

OXIGÉNELLÁTOTSÁG, MINT A TAVI KAGYLÓ (*ANODONTA CYGNEA* L.) AKTIVITÁSI RITMUSÁNAK SAJÁTOS REGULÁTORA

SALÁNKI JÁNOS

Érkezett: 1964. február 5-én

Az élővilágban általánosan előforduló periodicitás változatos módon nyilvánul meg a különböző kagylófajoknál is. Vizsgálatokat elsősorban tengeri lamellibranchiátákon végeztek. Megfigyelhető ritmikus aktivitás a táplálkozásban (NELSON 1923, ORTON 1929), a filtrációs működésben (BROWN 1954, RAO 1954), O_2 -fogyasztásban (GOMPEL 1937), valamint a mozgási aktivitásban (GALTSOFF 1928, LOOSANOFF 1958) és feltehetően egyéb funkciókban is. Édesvízi kagylóknál leginkább a héjmozgás, vagyis a záróizomműködés periodicitása vonja magára a figyelmet (BARNES 1955, ZIKSZ és BOGDANOV 1956, KOSHTOYANTS és SALÁNKI 1958).

A periodikus aktivitás szabályozásában tengeri kagylók esetében a megvilágítás és t° napszakos változása, az apály—dagály és a közvetlen környezeti faktorok ritmikus váltakozása játssza a döntő szerepet, ill. ezen tényezők periodicitásával esik egybe az aktivitásváltozás.

Bizonyosfokú napszakos ingadozást tavi kagyló (*Anodonta cygnea*) ritmikus aktivitásában és aktivitásának periodicitásában is sikerült kimutatni laboratóriumi körülmények között (SALÁNKI 1964). A napszakos ingadozás azonban nem jellegzetes, és mértéke nem jelentős, csak nagy anyagon végzett átlagértékszámítás kapcsán tűnik ki. A záróizomműködés csak statisztikusan mutat fokozott aktivitást a délelőtti órákban, egyébként azok órákon át tartó tónusos kontrakciója (nyugalmi állapot) és ugyancsak órákon át tartó, gyakori gyors összehúzódásokat és ernyedéseket mutató aktív állapota a nap különböző időszakában meglehetősen nagy szabályossággal követi egymást.

A környezeti faktorok ritmikus váltakozásával való szoros összefüggés hiánya felveti azt a kérdést, hogy a kagyló ezen biológiai ritmusának, a periodikus aktivitásnak a szabályozása más alapokon nyugszik, mint amit a napi, apály—dagály és egyéb ritmusok esetében feltételeznek, ill. kimutattak (BÜNNING 1958, LOBASOV és SZAVVATYEJEV 1959).

BARNES (1955) vizsgálatai során azt találta, hogy az *Anodontán* megfigyelhető periodikus aktivitás nemcsak napszakos változásokkal nincs összefüggésben, de független a környező folyadék táplálék- és O_2 -ellátottságától, valamint CO_2 és más anyagcseretermék tartalmától. Ezzel szemben korábbi vizsgálataink során (KOSHTOYANTS és SALÁNKI 1958, SALÁNKI 1960a) kimutattuk, hogy bizonyos kémiai anyagokkal, különösen KCl-lal és SH gátlókkal

az *Anodonta* periodikus aktivitását szinte tetszés szerint lehet befolyásolni. Mind a KCl, mind pedig SH gátlók jelentékenyen növelik a periodikusan fellépő nyugalmi szakasznak az időegység alatti számát, vagyis egy-egy megszakítatlan aktivitási periódus jelentékenyen megrövidül, s az időegységre eső összaktivitás is jelentősen csökken. Ezek az eredmények tehát azt mutatták, hogy az *Anodonta* periodikus aktivitását külső faktorokkal befolyásolni lehet, s további vizsgálatok arra utaltak, hogy a hatások a periférián elhelyezkedő receptorok közreműködésével jutnak érvényre (SALÁNKI 1961a, b, c). Vizsgálva a KCl és SH gátlók hatásának kivédhetőségét, arra a következtetésre kell jutni, hogy a periodikus aktivitás befolyásolásában feltehetően az aerob légzési feltételek károsítása, ill. optimálissá tétele játszik szerepet (SALÁNKI 1960b).

Ez viszont nemcsak kritikussá teszi azt a megállapítást, hogy az O_2 -ellátottságtól nem függ a periodikus aktivitás, hanem éppenséggel azt a feltételezést engedi meg, hogy a periodikus aktivitás szabályozásában élettani körülmények között elsősorban az O_2 -ellátottság játszik vezető szerepet.

A ritmusszabályozás alapja azonban ez esetben nem a szabályozó faktor, vagyis az O_2 -ellátottság oszcillációja lenne, hanem annak tartós, konstans értékei egy sajátos belső mechanizmus útján befolyásolnák a periodikus aktivitás alakulását.

Jelen vizsgálatok annak megismerésére irányultak, hogy az állatot körülvevő víz O_2 -tartalma hogyan befolyásolja az *Anodonta* periodikus aktivitását, s hogy a hypoxiás légzési feltételek milyen változásokat idéznek elő a záróizomműködésben, ill. továbbmenve az állat anyagcserefolyamataiban.

Módszer

Vizsgálatainkhoz *Anodonta cygnea* — előzetesen heteken át akváriumban tartott — 12—15 cm nagyságú példányait használtuk. Az aktivitás regisztrálását tintairós kagyló-aktográffal (SALÁNKI—BALLA 1964) végeztük, mely napokon át tartó folyamatos megfigyelést tett lehetővé. A vizsgált állatokat külön-külön edényben, egyenként 2.5—3 l vízben tartottuk, s azokat nem tápláltuk.

