

a denevérek téli álma

A tél elől — tudjuk — számos madár kedvezőbb égtájakra vándorol, az emlősök közül pedig többen álomban, pontosabban *alvás*ban vészeli át ezt a kedvezőtlen időszakot. Téli álmot alszik a *mókus*, a *pele*, a *mormota*, az *úrge*, a *sün* stb., és így tölti a hideg hónapokat a *denevér* is. Minthogy az emlősállatoknak ez a viselkedése a kutatók számára még sok rejtélyt tartogat, talán érdekes lesz összefoglalni az *Umschau* című folyóirat nyomán dr. Erwin Kulzernak, a tübingeni egyetem állattani professzorának a denevérek téli álmával kapcsolatos legújabb vizsgálati eredményeit. Már csak azért is érdemes erről szólnunk, mert a téli álomnak e sajátosságait *valamennyi* téli álmot alvó állat esetében megtaláljuk.

Barlangokban, alagutakban, faodúokban

A denevérek minden évben az őszi hónapokban (szeptembertől novemberig) megkeresik a téli álmukhoz megfelelő helyet. Némelyek a nyári tartózkodási helyüktől 10 km-es körzeten belül találják meg ezt, más fajok azonban 500, sőt több

mint 1000 km-t is repülnek téli szállásukig. A téli álomra a barlangoknak és egyéb üregeknek (bányatáróknak, alagutaknak, faodúknak) a mélyebb részei a legkedvezőbbek. Ott ugyanis a hőmérséklet tulajdonképpen *állandó*: csupán alig néhány tizedfoknyi ingadozásban érezhetők a külső hőmérséklet változásai. A denevérek mindig a *legnagyobb páratartalmú* helyeket választják ki alvásukhoz, így nem fenyegeti őket a kiszáradás veszélye.

A téli álomra való felkészülés már tavasszal megkezdődik. A tavaszi és a nyári időszakban, amikor a rovarok révén bő táplálékhoz jutnak, súlyuk rohamosan növekszik. Ősre testük 30 százaléka *zsír*-ből áll. Ez az a *raktározott energiaforrás*, amelyet az állatok a téli álom idején felhasználnak.

Már régen megfigyelték, hogy a denevérek bizonyos időközönként *megszakitják* a téli álmukat, sőt gyakran a helyüket is változtatják, noha környezetükben nem történik semmiféle változás. E viselkedésüknek az okát még ma sem ismerjük pontosan. Úgy tetszik, hogy időszakos felébredéseiket valamiféle „*belső órájuk*” szabályozza. Laboratóriumi kísérletek eredménye szerint általában 30 napos alvási időszakokat tartanak, de kivételes esetekben 80 napos periódust is észleltek. Előfordul azonban az is, hogy néhány naponként felébrednek. Az ébrenlét mindössze *néhány óráig* tart.



Téli álom idején az *életfolyamatok* egészen különös módon megváltoznak. Ez így van — természetesen értékbeli különbségekkel — valamennyi téli álmat alvó állatban. A legszembetűnőbb az, hogy *testhőmérsékletük és a percenkénti légzésüknek a száma tartósan rendkívül alacsony értékre csökken.*

A fagyponthoz körül

A téli álom beálltának és a testhőmérsékletnek a kapcsolatát laboratóriumi kísérletekkel vizsgálták. Elalvaskor a testhőmérséklet csak lassan, percenként mindössze egy-két tized fokkal csökken, majd meggyorsulva a *környezet hőmérsékletével nagyjából egyenlővé válik.* Egy nyugat-németországi barlangban, ahol a lég hőmérséklet 4,5 C-fok volt, a denevér (*Myotis myotis*) testhőmérséklete 5,1 C-fokot mutatott. De ennél még alacsonyabbra is csökkenhet a testhőmérséklete: minden károsodás nélkül megközelítheti a *fagyponthoz* is.

