

Marlin B. Kreider

## BALESETI HIPOTERMIA FIZIKAI ÉS FIZIOLÓGIAI TÉNYEZŐI\*

A szabadban hideg hatására gyakran előfordulnak halálesetek. A barlangok kutatóinál a hideg okozta halálos tragédiák sokáig ismeretlenek voltak, vagy legalábbis nem figyeltek fel rájuk. A *hipotermia*, vagy *hőelégtelesség* (hőhiány) következtében barlangokban előállt balesetek annál is inkább feltűnést keltenek, mert a mérsékelt övezet barlangjainak levegőhőfoka  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül mozog, tehát ezeknek az üreghőmérsékleteknek a levegője viszonylag enyhe. Ennek ellenére az elmúlt években több ilyen szerencsétlenség történt barlangokban.

### A halálos balesetek ismertetése

Annak érdekében, hogy megértsük a hideg barlangi környezet veszélyeit, össze kell foglalni és analizálni kell három haláleset körülményeit, amelyeknek oka baleseti hipotermia (hőelégtelesség) volt. Az első eset Angliában történt. Egy *17 éves leány* az áldozat, akinek ez volt az első barlangi túrája. A leányt úgy jellemezték, hogy jó egészséggel örvendett, azonban vékony testalkatú volt és könnyedén öltözött. Egy órával a barlangba menetele után átázott és visszafordult, mert nagyon fázott. Amikor egy nehéz S-kanyarhoz ért, már két és fél órája tartózkodott a barlangban, de még nem esett nehezebbre a szűkülten való átjutás. Visszamenet, a bejárat aknában, még egyszer átázott kb.  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vízben. Tíz perccel később megkísérelte a létrán való felmászást, de sikertelenül. Társaságának tagjai képtelenek voltak segíteni rajta, így segítségért mentek. 45 perccel később egy mentőosztag „eszméletlenség állapotában, öntudatlanul, összekuporodva, nyögve” találta. Tizenöt perccel később halottnak bizonyult. Ez tehát egy órával a rosszullét első jelei után történt. A halál utáni vizsgálat a jobb szívkamra, a jobb pitvar és a fő erek nagyfokú kiterjedését mutatta ki.

A második eset szintén Angliában történt. Az áldozat egy *23 éves férfi*. Gyenge fizikumú és volt már egy ájulós esete. Könnyű ruhát vett fel, és járatlan volt a barlangozásban is. Három és fél óra után a barlangi patak áradni kezdett. Hét és fél óra elteltével, mikor már kimerült volt és nagyon fázott, nem sikerült kimászni egy aknából. Társai végül is segítettek neki kötéllal, de ezalatt eszméletlenné vált, mialatt kb.  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os víz ömlött rá. Az aknából kijutva magához tért, segítséggel fel bírt állni, és kevés csokoládét is evett, azonban képtelen volt beszélni. Mialatt kivitték a barlangból, hirtelen meghalt, kilenc órával a bemenetel és másfél órával a rosszullét első jelei után. A halál utáni vizsgálat nála is a jobb szívkamra, pitvar és a főerek nagymértékű duzzadását mutatta.

A harmadik eset New-York állam keleti részén történt 1965 februárjában, és arról a következő részleteket mondta el a szerzőnek két szemtanú. Egy nagyon erős, lelkes, és kétségtelenül gyakorlott, *23 éves fiatalember* ment be egy szűk barlangba, ahol gyakran kellett sekély tavakon keresztülmászni. Az első öt órát két barátjával együtt a felszerelés fáradtságos cipelésével töltötte. Kötelet eresztettek le egy aknába, ahová állandóan hideg víz (kb.  $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os) csurgott le a jeges felületről. A leereszkedés közben a permetező vízben teljesen átázott. Mintegy 15 percet tartózkodott az akna alján, majd újabb tíz percre került, míg visszafelé pruszikolva a vízhez ért. Itt az előrehaladása meglassult, míg végül is nem bírta kilazítani az egyik pruszicsomót kezeinek a megmerevedése miatt, és a vízben maradt 15–20 percig, mialatt eszméletét veszítette. Testét nem sikerült kiszabadítani a barlangból. Az eszméletlenség 30 perccel belül jelentkezett a rosszullét első nyomai után. Nem tudni, mikor állt be a halál, de feltételezhető, hogy kevesebb mint egy órával az eszméletlenség után.

A három baleset közös vonásai: *a hideg víznek való kitétel, a hideghatás folytonossága és növekedése a rosszullét első jelei után, a barlangból való gyors kijutás akadályai, és nagyon könnyű öltözék viselése.* Mivel mindhárom esetben a hideg víznek való kitétel fordult elő, először ennek hűtő hatását kell elemezni.

### Az emberi test lehülése vízben és levegőben

A víz gyors hűtőhatása — az időtartam függvényében — jól ismert. Már a hírhedt dachau kísérletek\*\* adataiból, és a tenger alá merülési rekordokból megállapítható volt, hogy egy vízbe merült, ruhátlan embernek kevés esélye van az életbenmaradásra, és pedig  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál 30 perccel,  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál egy órán,  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál  $3\frac{1}{2}$  órán, és  $15,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vízben 6 órán túl.

