő volt. Kettő

időtöltésből kártyáznak. A kártyaosztás után szabályosan és élénken folyik a játék. Adott pillanatban a soron levő a jobb kezével kiválasztott lapot már nem teszi le, hanem lefordul a székről kezében tovább tartva a kártyákat. Azonnal növeljük a nyomást s alig érvük el a 300 Hg mm-t, az újult feltápáskodik és mintha mi sem történt volna, folytatni akarja a játszmát. A kísérlet befejezése után a történetekre egyáltalán nem emlékezett vissza.

Fokozódó, az egész testre kiterjedő periodikus görcsök, melyek az egész törzset mozgatják, inkább hipoxiás eredetűek. A dekompresziós kollapszust rendszeren bradikardia előzi meg. Ha mellkasi fájdalom, köhögés vezet be a rosszullétet, elsősorban dekompreszióra kell gondolnunk, mert a hipoxia az egészen ritka anginaszerű jelenségektől eltekintve ritkán okoz fájdalmat.

Alacsony nyomás okozta meteorizmus

A nyomás csökkentésének a szervezetre kifejtett egyéb hatását kell még megemlítenünk. A gyomor-bélrendszerben elzárt gázok is kiterjednek az alacsony nyomás hatására. A gáztörvények értelmében, ha a hőmérséklet állandó, úgy a térfogat fordítottan változik a nyomással. A gyomor-bél rendszerben állandóan van gáz, mely részben ott képződik, részben pedig nyelés útján jut oda. Ezeknek nyomása nagyjából mindig egyezik a környező nyomással. Ha az egyén körül csökken a nyomás, úgy a bélgázok térfogata nő, mégpedig a telített vízgőz nyomása miatt jobban, mint ha száraz gáz tágulna. Ha csak lassan csökkentjük a nyomást (100 m/perc emelkedésnek megfelelően), úgy fél atmoszféra nyomáson (kb 5500 m) már jól érezzük a gázok mozgását, de még csak mérsékelt disztenziót érzünk. Ha tovább csökkentjük a nyomást, úgy büfögés támad és a vastagbél leszálló részében levő gázok is természetes úton távoznak. Ha ellenben gyorsan evakuáljuk a kamrát (például 600 m/perc emelkedésnek megfelelően), úgy a gázok gyorsan tágulnak és sok esetben a bélkacsban lokalizáltak maradnak, főképpen, ha a gáz még csak a vastagbél harántszakaszában van. A hasüregben növekvő nyomás a rekeszre hat, s akadályozza a légzést és a vérkeringést. Olyan feszülés is jelentkezett már viszonylag mérsékelt nyomáscsökkenés esetében (265 Hg mm abszolút nyomáson), hogy shockszerű reakciót váltott ki. Különösen a hirtelenül kitáguló gázok okoznak erős fájdalmat shockszerű jelenségek kíséretében. Hasonló tünetekkel jár a robbanásszerű légnyomáscsökkentés is, amit állatkísérleteink alkalmával többször észleltünk. E kísérleteket tengerimalacokkal végeztük, amikor is a légnyomást fél atmoszféráról hirtelen egyhuzad atmoszférára csökkentettük. E shockszerű jelenségek mellett nem ritkán gyomor- vagy bélruptura is bekövetkezett („Az explózió dekompreszió kísérletes vizsgálata”).

A 150 Hg mm nyomáson végzett kísérleteinkben mondhatni a legtöbb kellemetlenséget a felfúvódások okozták. Annak ellenére, hogy a vizsgálati egyének az előírt, gázt nem fejlesztő diétát fogyasztották már huzamosabb időn keresztül, mégis napirenden volt a felfúvódás okozta panasz. Sőt 12 esetben (1 százalék) olyan súlyos fájdalom jelentkezett általános rosszullét-től kísérve, hogy a vizsgálatokat azonnal be kellett fejeznünk. A hasi görcsök a nyomás növelésére gyorsan megszűnnek, de előfordult, hogy még a normál nyomáson is 24 órán át fennállottak. Itt is felmerül a dekompresziós hasi fájdalmaktól való elkülönítő kórisme kérdése. A gázok tágulása okozta hasi fájdalmakat a fokozódó puffadás mellett az jellemzi, hogy azok az

alacsony nyomás elérésekor a legkellemetlenebbek, míg a dekompresziós fájdalmak csak később jelentkeznek a betegségre jellemző 10—20 perces latencia után.

Az alacsony nyomás okozta felfúvódás megelőzésére szolgáló diétás étkezésben kerüljük a puffasztó, fűszeres, túl zsíros ételeket, szénsavas italokat és ügyelnünk kell, hogy étkezés közben ne nyeljük túlságosan sok levegőt. Az étkezéssel kapcsolatosan is tettünk néhány megfigyelést.