Az állat *felébredésekor* nagyon gyors

a fölmelegedés: az előbbi denevér hőmérséklete az ébresztéstől számított 70 pert alatt — előbb lassan, majd egyre növekvő gyorsasággal — 38 C-fokra emelkedett. A denevéreknek az ébredési hőmérséklet eléréséhez nincs szükségük a környezet melegére, azt teljes egészében *saját maguk* termelik meg. A felébredéshez szükséges idő az állat *energiatartalékától* és a környezetnek, illetőleg a testnek a *hőmérsékletétől* függ. Minél nagyobb az állat testhőmérséklete, annál hamarabb éri el az ébredési hőmérsékletet.

Elalvaskor a testhőmérséklettel együtt csökken a *lélegzetvételek száma és mélysége* is. Egyre hosszabbodó légzési szünetek állnak be. A szünetek után lökészerűen, gyors egymásutánban következő lélegzetvételek következnek. A mély téli álomban a denevérek — hasonlóan a többi téli álmat alvóhoz — teljesen *életlennek* látszanak, légzési szüneteik egy óráig is eltarthatnak.

Ha a denevért felébresztik, a légvételek sűrűsége a testhőmérséklet emelkedésével *együtt* növekszik, és még a teljes felébredés előtt eléri a tetőpontját.

Balra: Téli álmodó hegyes orrú denevérek. Lábukkal a sziklába kapaszkodva, fejükkel lefelé lógva alszanak. (Mészáros Ferencnek fényképpályázatunkra beküldött felvétele)

a denevérek téli álma

Jobbra fent: Ha a denevért megzavarják téli álmában, és leesik onnan, ahol kapaszkodott: szárnyait rögtön kiterjeszti, csökkentve ezzel a zuhanás sebességét...

...és lábaival fogódzó mozgásokat végezve még akkor is új kapaszkodási lehetőségeket keres, amikor hátára esve földet ér. Védekezésként mindvégig tágra nyitja a száját, és rikácsoló hangokat hallat (jobbra lent)



Utána egy alacsonyabb, állandó szintre áll be.

Persze a téli álomban a testhőmérsékletnek és a légzésnek a csökkenését a szervezet többi folyamatának lelassulása is követi. A denevér vérében a *fehér* és a *vörös vértestek* száma ilyenkor mintegy 35–50 százalékkal csökken, s a vér színe sokkal világosabb, mint az ébren levő denevérekben. Feltűnően nagy ez a színbeli változás a lépen, amelynek egyúttal jelentős *növekedése* is megfigyelhető. Egy észak-amerikai denevérfajon (*Myotis sodalis*) a lép súlyának 500 százalékos gyarapodását tapasztalták. A lép tehát a *téli álom ideje alatt vértárolóként működik*; belőle az ébredés folyamata alatt a vér gyorsan eljut a vérkeringésbe. Már az ébredés kezdetekor észrevehető a vér színének változása és a lép kisebbedése.

Egy másik denevérfajban (*Myotis daubentonii*) vértárolóként nem a lép, hanem a testben levő tágas *venák* szolgálnak. Ezekben „áll készenlétben” a vér az ébredésig.

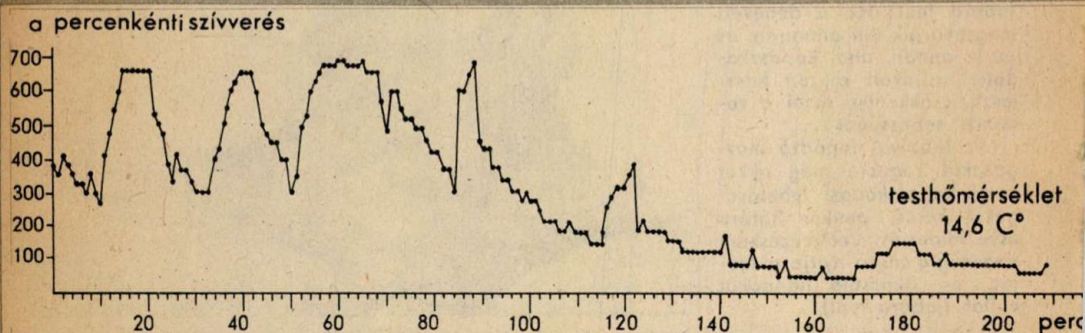
A vérkeringés csökkenése legjobban a *szívműködés* vizsgálata révén figyelhető

meg. Az egérfülű denevérek (*Myotis* genus) szíve ébrenléti állapotban 600–800-at ver percenként. Elalváskor ez az érték *lépcsőzetesen* csökken: időnként hirtelen megemelkedik, utána még mélyebbre süllyed. A szívműködés mintegy három óra múlva éri el a legalacsonyabb értékét (percenként 15–20 szívverés), és ezen a szinten kisebb-nagyobb kilengésekkel állandósul.