\* Physical and Physiological Factors in Fatal Exposures to Cold. *Bulletin of the National Speleological Society*. Volum 29. Number 1. 1967. január. Kivonatolt ismertetés.

\*\* Gádos Miklós kiegészítő jegyzete:

Klinikai- és állatkísérleteken felül a németek Dachauban hadifoglyokon kísérleteztek. A hadifoglyokat  $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízben addig tartották, míg végbélhőmérsékletük kb.  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra csökkent, majd a vízből kivéve őket, különböző felmértési módszereket próbáltak ki. A kísérlet 7 esetben végződött az áldozat halálával. E hét eset *átlagértékei*: vízhőmérséklet  $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hűtési idő 67 perc, halál a fürdő kezdete után 73 perccel. A halál beálltakor az átlagos végbélhőmérséklet  $26,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt. (Dornhoffer Sz.: Kórleltan; A. Russel: A horogkereszt rémtettei)

A levegő és víz közötti hűtési hatás különbségét az 1. ábrán szemléltetjük. Itt látható, hogy 4,5 C°-os levegőn való tartózkodás (ruházat nélkül) még nem eredményezi a végbélhőmérséklet csökkenését, míg 4,5 C°-os víznek való 1 órás kitétel esetén a végbélhőmérséklet 29,5 C°-ra csökken, amely rendkívül alacsony. A hővesztesség tényleges mennyiségi különbsége nehezen határozható meg ebből az ábrából, de a bőr- és végbélhőmérséklet változása alapján megfigyelhető, hogy az kb. kétszeres (vagy valamivel több). Melegített, könnyű öltözetű próbababukkal végzett kísérletek valamivel kevesebb, mint háromszoros differenciát adtak, amely emberekre vonatkozóan jól megegyezik *Molnár G.W.* (1946.) megállapításaival.

Ugyanakkor, ha a ruházat átázott, a hűlés mértéke levegőn, ahol párolgás van, 10 C°-nál másfélszer akkora, mint száraz ruházat esetén, *Hall és Polte* adatai szerint, de megjegyzendő, hogy a szél és az alacsony páratartalom növeli a párolgás okozta lehűlést. Ezért úgy látszik, hogy a test lehülése vízben ruházat viselésekor levegőn olyan nagy, mint vízben, azonos hőmérsékletnél.

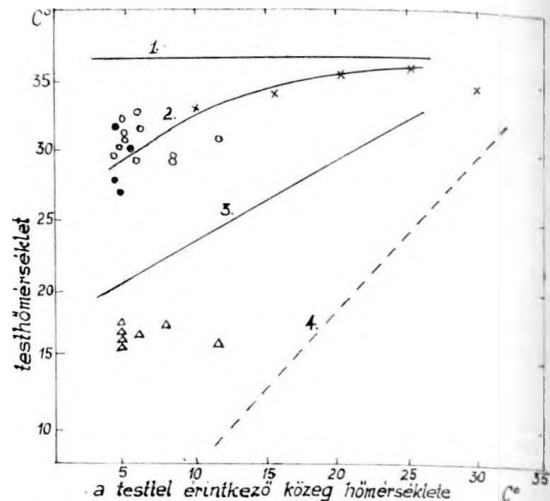
A hőáramlás és párolgás okozta hővesztésen kívül csökken az emberi test hője barlangban a sziklafalakon és a barlangfenéken történő hőátadással is, amikor érintkezés jön létre. Ez a hőátadás fokozódik víz ruházat esetén. Ugyanakkor, a nap sugárzó hőjének hiánya növeli annak valószínűségét, hogy a ruházat minden egyes átnedvesedése barlangban kihűlésre ítélheti a csoport visszamaradó tagjait. Ez annak a ténynek velejárója, hogy a testnek több hőről kell gondoskodnia a ruházat megszáritása céljára (a párolgáshoz), mint amikor az illető napon van.

### Változékonyság a hűlés mértékében és a hideg vízben

Számos egyéni különbség van, amely a test lehülésének mértékét befolyásolja, és amely nagyrészt megmagyarázza egyesek életbenmaradását, mások elpusztulását a barlangban. Ezek a különbözőségek két csoportba tartoznak: vannak, amelyek csökkentik a hővesztésüket, és olyanok, amelyek növelik a hőtermelést. Néhány e tényezők közül a következő:

1. A test zsírrétegei csökkentik a hővesztésüket, mivel szigetelnek a hideggel szemben. A 2. ábrán látható, hogyha nagyobb a zsír vastagsága a bőr alatt, akkor kisebb a végbélhőmérséklet csökkenése a 30 perces 15 C°-os vízbe való merülés végeztével. Hasonló összefüggést jeleztek a test zsirtartalma és a végbélhőmérséklet esése között 15 C°-os levegőben (*Baker and Daniels*) és 20 C°-os vízben (*Carlson*). Azt is közölték, hogy egy kövér versenyzőnél a belső hőmérséklet csökkenése csak fele volt, mint egy soványnál, mialatt mind a kettő 16 C°-os vízben úszott.