A víz O_2 -tartalmát a rendszeresen vett mintákból WINKLER-féle módszerrel határoztuk meg minden reggel 8 órakor. A víz O_2 -tartalmát a víz áramoltatásával, ill. levegőbuborékolatással tudtuk növelni. Az oldott- O_2 mennyiségének csökkentését a víz forralásával végeztük, s légmentesen zárt térben történt hűtés után vittük a kísérleti állatot tartó edénybe.

Kísérleteink egy részében, annak meggátlására, hogy a víz oldott- O_2 tartalma a környező levegőből ne egészülhessen ki forralt víz adása vagy az állat által történt fogyasztás után, a víz fölé neutrális parafinolajat rétegeztünk.

A szövetek tejsavtartalmának meghatározására a paraoxidifeniles mikromódszert alkalmaztuk. A meghatározásokat záróizomból, kopoltyúból, köpenyből és a köpeny szifó körüli fotoszenzibilis részéből végeztük el. A kémiai vizsgálathoz az egyik oldali szervet, ill. izom esetében annak egyik felét használtuk fel, a másik oldali szerv, ill. az izom másik fele a szárazanyagtartalom meghatározására szolgált.

Eredmények

A periodikus aktivitás és a víz O₂-tartalmának összefüggése.

Azok az állatok, melyek jó oxigénellátottságú, 12–15° C hőmérsékletű folyóvízben vannak elhelyezve, rendszerint rendkívül aktívak. Ez azt jelenti, hogy a napi 24 órából 18–22 órán keresztül aktív, nyitott állapotban vannak, a tartós zárás legfeljebb napi 2–6 órát tesz ki. Ezekben az esetekben nyitott állapotból zártba, ill. a tartós zárásból aktivitásba való átmenet („váltás”) naponként általában legfeljebb 1–2 esetben fordul elő. Ennek példáját mutatja az 1. ábra. Látható, hogy a 24 órára eső aktivitás az 1. sz. állatnál 23, a 2. számúnál 22, a 3. számúnál 24 óra, a váltások száma az 1. sz. állatnál 1, a 2. számúnál 3, a 3. számúnál 0. A kísérleti állatok O₂-fogyasztása ilyen körülmények mellett meglehetősen alacsony volt, 100 g nedves testsúlyra számítva 16–18 °C-on óránként 0,6–1,6 mg-nak adódott.

A vizsgálatok során egyidejűleg, azonos feltételek mellett 5 állat aktivitását regisztráltuk. Egyik esetben az egymást követő napokon a kísérleti feltételeket a következőképpen változtattuk:

24 órán keresztül víz és levegő áramoltatásával optimális feltételeket biztosítottunk,

a második 24 óra alatt a vízcserét fenntartottuk, de a levegőztetést megszüntettük,

a harmadik 24 óra alatt a vízcseré is szünetelt,

a negyedik napon a 3. napnak,

az ötödiken a 2. napnak,

a hatodikon pedig az 1. napnak megfelelő feltételeket biztosítottuk.

Egyidejűleg a hőmérsékletet is figyelembe vettük, ami a víz szabad O₂-tartalmára ugyancsak befolyással van. A kapott eredményeket a 2. ábra mutatja.

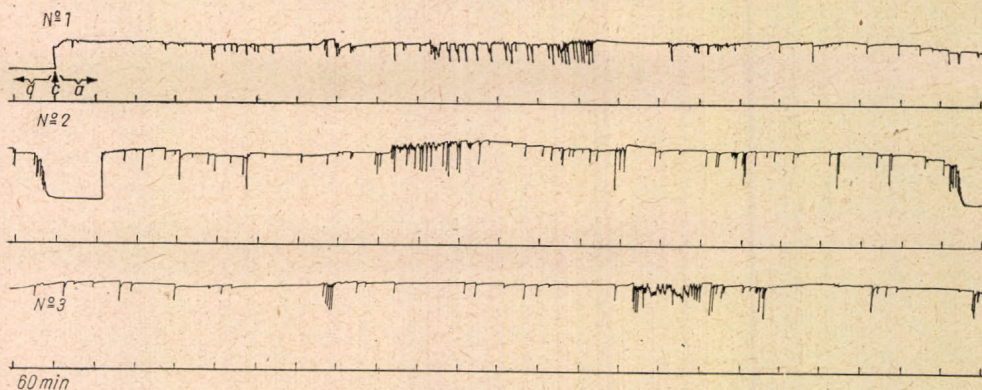
Az ábrán — mely öt állat összesített adatait mutatja — látható, hogy a víz O₂-tartalmának csökkenésével parallel csökken a 24 órára eső aktivitás. 9,24 mg/l O₂-tartalom mellett a napi átlagaktivitás 19,2 óra volt, s mikor az O₂-tartalom 5,6 mg/l-re csökkent, a napi átlagaktivitás is 8,7 órára esett.

Egyidejűleg a váltások számának növekedése volt megfigyelhető, ami a szélső értékeket véve alapul, ugyancsak kb. megkétszereződött. Az O₂-ellátottság javulásával ennek fordítottja állt elő.

A reggel 8 órakor mért vízhőmérséklet úgy alakult, hogy az az O₂ tenzióváltozást szerencsésen éppen a kísérlet során elérni kívánt módon befolyásolta. Ez azonban azt a problémát is felveti, hogy vajon nem a *t*^o-e az egyetlen, O₂-tartalomtól független faktor, mely a periodikus aktivitást befolyásolta. Az ezirányú kételyt teljesen eloszlatja az a második kísérletsorozat, ahol a hőmérséklet napokon át változatlan volt.