Felébredéskor a szívre nagy feladat hárul. A mesterséges fölébresztés után a szívműködés ugrásszerűen megemelkedik, még *mielőtt* a testhőmérséklet emelkedése észlelhető volna. A gyors szívműködés termelte hő a szívben fölmelegedett vérral először a felébredés folyamatában fontos szerepű szervekhez jut el.

Csupán 100 milligramm

Az életfolyamatok lelassulásának következtében elképesztő mértékben csökken a téli álmodó állatok *anyagcseréje*. Ez a csökkenés teszi igazán nyilvánvalóvá, hogy *mennyire előnyös* ez az al-



vási állapot mostoha körülmények között. Az ébren levő denevér óránként és testsúlygrammonként 4 köbcentiméter oxigént lélegzik be, ellenben a téli álom alatt, 2 C-fok hőmérsékleten ez az érték 0,03 köbcentiméterre süllyed. (A szervezet anyagcseréjének erősségét az oxigénfelhasználás és a széndioxid-képződés mértéke jellemzi.) A hőmérséklet további csökkenésekor, például 0,5 C-fokon azonban az anyagcsere ismét a négyszeresére emelkedik; az ezáltal termelt hő-többlettel védekezik az állat szervezete a lehűlés, illetőleg a megfagyás ellen.

A csökkent anyagcsere következtében a téli álom alatt a súlyvesztés is csekély: mintegy napi 100 milligramm. Így érthető, hogy a nyáron gyűjtött energiatartalék a téli álom végéig kitart.

A denevér ennek az energiatartaléknak körülbelül az egy harmadát a folyamatos álom időszaka alatt használja el, két harmadát pedig az időszakos felébredésekre. Ezért akkor, amikor a rendszerint többször felébresztenek egy denevért, energiatartaléka elfogy. Táplálékutánpótlás hiányában saját erejéből fölmelegedni többé nem tud — tehát elpusztul.

A denevér a felébredéskor testhőmérsékletének jelentős mértékű (5 C-fokról 38 C-fokra való) emeléséhez szükséges hőmennyiség java részét az úgynevezett barna zsírszövet oxidálásával hozza létre. A barna zsírszövet — jelentőségét csak a legutóbbi években fedezték föl! — a nyári hónapokban alakul ki. A téli álom kezdetére a nyak- és a tarkótájékon veszi körül, valamint a lapockák közé ágyazódik be. Ma már bebizonyított tény, hogy ez a szövet az erős kémiai hőképzésnek egyik forrása. A fölmelegedéshez szükséges hőnek mintegy 50 százalékát a barna zsírszövet, a többit a szív- és a vázizomzat termeli.

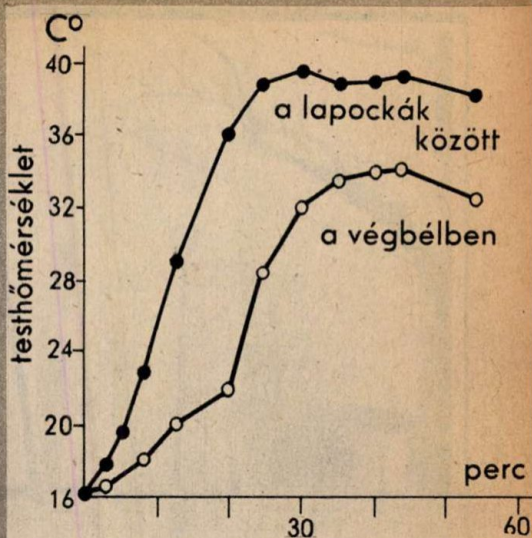
Vizsgálatot végeztek a korai denevérral (*Nyctalus noctula*), és azt tapasztalták, hogy az ébresztés után 20 perccel a nyakán és a végbelében mért hőmérséklet között 14 C-fok különbség volt. Először tehát az életfolyamatok szabályozásának fontos szervei — a fej- és a mell-tájékon — melegednek föl, a test többi része csak később melegszik fel.