A kövérségen kívül a test nagysága és alakja is befolyásolhatja a belső hőmérséklet alakulását a hosszabb hideg hatása alatt. Általános fizikai tapasztalat, hogy kis testnek nagyobb a belső hőmérséklet-csökkenése, mint egy nagy testnek, és egy magas, vé-

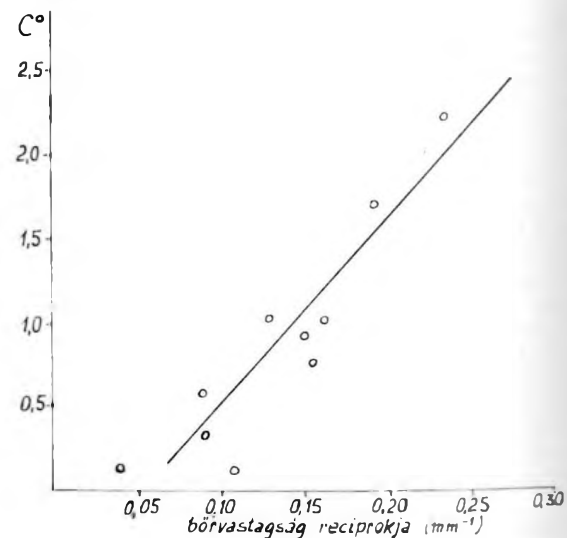


1. ábra. Egy óra hosszára vízbe merült, illetve ugyanennyi ideig szabad levegőn tartózkodó ruhátlan ember végbél- és bőrhőmérsékletének alakulása. (*Molnár G. W.* adatai, 1946.) 1 = végbélhőmérséklet levegőben, 2 = végbélhőmérséklet vízben, 3 = a bőrfelület hőmérséklete levegőben, 4 = a bőrfelület hőmérsékletének extrapolált alakulása vízben.

kony test belső hőmérsékletcsökkenése erősebb, mint egy egyébként egyenlő súlyú, de alacsony, vastag testé. Az állatokon és embereken végzett legtöbb kísérletnél is a belső hőmérséklet nagyobb mértékű csökkenését állapították meg vékony egyedeknél, csak a faji differenciák és a szigetelő zsír összegének különbsége voltak a komplikáló tényezők. Gyakori eset, hogy nagyobb egyedek nagyobb mennyiségű

2. ábra. A bőr alatti zsírréteg vastagságának összefüggése a végbélhőmérséklet alakulásával. A kísérletet 15 C°-os vízben 30 percig tartó alámerüléssel végezték. (*Keatinge W. R.*, 1960.)

### Végbélhőmérséklet csökkenése



zsírréteggel rendelkeznek. Kétségtelen, hogy egy nagy test, amelynek tekintélyes bőr alatti zsírrétege van, határozott előnyt élvez a hidegben a testhőmérséklet megtartását illetően, szemben egy kis testtel, amelynek kevés zsírrétege van, minden egyéb tényező egyenlősége esetén.

2. A hőtermelés mértéke *gyakorlatozással* (tréninggel) nagyban változhat. Kitartó gyakorlatozás (mozgás) alatt a hőtermelés 10–15-szörösére emelkedhet a pihenés szintjéhez képest. A gyakorlatozás általi hőtermelés növekedése nagyban hozzájárulhat a belső hőmérséklet csökkenésének megakadályozásához, különösen hideg levegőn való hosszabb tartózkodásnál.

Fontos kihangsúlyozni ezt a szempontot azoknak, akik pl. hideg barlangban téltelenségre vannak kárhoztatva. Ilyenkor, gyakori időközökben különböző gyakorlatokat kell végezniök, mint helyben való futás és tornászás (nyújtózás). Ezek a gyakorlatok korlátozott helyzetben is elvégezhetők, és nem kívánunk olyan nehéz testi mozgást, amely növelné a párolgás okozta lehűlést. A gyakorlatozás eredménye vízbe merülés esetén kevésbé biztos, mint a levegőn, mivel a gyakorlatozás az izmok vérbőségét okozza, amely növeli a hővesztéséget a külső szövetek és végül a környezet felé. Az egyén jó vagy rossz kondíciója nagyban befolyásolja a végezhető gyakorlatok mértékét és időtartamát.

*A gyakorlatozást, a fizikai mozgást azonban nem szabad túlzásba vinni. A fáradtság a hidegnek való kitettség bizonyos idejénél, elégtelen védelem mellett, halálos következményekhez vezethet. Egy fáradt egyén mesterségesen kevésbé tudja növelni hőtermelését, ha nincs ideje pihenésre. A vezető számára nagyon fontos, hogy ha konstatálja a fáradtság és a hidegnek való kitétel fokozódását a csoportjánál, úgy irányítsa az expedíciót, hogy megelőzze a két tényező együttesen jelentkező kedvezőtlen hatásának tragédiába való torkollását. A vezetőnek oda kell hatnia, hogy az aktivitást inkább a hőtermelés fokozására használják fel, ha valaki fázik, és nem a vállalkozás minden áron való folytatására.*

3. A *tápláltság állapota* fontos szerepet játszik a hidegben, amikor nagy az energiaszükséglet. Kimutatták embereken, hogy enyhe hidegnek való kitétel ideje alatt nagyobb volt a testhőmérsékletük, ha közvetlenül előtte ettek.