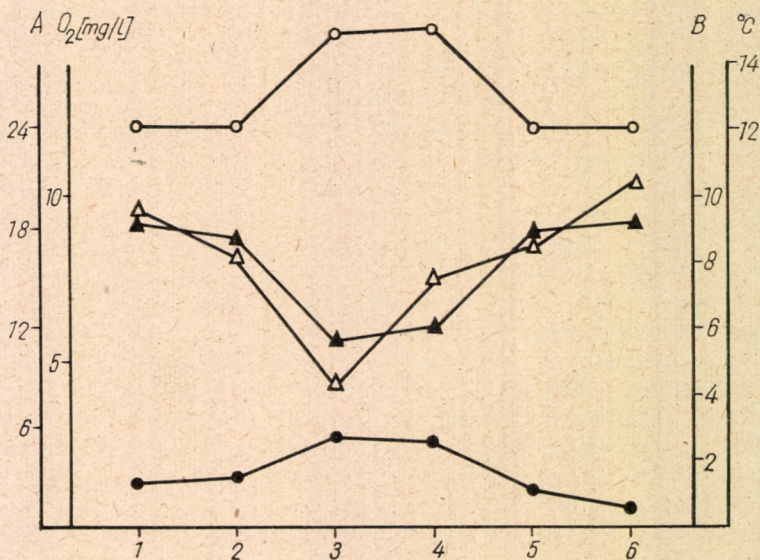
A második kísérletsorozatban az első 24 óra után nemcsak a vízcserét és levegőztetést szüntettük meg, de egyidejűleg a vízfelszínre neutrális paraffinolajat rétegeztünk, hogy az állat által fogyasztott O₂ légköri levegőből való pótlását megakadályozzuk.

Ezt követően 24 óránként vettünk vízmintákat O₂-meghatározáshoz 3 egymást követő napon át. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményét mutatja a 3. ábra. Látható, hogy az oldott-O₂ tartalom csökkenésével egyidejűleg csökken a 24 órára eső aktivitás, és lényegesen emelkedik az egy napra eső „váltások” száma. A vizsgálat ideje alatt a víz reggelenként mért hőmérséklete változatlan volt.



1. ábra. Optimális feltételek között tartott három *Anodonta* periodikus aktivitása. Időjelzés: 1 óra, „q” — nyugalmi állapot, „c” — váltás, „a” — aktív állapot

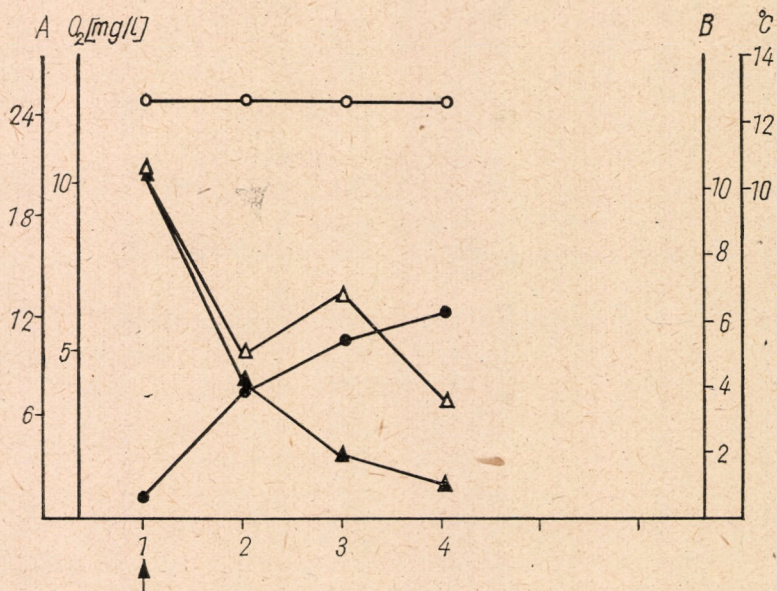
Fig. 1. The periodical activity of three *Anodonta* kept in optimum conditions. Time signal: 1 hour, „q” — state of rest, „c” — change, „a” — active condition



2. ábra. A periodikus aktivitás alakulása az O_2 -ellátottság változásakor. Magyarázat a szövegben. — Δ — Δ — Δ — aktivitás; — \blacktriangle — \blacktriangle — \blacktriangle — a víz O_2 -tartalma; — \bullet — \bullet — \bullet — zárások száma; o—o—o— víz hőmérséklet. Abszcissa: kísérleti napok. Ordináták: A = napi aktivitás időtartama (óra); B = Váltások száma

Fig. 2. The march of periodical activity at the change of O_2 supply. Explanation in the text. — Δ — Δ — Δ — activity; — \blacktriangle — \blacktriangle — \blacktriangle — O_2 contents of water; — \bullet — \bullet — \bullet — number of closures; o—o—o— water temperature. Abscissa: experimental days. Ordinates: A = period of daily activity (hours); B = Number of changes

Adott körülmények között természetesen arra is lehet gondolni, hogy a zárt folyadékterben káros anyagcseretermékek szaporodnak fel, és esetleg azok jelenléte idézi elő a periodikus aktivitás jellegzetes megváltozását. Ennek tisztázása céljából $\frac{1}{2}$ –1 liter O_2 -ben gazdag, friss vizet adtunk az állat tartására szolgáló edénybe. Más esetben oly módon jártunk el, hogy egyes edényekből 200–300 ccm-nyi vizet levettünk, azt O_2 -nel átáramoltattuk és visszajuttattuk az olajréteg alá. Az eredmény mindkét esetben azonos volt: az aktivitás — az O_2 -tartalomtól függően — hosszabb-rövidebb időre meghosszab-