A vizsgálandók legtöbbje már hosszú időn át folyamatosan ún. magasági étkezésben részesül, amelynek egyik fő célja a bélgázok képződését csökkenteni. Van azonban a vizsgáltaknak olyan csoportja is, amelyik elméleti iskolán normál étkezést folytat s magassági étrendet csak az évenkénti egy hónapos repülés előtti alacsonynyomású kamrai vizsgálat alkalmából kap. Annak ellenére, hogy ilyenkor ez a csoport is minőségben, mennyiségben és időrendben is ugyanazt az étkezést kapta, mint a többi vizsgált, a kísérletek keresztülvitele mégis nagy nehézségekbe ütközött a súlyos felfúvódás miatt.

Ismeretes, hogy az elfogyasztott étel kb 36—48 óra alatt jut el a vastagbélbe. Tapasztalatunk szerint egy-egy alkalmi alacsonynyomású kamrai vizsgálat előtt célszerű már 3—5 nappal a diétás étkezést folytatni, s nem elég a vizsgálatot megelőző napon kezdeni azt. Kísérleteinkben a felfúvódást illetően kritikus 150 Hg mm-s vizsgálatot megelőzően 48 órával már szigorú diétás előírásokat alkalmaztunk.

Fentiek alapján azt kell megállapítanunk, hogy akik hetenként kerülnek alacsony nyomás alá, célszerű, ha a diétát folyamatosan betartják. A gyomor-bélrendszer fermentumai ugyanis a *táplálkozástól függően is* termelődnek. Egyoldalú táplálkozás esetében bizonyos fermentumok működése visszасzorul. Hirtelen változás az étrendben hátrányos, mert a szervezet nem tud olyan gyorsan alkalmazkodni, étrendi változtatások esetén bizonyos átmeneteket kell tartani.

Barotrauma (légsúlysérülés)

A szervezetben elzárt légtartalmú üregek, a középfül és az orrmelléküregek is alá vannak vetve a gáztörvényeknek. A légnyomás változás okozta középfül és melléküreg elváltozásokkal már több ízben részletesen foglalkoztunk. („Barotrauma” Honvéder orvos, 1952. 8. szám, „A magassággal járó légnyomásváltozás néhány fülészeti vonatkozása”, u. o. 1951. 12. szám). Itt csupán a statisztikai kiértékelésre szorítokozunk.

Kiértékelésünkben csak azok az esetek szerepelnek, amelyek miatt a programmszerű visszatérést a normális nyomásra meg kellett szakítanunk. A légnyomás változtatásának a mérve megfelel a 20 m/mp névleges magasság-változásnak, kivéve a 150 Hg mm-ről 405 Hg mm-re való csökkentést, amely kezdetben 60 m/mp. Alapul ismét 1200 vizsgálatot veszünk, melyekben többnyire már tréningezett egyének vettek részt. Az első napi, 405 Hg mm-ről normális nyomásra való visszatérés alkalmával 45 esetben (3,7 százalék) a középfül, 9 esetben (0,7 százalék) pedig a homlokából fájdalom miatt kellett a programmszerű folyamatos légnyomásnövelést megszakítanunk. Ezzel szemben a 150 Hg mm-s vizsgálat esetében 77 ízben (6,4 százalék) a középfül részéről, 15 ízben (1,2 százalék) pedig a homlokából részéről jelentkezett olyan fájdalom, amely akadályozta a normális nyomásra való

folyamatos visszatérést. A második vizsgálat alkalmával jelentkező gyakribb panasz oka részben a kisebb nyomásról való visszaindulás, másrészt a gyorsabb légnyomásváltozás, de nem utolsó sorban az oxigénárc által megnehezített akaratlagos középfülszellőzés.

Súlyosabb következményünk a barotraumákkal kapcsolatosan nem volt. A legtöbb esetben a gondos obszerváció mellett végzett konzervatív kezelés folytán a panaszok néhány óra vagy nap alatt megszűntek. Kedvező eredményeink valószínűen összefüggenek azzal, hogy a megelőzés terén a lehető leggondosabban jártunk el. A felső légutak kifejezett hurutja esetében a vizsgálatot elhalasztottuk, enyhébb gyulladások esetében pedig az alapos orrfúvás után elvégzett sikeres valzválvázáshoz kötöttük a vizsgálatot. Vizsgálóinkat előzetesen oktattuk a barotrauma lényegét és megelőzését illetően s ha közben panaszok jelentkeztek, a további nyomásnövelést a legóvatosabban folytattuk le. A legfőbb tanácsunk, amit minden alkalommal kihangsúlyoztunk az volt, hogy a középfül szellőztetését meg kell kezdenünk még *mielőtt panaszok jelentkeznének.*