Néha speciális étrendet javasolnak védelmiül a hideg ellen. A sarki kutatók zsíros ételek iránti növekvő étvágyat jelentettek, s ebből az következik, hogy a zsír megfelelőbb élelem a hideg klímában. De amikor ezt hideg teremben tanulmányozták, a magas zsírtartalmú étrend nem adott megfelelő védelmet a hideg ellen, kivéve, amikor két órás időközökben ettek. Különleges diétás készítmények, amelyek vitaminokat tartalmaztak, gyakran speciális védőértékűnek mutatkoztak a fizikai megerőltetés alatt. Úgy tűnt, hogy a C-vitamin védelmet ad hideg ellen, de nincs rá bizonyosság, hogy a C-vitamint tartalmazó diétás készítmények pótlólagos energiát adnának.

4. Az *általános testi jólét* (jó kondíció) nagyban befolyásolja nem csupán az egyén hidegtűrő képes-

ségét, de a tényleges erőkifejtést is. Erre példa egy versenyző esetére. Chadwick kisasszonynak emésztési zavarai voltak egy-két nappal a verseny előtt, és nem tudott teljesen kigyógyulni belőle a verseny idejére. Ennek következtében képtelen volt tartani normál gyorsaságát. Ez a hőtermelés mértékének csökkenését és testhőmérsékletének süllyedését eredményezte, úgy hogy korábban ki kellett jönnie a vízből, mint egyébként.

5. A hidegnek való gyakori kitétel elősegíti a hozzá való *alkalmazkodást*, azaz növeli a hideg tűrését. Bár az alkalmazkodás egyik eredménye az, hogy a hideg hatása alatt is magasabb a testhőmérséklet, de kérdéses, hogy ez vagy bármely más tényező, amely az ember alkalmazkodásának az eredménye, adhat-e valamilyen előnyt nagyobb hűtőhatás esetén, kivéve azt, hogy a zsibbadás és megdermedés ideje későbbre tolódik ki.

A hideghez való hozzáedződésnek egy másik lehetséges előnye pszichológiai vagy testnedvesítő lehet, amely a veszély felismerésére neveli az embert és arra, hogy hogyan reagáljon rá.

6. A hőtermelést, illetve a testhő megőrzését kedvezőtlenül befolyásolhatja *gyógyszerek fogasztása, betegség és az öregség*. Sok esetben a gyógyszerek hatására inkább a cselekvőképesség csökken, vagy megáll, mint az energiatermelés. Kábítószer, mint pl. a nyugtatók, az izombénítók, az érzéstelenítők, a csillapítók használata nem ajánlatos a hideg környezetben, kivéve különleges eseteket, amikor az orvosi rendeletre történik. A legtöbb szokásos gyógyszer (fejfájás, gyomorrontás és közönséges meghűlés elleni szerek) használata normális adagolásban nincs hatással a hőmérséklet szabályozására, de az érzéketlenítő szerekkel óvatossá kell lennünk, mert érzékeny egyéneket is elálmosítanak, éppen akkor, amikor a legnagyobb éberségre van szükség.

### *A hideg fiziológiás hatásai*

Vizsgáljuk meg a hideg azon következményeit, amelyek a test funkcióit és teljesítményét érintik, ebből megérthetjük a barlangkutatók halálát megelőző eseményeket.

Egész sor változás következhet be, ha a test hideg hatásának van kitéve. A bőr véredényei nagyon korán összehúzódnak. Ez a meleg vér bőr felé áramlásának csökkenését eredményezi, és így a hővesztés csökken a környező levegő vagy a víz felé. Ennek következtében a bőr hőmérséklete süllyed (vízbe merüléskor jobban, mint levegőben) és gyakran néhány fok eltéréssel lecsökken a környezet hőmérsékletére, a test belső hőmérsékletének változatlan-sága vagy kismérvű süllyedése mellett. A véredények összehúzódnak az eredménye a hő megőrzése a testben és megtartása a belső üregekben, amelyek a nemes szerveket őrzik. A hidegben egy másik fiziológiai hatás is jelentkezik: a test hőtermelésének növekedése, amely részint az izmok mozgásával történik. Ilyen módon a hőtermelés több mint ötszörösére emelkedik a nyugalmi állapothoz képest. A külső véredényrendszer összehúzódnásával és a

megnövekedett hőtermeléssel tudja a belső hőmérsékletet a 36,1 — 37,2 °C közötti normális értékeket tartani.