3. ábra. A periodikus aktivitás alakulása hypoxiás viszonyok között. Magyarázat a szövegben. —△—△—△— aktivitás; —▲—▲— a víz O_2 -tartalma; ●—●—●— zárások száma; ○—○—○— víz hőmérséklet. Abszcissa: kísérleti napok. Ordináták: A = napi aktivitás időtartama (óra); B = váltások száma

Fig. 3. The march of periodical activity in hypoxic conditions. Explanation in the text. —△—△—△— activity; —▲—▲— O_2 contents of water; ●—●—●— number of closures; ○—○—○— water temperature. Abscissa: experimental days. Ordinates: A = period of daily activity (hours); B = number of changes

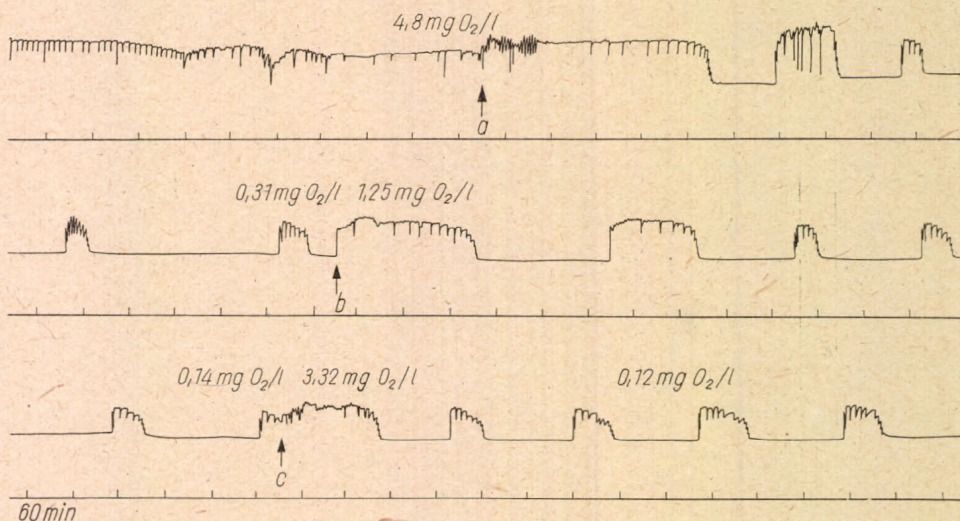
bodott (4. ábra), jöllehet az esetleges káros anyagcseretermékektől a víz nem szabadult meg, s a második esetben annak még minimális hígulása sem következett be. Az itt bemutatott ábrák $19^\circ C$ -on végzett kísérleteket mutatnak, s közben a víz levegőztetve nem volt. A kiindulási O_2 -érték ezért adódott viszonylag alacsonyabbnak.

Ezek a kísérletek tehát egyértelműen arra mutatnak, hogy az oldott- O_2 mennyisége játszik döntő szerepet az *Anodonta* periodikus aktivitásának szabályozásában.

Mint ahogy KCl és SH gátlók periodikus aktivitásra kifejtett hatását ki lehetett védeni a szifó és kopoltyú denerválásával (SALÁNKI 1961b, c), kísérleteket végeztünk arra vonatkozólag, hogy a nn. palliales post. maiores és a nn.

branchiales átvágása után az O_2 -hiány korábbi hatása megmarad-e. Azt találtuk, hogy ilyen esetben az O_2 -hiány nem idéz elő változást a periodikus aktivitásban (5. ábra).

Tekintetbe véve azon korábbi eredményeket, melyek szerint az O_2 -hiányhoz hasonló hatást lehet elérni SH gátlók alkalmazásával olyan esetben is, amikor O_2 bőségesen áll rendelkezésre (SALÁNKI 1960a), ami összefügghet



4. ábra. O_2 -hiány hatása a periodikus aktivitásra és annak befolyásolása a víz oldott O_2 -jének növelésével

a — a vízfelszín olajréteggel való lezárása. b — 1 l friss víz bevitelére az olajréteg alá.

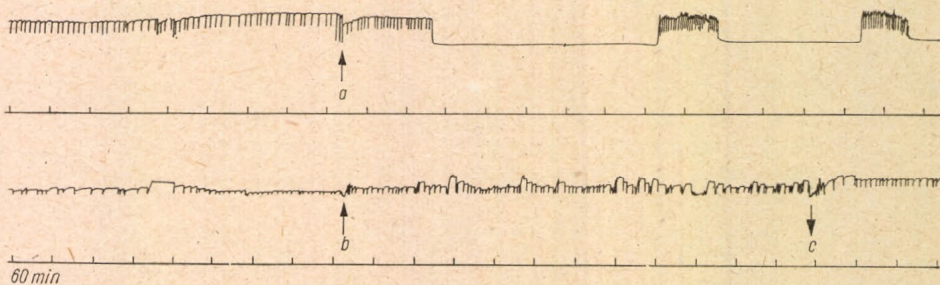
c — $\frac{1}{2}$ l víz levétele, oxigenálása és visszavitele az olajréteg alá

Az aktogram fölé írt adatok a víz O_2 -tartalmát jelzik

Fig. 4. The effect of O_2 — deficiency on periodic activity and its influencing by increasing the solved O_2 of the water

a — closing of water surface with an oil layer; b — introduction of 1 l fresh water under the oil layer; c — removal of $\frac{1}{2}$ l water, oxigenation and reintroduction under the oil layer.