Fogpanaszok alacsony nyomáson

A légnyomás változásával függenek össze az alacsonynyomású kamrában a vizsgálatok során jelentkezett fogpanaszok is. Itt is csak azon eseteket tartjuk számon, amikor olyan heves fájdalom jelentkezett, ami miatt a vizsgálat megszokott menetén változtatnunk kellett. Ez 1200 vizsgálatból 12 esetben (1 százalék) fordult elő csaknem kizárólag a 150 Hg mm-s vizsgálat alkalmával. Önkísérletünkben egy amputált alsó nagyórló minden felszállás alkalmával pontosan 450 és 500 Hg mm abszolút nyomás közt (4000 m körül) fájni kezdett. Normál nyomáson a fájdalom megszűnt. Mély caries esetén, a kavitást kitisztítva és ideiglenes tömással elzárva, nyomban ismételt felszállásnál igen gyakran a fájdalom nem ismétlődött. Ezért arra is gondoltunk, hogy esetleg az elvékonyodott pulpakamra falára gyakorolt nyomás is szerepet játszik az aerodontalgiában. E tárgykorrel kapcsolatosan számos eredeti kísérletet végeztünk modelleken, állatokon és embereken („A légnyomásváltozás hatása a fogak gyökércsatornájában uralkodó nyomásvízonnyokra”, Honvédorvos, 1954. 3. szám).

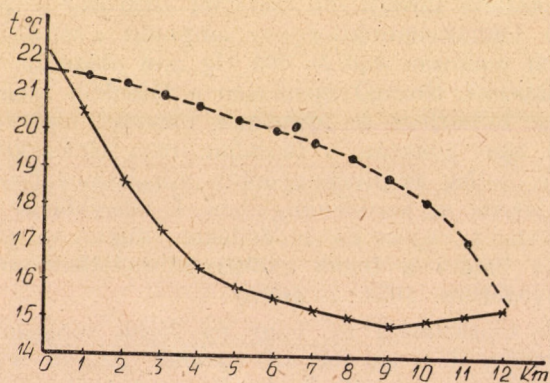
Vizsgálataink tapasztalata az, hogy ép fogak sohasem okoztak panaszt bármilyen alacsony volt is az abszolút nyomás. Ahhoz, hogy a fogak részéről panasz jelentkezék, úgy látszik, hogy a pulpának előzetes keringési zavara, hiperémiája szükséges. Élő fogak általában a nyomás csökkentésekor, míg elhalt fogak inkább a nyomás növelésekor fájnak. Önkísérletünkben észleltünk olyan fogat is, amelyik mindkét irányú nyomásváltozásra reagált.

A nem élő fogak okozta fájdalom pathomechanizmusa valószínűen hasonlít a barotraumához. Élő fogak esetében a testre ható nyomáscsökkenés valószínűen a pulpa tartalomnak apikális irányú elmozdulásával lehetővé teszi egy léghólyagnak a képződését a pulpakamra tetejében s az ebben keletkezett gőz vagy gáz tágulása váltja ki a fájdalmat. Ezen irodalomból vett elmélet mellett felhívjuk a figyelmet a már említett felfogásunkra, hogy mély caries esetében az elvékonyodott pulpakamra falán keresztül is kifejt-heti hatását a nyomás megváltozása, éppenúgy amint láttunk teljesen megérett keléseket felfakadni az alacsony nyomásban, vagy üres égési hólyagot a bőrön teljesen megtelni savóval néhány perc leforgása alatt. Említésre

méltó az az esetünk is, amikor egy jobb alsó kisírló fog okozta perioritis következményes tuba hiperémiája és ödémája olyan fokú ventilációs zavart okozott az azonos oldali középfülben, hogy már 150 Hg mm nyomáscsökkentésre (kb 1500 m) az elvékonyodott dobhártya rupturált. Ez az eset bizonyítja, hogy a légnyomásváltozások kapcsán nemcsak differenciál diagnosztikai problémák merülhetnek fel a fogászat és a fül-orr-gége szakma között, hanem esetleges oki összefüggésekre is figyelemmel kell lennünk.

Az alacsony nyomás okozta hőmérséklet változás

Néhány szóban foglalkoznunk kell az alacsonynyomású kamrai vizsgálatok folyamán lejátszódó hőmérséklet változásokkal és ezeknek a szervezet hőszabályozására kifejtett hatásával. Amikor a kamrában csökkentjük a nyomást, úgy érezhetően lehűl a levegő, viszont a nyomás visszaállításakor felmelegedést érzünk. Néhány kísérletünk alkalmával érzékeny laboratóriumi hőmérővel, amelyen a tized fokok is könnyen leolvashatók, megmértük a hőmérséklet ingadozásokat és azokat grafikusán regisztráltuk. Egyik eredményünket a 8. számú ábrán közöljük. A többi mérésünk is igen hasonlít a közölthöz, úgyhogy átlagos eredménynek is vehető. A vízszintes tengelyen a légnyomáscsökkentésnek megfelelő névleges magasságot jelöltük. Mint látjuk, 760 Hg mm-ről 150 Hg mm-re való evakuálásakor a hőmérsékletcsökkenés eleinte meredek, azután lassúbb, sőt egy bizonyos ponttól kezdve éppenséggel emelkedik a hőmérséklet.