Ha azonban túl nagy mértékű a hűtőhatás, a belső hőmérséklet csökkenni kezd, és amint közeledik a 35 °C-hoz, az közvetlen gátló hatást is kivált a hőtermelő-anyagcsere folyamatra. Ez a gátlás nagymértékben nő a hőmérséklet esésével, úgy hogy egy 32,2 °C-os testhőmérséklet mellett a mozgással előidézhető ötszörös hőtermelés-növekedést teljesen közömbösíti. Ha a kihülés folyamatos, valahol ezeken a hőmérsékleti értékeken belül, tehát 35—32,2 °C között, mikor a hőtermelés gyorsan csökken, van még egy nagyobb mértékű belső hőmérsékletesés. Minthogy emberekre vonatkozóan kevés mérési adat lehetséges ezeknél a hőmérsékleti értékeknél, a belső hőmérséklet csésének változását állatokon tanulmányozták.

Ennél a 35—32,2 °C-os belső hőmérsékleti értéknél nemcsak a hőtermelés van gátolva, hanem más központi idegrendszeri funkciók is romlanak. Ezek megnyilvánulásai a fáradtsággal együttjáró heves vacogás, nehéz együttműködés, bottladozás, teljes testben való hidegérzet, beszéd- és hallászavarok, tájékozódási képesség elvesztése, melyek mind akadályozzák a realitások, a helyzet fizikai veszélyeinek megismerését. Ez a hőmérsékleti hatás nem csupán azért kritikus, mert a teljesítőképesség csökkenéséhez vezet, hanem mert ugyanakkor erőteljesen kezd esni a belső hőmérséklet is. Ahogy a hőmérséklet folyamatosan esik, a rosszullet erősödik és 30,6—30 °C között eszméletlenség következhet be. Más külső jelek, amelyek felléphetnek, ha a legbelső hőmérséklet 26,7 °C-ra esik: a bőr cianózisa, a bőrerek összetöredezése, a pupilla kitágulása és fény iránti kis mértékű reagálása, az izmok merevsége az inak túlzott reflexével, szabálytalan szív működés és gyenge, kótipinthatatlan pulzus. A 29,4—26,7 °C közötti hőmérsékleti határookban a légzés vagy a szív működés megállása következhet be a hideg hatására, de még biztosabban 26,7—25 °C között.

### *A baleseti hipotermia (hőelégtelenség) gyógyítása*

Mint már megállapítást nyert, visszamelegítést kell alkalmazni, mielőtt a hideg miatti rosszullet első jelei megjelennek. A gyakorlatozás mértékének növelése még segít és nem ront a hipotermia e korai állapotában. *Erélyes lépéseket kell tenni a test hűlésének megakadályozására.* Ez magában foglalhatja a kutatási terv megváltoztatását, a barlang azonnali elhagyása érdekében. Teendők: a vizes öltözet eltávolítása; a többiek részére nem feltétlenül szükséges ruhákkal a beteg ellátása, esetleg pokrócba burkolása; hevítő vagy ételmelegítő használata, mint pl. egy kis propánlámpa; kiadós mennyiségű étel, különösen szénhidrátok fogyasztása. Természetesen, ha nyílt tűz, vagy melegítő rendelkezésre áll, az étel is felmelegítendő. Legtöbbször mindezt a barlangban kell megtenni. Kérdéses még, hogy „doppingoló” gyógyszereket szabad-e használni ebben az időszakban.

Ha a hipotermia az eszméletlenség állapotáig előrehaladt, az első tennivaló hogy a test további hűlését csökkentsük, ill. megakadályozzuk több száraz ruhával és más védőeszközzel. Az áldozatot külső hő alkalmazásával fel kell melegíteni, amint az lehetséges.

Általában kívánatos, hogy ez a visszamelegítés olyan gyorsan megtörténjék, amilyen gyorsan csak lehet, hogy csökkentsék a belső hőmérsékletet még tovább folytatódó „túlhűlési” időszakát. Ez a „túlhűlés” azt jelenti, hogy a legbelső hőmérséklet még kb. 2—3 °C-ot csökkenhet azután, hogy a felület visszamelegítése elkezdődött. Ezt a folyamatot az váltja ki, hogy a külső érendszer a bőrt erő meleg hatására kitágul és vérel telítődik. A vér a még hideg külső szövetektől lehül, majd a szívbe visszatérve, azt is lehűti. A legjobb kb. 43—44 °C-os vízbe való merítés, ha ilyen lehetőség található. Orvosi segítség feltétlenül kívánatos minden esetben, ha életrekléti eljárás szükséges. Ha a fürdő hőmérsékletét tartani tudják forró víz állandó hozzáadásával, a test hőmérséklete nemsokára emelkedik, ez megindítja a normál szív működést. Az élesztési kísérletek eredménye a baleseti hipotermia alatt bizonyos fokig kérdéses, ha nincs egyidejűleg felmelegítés is.

A gyors visszamelegítés problematikus, ha forró fürdő nem áll rendelkezésre. A lassú visszamelegítés ugyanis prolongálja a belső „továbbhűlési” időszakot és közben a szív működés vagy légzés megállhat. Ilyen lassú visszamelegítési módszerek (melegített palackkal, melegített takaróval, emberi test melegével, vagy a ruhának meleg vízzel való leöntésével) nagyon lehűlt testnél ezért sokszor már nem érik el a megfelelő eredményt.