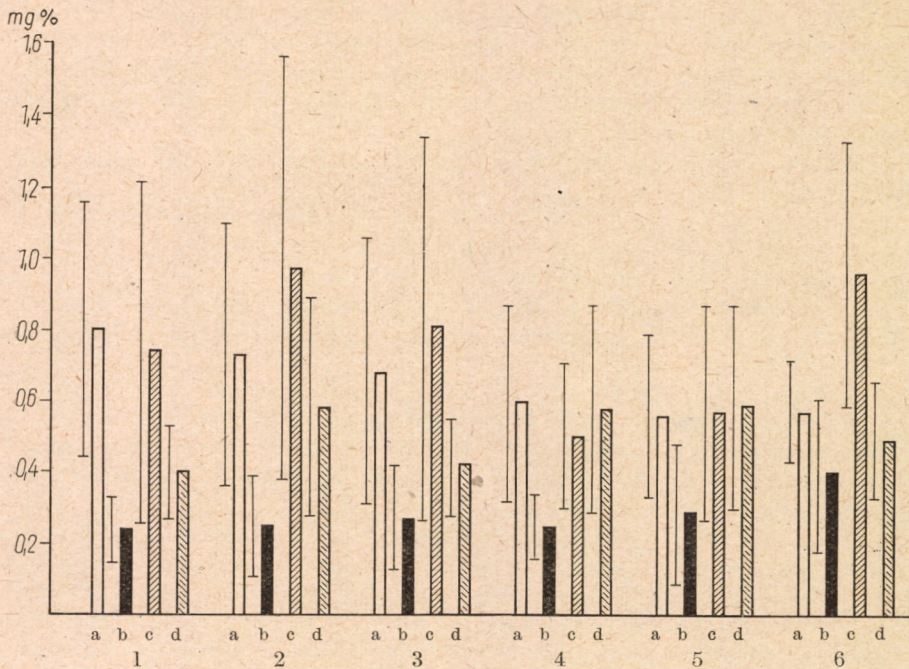
The data inscribed over the actogram mark the O_2 -content of the water



5. ábra. Denerválás hatása a periodikus aktivitás O_2 -hiánnyal történő befolyásolhatóságára. a — olajzár; b — ugyanazon állatnál denerválás utáni olajzár; c — vízcsere

Fig. 5. Effect of denervation on the responsiveness of periodical activity on O_2 deficiency. a — oil closure; b — oil closure with the same animal after denervation; c — water exchange

azzal, hogy az SH gátlók a szövetlégzésben fontos szerepet játszó fermentek bénításával lényegében anaerob viszonyokat teremtenek (BARRON és SINGER 1945), továbbá annak alapján, hogy a KCl hasonló, periodikus aktivitást befolyásoló hatása kivédhető a tricarbonsav-ciklus anyagainak adásával, arra lehetett gondolni, hogy mindezen esetekben a szövetlégzés, az aerob oxidációs folyamatok befolyásolása az, ami a központi idegrendszer periodikus aktivitást szabályozó mechanizmusának lényeges megváltozását előidézi. Ez a meg-



6. ábra. Egyes szövetek tejsavtartalma, különböző aktivitási állapotban, valamint különböző hatásoknak kitett állatoknál. Sorszámra vonatkozó magyarázat a szövegben
a — izom; b — kopoltyú; c — szifó körüli köpenyrész; d — köpeny oldali része
Az oszlopok melletti vonalak a standard deviációt mutatják

Fig. 6. The lactic acid content of some tissues in the state of various activity and in animals exposed to various influences. Explanation of numbers in the text.
a — muscle; b — gill; c — portion of mantle around the sypho; d — lateral part of mantle.
The lines besides the columns indicate the standard deviation

gondolás mindenekelőtt a tejsavra irányította a figyelmet, ami — közismert biokémiai adatok szerint — hypoxiás vagy anaerob viszonyok között a szövetekben felszaporodik.

Éppen ezért célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy miképpen alakul a tejsavkoncentráció a különböző szövetekben optimális O_2 -ellátottság, valamint hypoxiás légzési viszonyok, továbbá KCl és SH gátlók alkalmazásakor. Tejsavmeghatározásokat végeztünk különböző funkcionális állapotban levő, valamint O_2 -hiányos környezetben, továbbá KCl-dal és $CdCl_2$ -dal kezelt *Anodonták* egyes szerveinek tejsavtartalmára vonatkozóan.

Tejsavmeghatározás a kagyló különböző szöveteiből

Tejsavmeghatározást a következő szervekből végeztünk: 1. záróizmok, 2. kopoltyú, 3. a köpeny szifó körüli fotoszesszilis, csillangóval gazdagon ellátott része, 4. köpeny egyéb területei. Utóbbi kettő különválasztását az indokolta, hogy az állatba jutó és onnan kikerülő, vízben oldott anyagokkal elsősorban a szifó körüli köpenyrész jut kontaktusba, és ezért annak esetleg a kemorecepcióban is jelentősebb szerepe lehet, s éppen ezért a köpeny egyéb részeitől eltérő funkcionális jelentőséggel bírhat.