Ha a denevéreknek a téli időszakot ébren kellene tölteniük, a téli álom alatt termelt hőnek a százszorosát kellene elő-

A denevér lélegzetvételeinek száma az elalvásakor. A legfelső vonal azt mutatja, hogy a még ébren lévő denevérnek megközelítőleg szabályos a légzése. Az alatta lévő sorokban látjuk, hogy az elalvással egyidejűleg egyre nagyobb szünetek állnak be a légzésben, és a szüneteket néhány gyors lélegzetvétel követi. (A legalsó sor az időt mutatja ötperces beosztásban)

a denevérek téli álma

A denevér szívverésének csökkenése 10 C-fokos környezetben való elalvásakor. A percnként 600-at is meghaladó szívveréseknek a száma elalvásakor lépcsőzetesen csökken: 160 perc alatt 60 körüli értékre. (Ekkor 14,6 C-fok az állat testhőmérséklete)



A korai denevér (*Nyctalus noctula*) testhőmérsékletének emelkedése a fölébredéskor. Az emelkedés a lapockák között, azaz a test elülső részén (ahol az életfolyamatok szabályozásának fontos szervei vannak) gyorsabb, mint másutt

állítaniuk. Az ehhez szükséges táplálék-mennyiség azonban télen nem áll a rendelkezésükre. Ehhez a körülményhez szervezetük az energiaháztartás megváltoztatását előidéző téli álommal alkalmazkodik.

Mi a „felelős”?

Noha a téli álomnak sok fontos részletére fény derült, egy lényegbevágó kérdés még mindig megoldatlan: mi a „felelős”, azaz mi irányítja, szabályozza az életfolyamatoknak, a szervezet egész anyagcseréjének a téli álommal járó különös csökkenését?

Mínthogy az anyagcsere-folyamatok szervezésében alapvető szerepet töltenek be a *hormont termelő belső elválasztású mirigyek*, sokáig bennük látták ezt a „felelőt”. Különféle föltevések születtek, amelyek — bizonyos tények alapján — például a *hipofízisnek*, máskor a *pajzsmirigynak* vagy a *mellékvesének* a csökkent működésében, a téli álom alatti visszafejlődésében látták az okot. A tüzetesebb vizsgálatok azonban kiderítették, hogy

ezek az elképzelések *tévesek*, jöllehet az előbbi változásoknak van szerepük — ha nem is elsődleges szerepük — a téli álom létrejöttében.

Egyértelműbb eredményeket kaptak a *hasnyálmirigy* belső elválasztású sejtjeinek, az úgynevezett *Langerhans-féle szigeteknek* a vizsgálata során. Ezek az *inzulint* termelő sejtek fokozottan működnek a téli álom idején; és az *inzulin* *meszterséges* *adagolásával* létre is lehet hozni, sőt hosszabb időn át tartani is lehet az *alvás állapotát*.

Az utóbbi évek vizsgálatai bizonyították be azt is, hogy a téli álom a *központi idegrendszer* állandó ellenőrzése alatt megy végbe. Az alvás idején ugyan az agy sejtjeinek mintegy 90 százaléka nem működik, a maradék 10 százalék azonban elegendő az ellenőrzés fenntartásához.

Az eddigi eredmények alapján úgy tesszük: a téli álom sokkal összetettebb állapot, hogysem azt egyetlen szerv kizárólagosan meghatározná. Létrejöttéhez valószínűleg számos *külső* (környezeti) és *belső* tényezőnek az *együttes* — *egyidejű* és egymással meghatározott *összhangban* levő — *érvényesülésére* van szükség.