Problémát jelenthet az erőltetett gyakorlatozás (mesterséges tornáztatás) az egyszerű hipotermiát szenvedett egyéneknél. Bár nincs bizonyítva a baleseti hipotermia alatt, de indokolt a következtetés a klinikai hipotermiánál tapasztaltak alapján, hogy az erőltetett gyakorlat, amikor az egyén felájult, szív-zavarokat eredményezhet. Ezért a beteget nem szabad erőltetni, vagy menni hagyni, hanem vinni kell és vízszintes helyzetben kell tartani.

### *A testhőmérséklet lehetséges alakulása*

Bár nem lehetett méréseket végezni, tanulságos lehet az ismertett három halálesetre egy feltételezett hőmérsékleti görbe leírását megkísérlni. Itt azt tételezzük fel, hogy a hideg nemcsak fontos tényező volt a halál bekövetkezésében, hanem a közvetlen oka is volt. Ha egyéb tényező nem játszott volna közre, a testhőmérséklet sémája a 3. ábrához hasonlítana.

Feltételezhető, hogy mindhárom barlangkutató kb. 37,2 °C-os belső hőmérséklettel lépett a barlangba. Az első óra végén az 1. áldozat átázott, és mivel könnyen volt öltözve, hőmérséklete valószínűleg 1 vagy 2 fokot esett, azonban az átázást követő egy—másfél óra elteltével még nem fázott túlságosan és saját lábán tudott járni. Fel kell azonban tételezni, hogy hőmérséklete rohamosan csökkent. Röviddel ezután a bejárati aknáknál a kb. 6 °C-os vízben másodszor is

átázott se nem tudott kimászni. Egy órával később, amikor segítség érkezett, meghalt, és feltételezhető, hogy hőmérséklete  $26,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  vagy kissé alacsonyabb volt. Hőmérsékletsüllyedése az utolsó órában valószínűleg nagyon erős volt, ami a ráömlő hideg víz következménye volt.

A 2. esetben a halál 9 órával a barlangba lépés után állt be. Ha feltételezzük, hogy a halál a  $26,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál következett be, és hogy a hőmérséklet-esés párhuzamos az ismert másik esettel, a  $7\frac{1}{2}$  óra elteltével bekövetkezett eszméletlenségnél a hőmérséklet  $32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  lehetett. A hőcsökkenés sémáját e fölött a pont fölött nehéz megbecsülni, mivel az vagy lassan süllyedhetett az első óráktól, vagy magas értéken maradt néhány órán át, és azután hirtelen csökkent az expozíció mértékétől és aktivitásától függően.

A 3. esetben feltételezhető, hogy az áldozat belső hőmérséklete viszonylag magas szinten maradt az első öt órában, addig az ideig, amíg végrehajtotta a rappelezést egy üregbe és átereszkedett a kötélről az akna közepébe. Ekkor nyilván átázott a vizesestől és hőmérséklete valószínűleg hirtelen süllyedt. Egy félórával később újból átázott és 30 percen belül eszméletlen lett. A halál valószínűleg az ájulás kezdetétől számított 1 órán belül következett be.

### Analízis

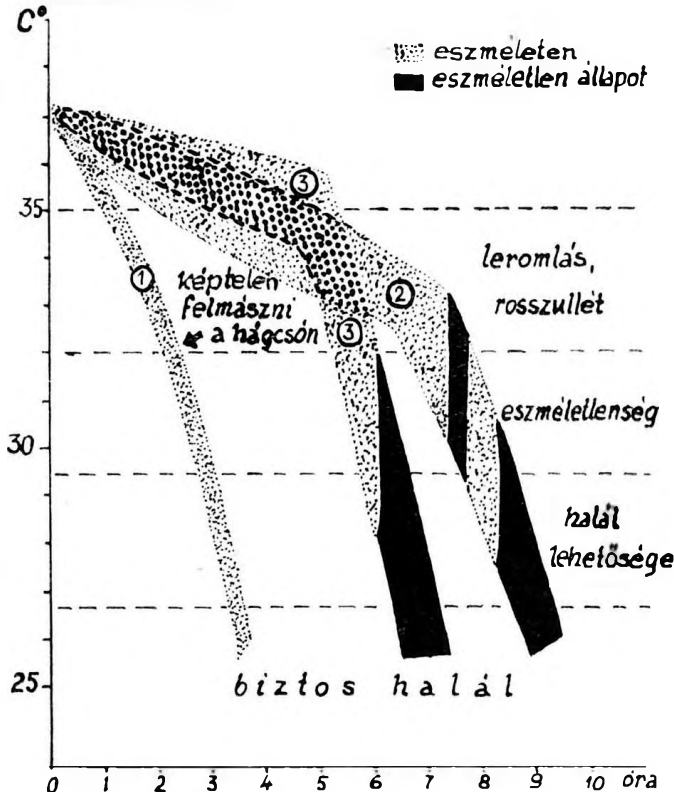
Kis testalkat, mérsékelt energia és könnyű öltözet voltak az adottságok az első két esetben. Biztos, hogy a téli barlangozás, különösen ahol víz is előfordul, nem megfelelő terep vékony, törékeny egyéneknek, vagy kezdőknek.