Meghatározásokat a következő állatcsoportokon végeztünk:

1. jó oxigénellátottságban tartós aktivitást mutató állatok, melyeket aktivitás alatt öltünk le,
2. közepes O_2 -ellátottság mellett tartott állatok, amikor a tartós zárás éppen nyitásra megy át,
3. közepes O_2 -ellátottság mellett tartott állatok, amikor a tartós aktivitás éppen zárásba megy át,
4. hypoxiás ($< 1 \text{ mg}\% O_2$) körülmények között 48 órán át tartott állatok,
5. $1 \times 10^{-3} \text{ M KCl}$ -ban 48 órán át tartott állatok,
6. 10 mg/l CdCl_2 -ben 48 órán át tartott állatok.

Az alkalmazott KCl és $CdCl_2$ koncentrációk periodikus aktivitásra kifejtett hatását korábbi vizsgálataink során tanulmányoztuk (KOSHTOYANTS és SALÁNKI 1958, SALÁNKI 1960a).

A vizsgálatok eredményét a 6. ábrán foglaltuk össze.

Az eredmények azt mutatják, hogy a szárazanyagra számított tejsavtartalom legmagasabb a szifó körüli köpenyrészben. Ezután a záróizmok, ill. a köpeny egyéb részei következnek legkisebb tejsavtartalmat pedig minden esetben a kopoltyóban találtunk.

A különböző állatcsoportok összehasonlítása kapcsán jelentős különbség még az átlagértékekben sem mutatkozott, a nagy szórás miatt pedig szignifikáns különbségről egyáltalán nem beszélhetünk. Ily módon ezek a vizsgálatok azzal a nem várt eredménnyel zárultak, hogy a szövetek tejsavtartalmában nemcsak az *Anodonta* eltérő funkcionális állapotában nem lehetett különbséget kimutatni, hanem a hypoxiás körülmények között való tartás, SH gátlóval és KCl-dal való előkezelés sem idéznek elő jelentős emelkedést a vizsgált szövetek tejsavtartalmában.

Eredmények megbeszélése

A vizsgálatok eredményei kétséget kizáróan arra mutatnak, hogy a kagyló ezen biológiai ritmusa szabályozásában a víz oldott- O_2 tartalma jelentős, talán éppen vezetőszerpet játszik. Egyedül az O_2 -tartalomnak a csökkenése vagy emelése döntően befolyásolni képes a periodikus aktivitás alakulását. A periodikus aktivitás O_2 -hiányban történő megváltozása tulajdonképpen az állat aktív életműködésének jelentős csökkenésével kapcsolatos. Ez biológiai szempontból is rendkívül érdekes adat, s ha figyelembe vesszük, hogy a kagyló az év különböző szakaszaiban rendkívül különböző O_2 -ellátottsághoz kell alkalmazkodjék, akkor érthető ennek jelentősége.

Számítást végezve kísérleti állatunk O_2 -fogyasztására vonatkozóan, azt találtuk, hogy amikor még viszonylag jó oxigénellátottságú vízben vannak — az olajréteg víz fölé rétegzése előtti 24 órában —, a nap 86%-ában aktívak.

A vízfelszín olajjal való lezárása utáni 24 óra alatt az aktivitás a napnak csak 41%-ára terjed ki, s ez idő alatt — 100 g nedves, héjmentes testsúlyra számítva — óránként átlag 0,98 mg O_2 -t fogyasztanak el. Amikor a víz O_2 -tartalma csökken, az aktivitás a nap 30%-ára korlátozódik, s a napi O_2 -fogyasztás 0,14 mg/óra/100 g testsúly lesz. Ha az O_2 -fogyasztást csak az aktív időszakokra vonatkoztatjuk, akkor 10,4 mg/ml-es O_2 -koncentrációnál 100 g testsúlyra óránként 1,11 mg O_2 -fogyasztás jut, a víz 1,87 mg/ml-es O_2 -koncentrációja esetén pedig 0,24 mg O_2 /óra/100 g testsúly. Ugyanczen O_2 -tartalomnál a „váltások” száma — 5 állat átlagát véve alapul — 24 óra alatt 0,6 ill. 5,4.

Ez is mutatja azt, hogy a periodikus aktivitás megváltozása az állat O_2 -hiányhoz való alkalmazkodásának igen fontos tényezője, s biológiai jelentősége feltehetően éppen ebben van.

Az O_2 szint, mint az *Anodonta* periodikus aktivitását meghatározó tényező, a biológiai ritmusoknál szokásos szabályozási módtól egészen eltérően fejti ki hatását. Külső faktorról van ugyan szó, de annak semminemű olyan periodikus változása nem áll fenn, mint a napszakos vagy dagály—apály szabályozta ritmusokat meghatározó komponensek esetében látható. Kizárólag az O_2 -tartalom alacsony szintre kerülése az, ami az aktivitás és nyugalom váltakozását gyakoribbá teszi. Maga az a mechanizmus tehát, ami a „váltásokat” szabályozza, nem a külső környezet ritmikus ingadozása nyomán lép működésbe, hanem egy lényeges külső faktor szintjének értéke határozza meg működési sémáját.

A periodikus aktivitás szabályozása tehát a következőképpen fogható fel: a záróizomműködés irányítása a központi idegrendszer megfelelő sejtjeiből történik. A központi idegrendszer ezen elemei a törzsfajlás során kialakult olyan ciklikus anyagcsere és működési sajátosságokkal rendelkeznek, melyek a záróizom-elernyedés vagy éppen a záróizom tónusos kontrakciójának periodikus felléptét biztosítják. Ezt az alapmechanizmust a perifériáról érkező információk befolyásolják, s hatásuk a periodikus „váltások” frekvenciájának, ill. az egyes szakaszok időtartamának változásában jelentkeznek.