8. sz. ábra.

A lehűlés kétségtelenül a kamra levegőjének a tágulásából adódik, de a lehűlés mértéke nem felel meg a gázok adiabatikus expanziójából számítható hőmérséklet csökkenésnek, amely sokkalta nagyobb lehűlést eredményezne. A légritkítás során a kamra falán keresztül hőcsere történik annak ellenére, hogy a kamra erősen hőszigetelt. A kamrában levő tárgyaknak is nagy a hőkapacitásuk, ami szintén hozzájárul ahhoz, hogy a hőmérséklet lényegesen nagyobb a számítottnál. Ha bizonyos alacsony nyomásnál megállunk, úgy szintén viszonylag gyorsan emelkedik a kamra levegőjének hőmérséklete. Amint a diagrammból is kitűnik, ha a légritkítással 150 Hg mm alá megyünk, úgy a szivattyú kis teljesítménye miatt már inkább emelkedik a kamra levegőjének hőmérséklete. Lényegében tehát —

mint látjuk — itt nem tisztán adiabatikus lehülésről van szó, hanem ún. *politrópihus változásról*, mert hiszen a kamra levegőjének tágulás okozta lehülése közben a környezetből hő megy át a kamra légterébe. Politrópihus állapotváltozás akkor következik be, ha az adiabatikus állapotváltozás számára nem elegendő a hőszigetelés.

Megfigyeltük továbbá azt is, hogy az alacsonynyomású térben általában hidegebbnek érezzük a levegőt, mint amilyen az a valóságban. Ismeretes, hogy a szervezet hőszabályozásában, különösen melegben, az izzadás, az ún. *perspiratio sensibilis* játssza a legnagyobb szerepet s olykor a hőleadás 98 százalékát is kiteheti. Ilyenkor főleg az izzadásmirigyek juttatnak folyadékot a bőr felszínére, ahonnan az hő felvétele mellett elpárolog. A tüdőn keresztül is van hasonló párologás (evaporáció). Alacsony nyomáson létrejött tünetek közt említik az izzadás érzését száraz bőr mellett. Ez valószínűen összefügg az ún. *perspiratio insensibilis*sal, a láthatatlan izzadással, melynek lényege, hogy pára diffundál át az epidermisen, teljesen függetlenül a verejték mirigyek működésétől. Bár a láthatatlan izzadás a környezeti tényezők változása esetében is nagyjából állandó, mégis légritkított térbe a vízmolekulák valószínűen könnyebben jutnak el. Ha a levegőnek viszonylag nagy az abszolút nedvesség tartalma, így különösen nyáron, a kamra levegőjének ritkításakor erős köd képződik a lehülés miatt. A páraszemcsék kicsapódása és leszállása miatt lényegesen szárazabb lesz a kamra levegője, amint azt a kamrában elhelyezett hajszálas nedvességmérő mindenkor mutatja is.

(E munkában felhasznált kurrens vizsgálatok elvégzésében segítségemre voltak az elmúlt tíz esztendő alatt egymást követő munkatársaim: dr. Diósy Andor, dr. Simon László, dr. Schirger Henrik, dr. Hirschberg Jenő és dr. Kónya László, akiknek ezúton mondok köszönetet. Bizonyára az ő körültekintő, gondos munkájuknak is nagy része volt abban, hogy ily nagyszámú, minden szempontból súlyos szervezeti megterhelésekkel járó vizsgálatot viszonylag ilyen kevés bajjal tudtunk elvégezni.)

IRODALOM:

A szövegben említett saját munkánkon kívül a következő idegennyelvű irodalmat használtuk fel: 1. *Ruff—Strughold*: Grundriss der Luftfahrtmedizin, 1944. 2. *Bauer*: Aviation Medicine, 1943. 3. *Bergin*: Aviation Medicine, 1949. 4. Aviation Medicine Practice, 1955. 5. *Stickney and Liere*: Acclimatization to low oxygen tension. Physiological Reviews, 1953. Vol. 33. 6. *Winterstein*: Die chemische Steuerung der Atmung. Ergebnisse der Physiologie, 1955. 7. *Brown*: Physiological Effects of Hyperventilation. Physiological Reviews, 1953. No. 4.