Az anyagcsereigény igen magas lehet egy barlangkutatónál, nagy a test hővesztése. Tekintélyes mennyiségű energiát fogyaszt már a „borzongás” is, amikor a kutató ruhája nedves. Ugyanakkor gyakran megtörténik, hogy nem ettek vagy pihentek eleget az utolsó 12 vagy 24 órában, idő hiányában vagy egy rohanó hétvégi kirándulás túlzott lelkesedésétől. Lehetséges, hogy ha valami ételmet fogyasztottak volna a hidegnek való többszöri kitétel idején, vagy ha kiadós ebédet ettek volna, mindhárom barlangkutató jobb kondícióban lett volna. Azonban van egy pont, amelyen túl már az élelem nem tud segíteni számottevően.

A három kutató gyors rosszulletének másik tényezője a fej és nyakrészek körüli gyors vízmozgás. Az áramló víz gyorsabb hűtőhatásától eltekintve, különösen érzékeny a nyakszirt és a fej. Ha az egyén nagyon hideg vízbe merült, úgy, hogy a fejéből és a nyaka is víz alatt volt, az orvosi halottkémlés az érrendszerből a koponyaüregbe való nagymennyiségű vér átvándorlását találta, amely hozzájárul a halálhoz.

Utólag mindig könnyű okosnak lenni. Foglajunk össze néhány tanulságot az esetekből. Az első áldozatnál nem tudható, hogy a létrára való felmászás a hidegtől előállt rosszullet miatt nem sikerült, vagy annak a gyakorlat hiánya, ill. a gyenge (női) karizmok voltak-e az okai. Mikor azt látták, hogy külső segítség szükséges, ki kellett volna támogatni a barlangból, és társainak ruhát kellett volna átad-

### Belső testhőmérséklet



3. ábra. A baleseti hipotermia következtében meghalt három személy testhőmérsékletének feltételezett alakulása az idő függvényében a barlangba való belépéstől a halál beálltáig.

niok számára. Ilyen helyzetben már egy vékony plasztik takaró is sokat számít, mert csökkenti a párologás okozta hűlést és egy kis, ételmelegítéshez használt főző, amelyet a test közelébe helyeznek, még segíthetett volna. Arra is ösztönözni kellett volna, hogy valamit egyék.

Miután a mentőcsapat megérkezett, semmi további szükség-mentést nem kíséreltek meg, mivel a nő halottnak látszott. Ez hiba volt, mivel sok ember ebből az állapotból visszamelegítéssel feléleszthető. A vizes öltözetet el kellett volna távolítani, meleg pokrócba kellett volna beburkolni, hordágyon gondosan és sürgősen olyan helyre kellett volna vinni, ahol gyorsan vissza lehetett volna melegíteni.

Nincs világos bizonyíték arra, hogy a nő (vagy férfi) önmagában befolyásolná a zord hidegnek való kitétel átvészelési esélyét, ámbar a nők nagyobb bőr alatti zsírrétegére alapozva, az ő türemsük nagyobb kell hogy legyen. A nők hideg iránti nagyobb érzékenységének és kisebb bőr-hőmérsékletüknek az oka részben a bőr alatti zsírréteg védő hatása, amely megakadályozza a belső hő bőr felé áramlását.

A második esetben nagyon valószínű, hogy a rosszullet első jele az üregből való kimászás sikertelensége volt. Biztos, hogy a beteg eszméletlensége

már erős figyelmeztetést jelentett. Nyugalmat kellett volna biztosítani számára, és ki kellett volna vinni a barlangból. Ha hordágy nem volt kéznél, meg kellett volna kísérlni a felmelegítést a barlangban ruhákkal, élelemmel és kis forralóval.

A harmadik esetben nagyon keveset lehetett volna tenni. Mindenesetre gyorsan ki kellett volna húzni a férfit a vizeséből az üreg földjére, de kétséges, hogy az megmentette volna-e az életét, mivel a test hűlése tovább folytatódott volna a nedves ruházat párolgása és a sziklával való érintkezés következtében. Az eszméletlenség igen gyorsan bekövetkezett a baj első jelei után, és társainak a helyi alkalmi mentő csoporttal együtt nem volt erejük vagy szakértelmük, hogy kihúzzák őt. Mire a megfelelő mentőosztag megérkezett, sok idő telt el, s ő már régóta halott volt. *Ez az eset komoly figyelmeztetés, hogy energikus és gyakorlott barlangkutató is elpusztulhat a hidegtől, ha nincs kellően védve, és nincsenek megfelelő társai.*