A periférián bekövetkező, aktivitást befolyásoló változások — denervációs kísérleteink adatai szerint — idegi úton jutnak a központi idegrendszerbe. A periférián ható ingert pedig — jelen vizsgálaink is ezt bizonyítják — az oxidációs anyagcsereviszonyok szintje jelenti. Annak állandó szinten való maradása megközelítően szabályos időközönként bekövetkező zárási és nyitási periódusok ismétlődését eredményezi. Optimális oxidációs anyagcserefeltételek mellett tartós aktivitási szakaszok ismétlődnek rövid nyugalmi szakaszokkal, hypoxiás viszonyok között viszont rövid aktivitási és tartósabb nyugalmi állapotok periodikus, de meglepően szabályos ismétlődését figyelhetjük meg.

Adataink alapján jelenleg nem adható meg annak magyarázata, hogy az oxidációs anyagcsere zavara milyen módon, milyen közvetlen kémiai vagy más faktor útján hat. Az lenne várható, hogy hypoxia, ill. az aerob légzést gátló faktorok hatására a szövetek tejsavtartalma emelkedjék, ami — mint-hogy a hatás a denerválással kiiktatható — idegi úton befolyásolná a központi idegi elemek működését. Tejsavfelhalmozódást azonban a vizsgált szövetekben majdnem anoxiás viszonyok között tartott állatok esetében sem sikerült kimutatni. Ez természetesen még nem jelenti azt, hogy az idegrendszer perifériás elemeiben jelentős, ingert adó tejsavfelszaporodás nem állhat fenn.

Másrésről viszont rendkívül figyelemreméltóak e vonatkozásban KROMPECHER (1963) adatai arról, hogy bizonyos, alacsony anyagcseréjű szövetekben, normális és patológiás viszonyok között, a hypoxiás viszonyok nem tejsavfelhalmozódásban, hanem speciális anyag, mucopolysacharida képzésben nyilvánulnak meg. Kagyló szöveiteiben a jelentős mucopolysacharida tartalmat Zs. NAGY és B. LÁSZLÓ (1964) ki is mutatták. Ennek alapján arra is lehet gondolni, hogy az anaerob légzés végső effektusa nem a tejsavkoncentráció kagyló-szövetekben történő megnövekedésében jut kifejezésre, hanem a KROMPECHER által feltételezett sajátos anyagcseretípusnak megfelelően mucopolysacharidaképzés és felhalmozódás formájában manifesztálódik. Éppen ezért az sem kizárható, hogy a periodikus aktivitás szabályozása valamilyen formában ezzel az érdekes jelenséggel is kapcsolatban van.

Azon korábbi vizsgálataink eredménye, hogy CdCl_2 -dal az O_2 -hiányhoz hasonló hatást lehet kiváltani, feltehetően úgy értelmezhető, hogy a Cd az SH-csoportok blokkolása révén az aerob légzést gátolja, s ezáltal az anyagcsere szempontjából ugyanaz áll elő, mint O_2 -hiány esetében.

A KCl hasonló effektusa viszont ezzel nem magyarázható, mert vizsgálataink szerint (LUKACSOVICS és SALÁNKI 1964), a kagyló szövetlégzését a KCl lényegesen nem befolyásolja. Ez esetben sokkal inkább a KCl közismert izgató, ill. depolarizációs hatásával kell számolni.

Összefoglalás

Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozólag, hogy az O_2 -hiány befolyásolja-e az *Anodonta cygnea* periodikus aktivitását. Megállapítást nyert, hogy a víz oldott- O_2 tartalmának csökkenése a megszakítatlan aktivitás időtartalmát megrövidíti, s annak a nyugalmi periódusokkal való váltakozását jelentékenyen növeli. A kopolyú- és szifó-körülű idegek átvágása után ez az effektus kiesik.

Fenti eredmények, valamint azon korábbi adataink, hogy a szövetlégzést befolyásoló anyagokkal szintén befolyásolni lehet a periodikus aktivitást (KOSHTOYANTS és SALÁNKI 1958, SALÁNKI 1960a) arra utalnak, hogy annak szabályozásában a periférián lezajló anyagcserefolyamatok, mindenek előtt pedig — természetes körülmények között — az oxigénellátottság és a vízzel közvetlenül érintkező szövetek aerob, ill. anaerob folyamatai játszanak szerepet.

Vizsgálataink során nem találtunk szignifikáns különbséget a jó oxigénellátottságban élő, valamint a $10\times$ kevesebb szabad- O_2 tartalmú vízben élő állatok különböző szerveinek tejsavtartalma között, jóllehet előbbiek 100 g élő testsúlyra számított O_2 -fogyasztása 24 óra átlagában számolva, óránkénti 1,11 mg/óra volt, utóbbiaké pedig 0,14 mg/órának felelt meg.

Az *Anodonta* ezen biológiai ritmusának szabályozásában tehát nem periodikusan váltakozó külső tényezők vesznek részt, hanem az a környező víz szabad O_2 -tartalmának, illetve a környezettel közvetlen kapcsolatban levő szövetekben lejátszódó aerob-anaerob lézési folyamatoknak a függvénye.

IRODALOM

- BARNES, G. E. (1955): The behaviour of *Anodonta cygnea* L., and its neurophysiological basis. — *J. Exp. Biol.*, **32**, 158—174.
- BARRON, E. S. G., T. P. SINGER (1945): Studies on biological oxidations. XIX. Sulfhydryl enzymes in carbo-hydrate metabolism. — *J. Biol. Chem.*, **157**, 221—227.
- BROWN, F. A., JR. (1954): Persistent activity rhythms in the oyster. — *Amer. J. Physiol.*, **173**, 510—514.
- BÜNNING, E. (1958): Die physiologische Uhr. — *Springer Verlag*.
- GALTSOFF, P. S. (1928): The effect of temperature on the mechanical activity of the gills of the oyster (*Ostrea virginica* G.). — *J. Gen. Physiol.*, **11**, 415—431.
- GOMPEL, M. (1937): Recherches sur la consommation d'oxygène de quelques animaux aquatiques littoraux. — *C. R. Acad. Sci.*, **205**, 816—818.
- KOSHTOYANTS, Ch. S., J. SALÁNKI (1958): On the physiological principles underlying the periodical activity of *Anodonta*. — *Acta Biol. Hung.* **3**, 361—366.
- KROMPECHER, Sr. (1963): Hypoxie tissulaire locale, alternation consecutive du métabolisme et formation de mucopolysaccharides. — *La Presse Médicale* **71**, 1937.
- LOBASOV, M. E., V. B. SZAVVATYEJEV (1959): Лобашев, М. Е., Савватеев, В. Б.: Физиология суточного ритма животных. Изд. АН СССР Москва—Ленинград.
- LOOSANOFF, V. L. (1958): Some aspects of behaviour of oysters at different temperatures. — *Biol. Bull.* **114**, 57—70.
- LUKACSOVICS, F., J. SALÁNKI (1964): Effect of substances influencing tissue respiration and of the temperature on the O_2 consumption of the gill tissue in *Unio tumidus*. — *Annal. Biol. Tihany* **31**, 55—63.
- ORTON, J. H. (1929): Oyster and oyster culture. — In *Encyclopedia Britannica*, 14th edition. 1004.
- NELSON, T. C. (1923): On the feeding habits of oysters. — *Proc. Roy. Soc. Exp. Biol. Med.*, **21**, 90—92.
- RAO, K. P. (1959): Tidal rhythmicity of rate of water propulsion in *Mytilus*, and its modifiability by transplantation. — *Biol. Bull.*, **106**, 353—359.
- SALÁNKI, J. (1960a): Шаланки, Я., О зависимости медленного ритма периодической активности беззубок от состояния сульфидрильных групп белковых тел. Ж. общ. биол., **21**, 229—232.
- SALÁNKI, J. (1960b): On the regulation of the slow rhythm of the periodic activity in the fresh-water mussel (*Anodonta cygnea*). — VII. Conferanza internazionale della societa per lo studio dei ritmi biologici inclusa la basimetria. — *Siena*, 5—7. Settembre, 1960.
- SALÁNKI, J. (1961a): Studies on localization of the influence of potassium ions in connection with the regulation of the slow rhythm in the periodic activity of the fresh-water mussel. — *Acta Biol. Hung.*, **12**, 99—106.
- SALÁNKI, J. (1961b): Шаланки, Я.: Данные о периферической регуляции медленного ритма периодической активности беззубок. Физиол. Журнал СССР, **47**, 1194—1198.
- SALÁNKI, J. (1961c): Role of afferantation in the regulation of the rhythm in the periodic activity of fresh water mussels. — *Acta Biol. Hung.* **12**, 161—167.
- SALÁNKI, J. (1964): Contribution to the problem of daily rhythm in the activity of the fresh-water mussel. — *Annal. Biol. Tihany* **31**, 109—116.
- SALÁNKI, J., BALLA L. (1964): Ink-lever equipment for continuous recording of activity in mussels. — *Annal. Biol. Tihany* **31**, 117—121.
- ZIKSZ, V. Sz., J. F. BOGDANOV (1956): Зикс, В. С., Ю. Богданов, Цит. по книге: Коштоянц, Х. С., Основы сравнительной физиологии, том 2, Изд. АН СССР, Москва, 1957.
- ZS-NAGY I., M. B.-LÁSZLÓ (1964): Histochemical and biochemical studies on mucopolysaccharide content of the organs of fresh-water mussel (*Anodonta cygnea* L.) *Acta. Biol. Hung.* **15**. 39—44.

СНАБЖЕНИЕ КИСЛОРОДОМ — НЕОБЫЧНЫЙ РЕГУЛЯТОР РИТМА
АКТИВНОСТИ БЕЗЗУБОК

Я. Шаланки

Был исследован вопрос, влияет ли недостаток кислорода на периодическую активность беззубки. Установили, что падение концентрации растворенного в воде кислорода вызывает укорочение непрерывной активности, и одновременно увеличивает частоту смены активных периодов с покойными периодами. После перерезки нервов снабжающих сифонную часть мантии и жабер такой эффект не наблюдается.

Эти данные и также наши предыдущие данные о том, что веществами, влияющими на дыхание ткани можно изменять периодическую активность (Коштоянц и Шаланки 1958, Шаланки 1960а) указывают на то, что в ее регуляции решающую роль играет окислительный обмен веществ периферических областей, а в природных условиях именно снабжении кислородом этих непосредственно соприкасающихся с водой, частей животного.

В течении исследований не была найдена истинная разница в содержании молочной кислоты тканей, полученных из животных живущих в воде с хорошим и сниженным содержанием кислорода, несмотря на то, что потребление кислорода было в первом случае 1,11 мг/час/100 г а во втором случае 0,14 мг/час/100 свежего веса.

Таким образом в регуляции биологического ритма беззубки играют роль не периодически меняющиеся внешние факторы а она находится под влиянием окислительных процессов периферических органов, которые в физиологических условиях могут органициваться растворенным в воде кислородом.