A hidegnek egy másik hatása, amely hozzájárult a bajba került barlangkutató tragédiájához, a kézügyesség rosszabbodása volt. A cikkben eltekintünk ennek a tényezőnek részletes vizsgálatától, azonban közismert, hogy az ujjak megmerevednek, elszibbadnak és érzéketlenné válnak a hideg hatására. A kézügyességet a 12,8—18,3 C° bőrhőmérséklet már rontja. A 15,3 C° alatti ujj-hőmérsékletnél a kézmozdulatok nehezednek, 14,4 C°-nál ez a rosszabbodás tekintélyes, 10 C°-os ujj-hőmérsékletnél szibbadás és az érzékenység csökkenése áll be, a csomó-kötés képessége 25%-kal romlik és a maroklás szorossága 50%-kal csökken. A romlás nagyságát azonban a hideghatás hossza is befolyásolja. A hosszabb expozíció nagyobb mértékű romlással jár, amely az ujjakba való nagyobb hidegbehatolás következménye. A kézügyesség rosszabbodása a harmadik esetben a pruszikcsomóval való bajlódásnál jelentkezett, de nem állítható, hogy az egész test hipotermiája okozta-e a kézügyesség elvesztését, vagy viszont.

#### *A ruházat nyújtotta védelem*

A hidegben való veszélytelen tartózkodás időtartamának, a viselendő ruházat mennyiségének kiszámítására nem szerkeszthető grafikon az egyének közötti nagy fiziológiai és morfológiai különbözőségek miatt. A védelem nagysága csak akkor határozható meg, ha a hideg-hatás feltételei konstansak (ilyen: a vízbe való merülés). Magától értetődik, hogy vízbe merüléskor különös tekintettel kell lenni a megfelelő védelemre. Sok barlangász volt már kitéve víz hatásának a barlangban különleges védőöltözet nélkül, és túlélte, de valószínűleg nem volt nagy az expozíció mértéke. Az elmúlt években több téli barlangozásnál számos expozíció közeljárt a halálos mértékűhöz. Például egyik barlangász a barlangbejáráshoz kiérve, úgy legyengült és a lába olyan merev volt, hogy csak kúszni tudott a menedékhelyhez.

A fiatal kutató a barlangba általában mérsékeltén könnyű öltözetben lép be. Idővel még ez is na-

gyon nehéz, mikor száraz barlangban 10 C°-on megérettően mozog, ahol a légmozgás is kicsi. Ha az ilyen könnyű ruházat nedves lesz, a hűlés meggyorsul a párolgás következtében, és ritkán van alkalma a barlangásznak, hogy ezután kényelmesen leüljön pihenni. Ez még nem jelent komoly következményeket egy kitűnő fizikai kondícióban levő egyén részére, amíg energiája tart, de kényszerű tétlenség alatt, (mint visszamaradás, vagy hosszas várakozás valakire) komoly testlehűlést eredményezhet.

A legjobb védelem a hideg víz ellen a habgumi öltöny. Egy 2,5—10 cm vastag habgumi öltöny ésszerű, megfelelő védelmet nyújt vízben. Ilyen öltöny a barlangban csak alkalmilag viselhető, mert sok hátránya is van, amelyek szélesebbkörű használatát gátolják. Hátrányai: nagy súlyuk és az, hogy a barlang szűkületeiben az éles sziklákön könnyen szétszakadhat, ezenkívül nincs szellőzése, beleizzad a viselője. Áruk is viszonylag magas. Mivel ilyen öltöny nem áll mindig rendelkezésre, a következő legjobb védelem váltakozó vízhatás ellen a gyapjú- vagy műszálas ruházat viselése egy külső, vízhatlan réteg alatt. Mivel ez is csaknem teljesen párolgásgátló, az ilyen jól záró külső öltöny vízben csökkenti a ruha alatt a konvektív áramlás okozta lehűlést, míg levegőben a párolgás okozta hűlést csökkenti. Egy ilyen külső öltöny hasznosságát, amelyet „anti-expozíciós” öltönynek hívnak, nem régen a tengerben való életbenmaradáskor bizonyították be.

Fordította és kivonatossan ismertette:

*Balázsné Sprincz Vilma*

---

## MAGYARORSZÁG LEGMÉLYEBB BARLANGJAI

(1968. dec. 31-i állapot)

1. István-lápai-barlang (Bükk)	kb. 240 m
2. Létrás-tetői-barlang (Bükk)	166 m
3. Meteor-barlang (Aggteleki-karszt)	kb. 150 m
4. Pénz-pataki-víznyelőbarlang (Bükk)	kb. 130 m
5. Baradla-Domica-barlangrendszer (Aggteleki-karszt)	116 m
6. Jávor-kúti-víznyelőbarlang (Bükk)	kb. 115 m
7. Kis-kőháti-zsomboly (Bükk)	110 m
8. Mátyás-hegyi-barlang (Budai-hegység)	106 m
9. Almási-zsomboly (Aggteleki-karszt)	93 m
10. Nagy-kömáza-völgyi-barlang (Bükk)	93 m
11. Szeleta-zsomboly (Bükk)	90 m
12. Vecsembükki-zsomboly (Aggteleki-karszt)	83 m
13. Bolhási-víznyelőbarlang (Bükk)	80 m
14. Szabó-pallagi-zsomboly (Aggteleki-karszt)	76 m

*Dr. Dénes György*