

A dolgozat készült a m. kir. Ferencz József-Tudományegyetem Általános
Állattani és Összehasonlító Anatómiai Intézetében.
Igazgató : Dr. GELEI JÓZSEF egy. ny. r. tanár.

A Paramecium új rácsrendszere.

Egy szövegbeli ábrával.

Írta : GELEI GÁBOR.

A) Fibrilláris kikülönődés a Paramecium testében.

Eddigélé négy fajta rostozat volt ismeretes a Paramecium testében, éspedig a subpelliculáris-rácsrendszer, a neuronema-rendszer, (Klein ezüstvonalrendszere, vagy neuroformatív rostjai 1926, 1927) a Rees-féle (1922) neuromotorium intraplasmaticus rostjai és Bozler (1924) garatrostjai. A subpellicularis rostok a testfelületnek a már régismert sokszögű rácsrendszerét alkotják; szerepük támasztó. A neuronema rendszer, amely GELEI J. és KLEIN (1925, 1926) kutatásai óta ismeretes, laza (csak a testvégeken valamivel sűrűbb) rácsozatot képez; ennek ingerületvezető és alakító képességet tulajdonítanak (GELEI J. 1925, 1926, KLEIN 1926, 1927). A Rees-féle rostok szintén vezető elemek, amennyiben ezek a csillókat és a trichocystákat egy központ (neuromotorium) segítségével egységbe foglalják össze; ezeknek a rostoknak léte azonban JAKOBSON I. (1931) megállapításai szerint kérdéses. Ő csak a központot és az abból sugárszerűen szétterjedő rostok létét fogadja el, felfogása szerint azonban ezek sem ingerületvezetők, hanem a cytopharynx megerősítő elemei. De még ilyen vonatkozásban is különböznek mind a már eddig ismert, mind pedig az itt leírandó támasztó elemektől.

A fenti háromféle rost az egész testfelületen egyenletesen szétoszló rendszerben terül szét. A Bozler-féle garatrostok ezzel szemben csak a cytopharynx területére és körzetére szorítkoznak, amennyiben a garatcső jobb falát hátrafelé a megfelelő testfalhoz erősítik. Mikrotechnikailag is elkülöníthetők a Paramecium garatrostjai a többi támasztófibrillától.

Ezekután azt gondolhatná az ember, hogy már éppen elég rost képződött a Paramecium testében (REICHENOW 1937) arra a célra, hogy általuk a távolba ható erők szervi kiszolgálásban részesüljenek. Igen nagy volt ezért a meglepetésem, mikor a csillók alapiteste alatt az ectoplasmában egy negyedik rácsrendszert találtam, amely gazdag kifejlődésével a többieket messze felülmúlja.

B) Módszerek.

A váratlan felfedezést egy mikrotechnikai feladat megoldása közben tettem; melyet számomra Apám tűzött ki. Ő ugyanis még 1930-ban az akkori assistensével, Horváth Péterrel a tihanyi biológiai kutatóintézetben egy nedves ezüstöző eljárást dolgozott ki (Celei—Horváth 1931), amelyben az ezüstredukcióhoz napfényt használt. Ezzel az eljárással rendkívül éles és erős képeket lehet kapni a véglények neuronema-rendszeréről. Egyedüli fogyatéka a módszernek abban rejlik, hogy télen vagy esős őszen nehéz napfényhez jutni. Ezért tűzte ki számomra azt a feladatot, hogy egyfelől a Ramon y Cajal iskolájának módszereit, másfelől pedig a véglények vizsgálatánál eddig bevált ezüstöző eljárásokat oly irányban tanulmányozzam és módosítsam, hogy az ezüstözések a napfénytől függetlenedjenek.

A napfénytől mentes redukció keresése közben terelődött rá a figyelmem a mikrotechnikában már ismeretes u. n. átítási eljárásokra (Imprägnationsmethoden). Ezeknek az eljárásoknak lényege az, hogy különféle rögzítés után az állatot rövidebb-hosszabb ideig redukáló szerekben (pl. tannin) áztatjuk, azzal mintegy pácszerűleg impregnáljuk és az anyagot utána ezüsthürdőbe visszük. Most az ezüst mindig ott fog kiválni, ahol az impregnáló pácanyag felhalmozódott és a kimosás alkalmával sem távozott el. Ezeken a helyeken ugyanis az ezüsthürdő behatolásakor a redukáló anyag működésbe lép és colloidális ezüstöt választ ki, amelyik a keletkezési helyén állandó alakjában meg is marad.

Az általam felfedezett új rácsrendszernek a kimutatását egy ilyen átítási eljárásnak köszönhetem, amely eljárás a következő lépésekből áll:

1. Rögzítés egy kb. 2·5 cm³-es üvegcsőben (l. Gelei J. 1934 b.) sublimat-kaliumbichromat-timsóval 1—2 percig.

2. Kimosás kétszer dest. vízzel.

3. Pyrogallol-carbonsav(4)-fürdő szobahőfokon 10—20 percig.

4. Kimosás egyszer dest. vízzel.

5. Redukálás ammoniás ezüstnitrátban, 1 perc.

6. Kimosás többször (3—4) dest. vízben.

7. Alkohol sorozat.

8. Glycerin-alkohol, glycerin (vagy xylolon át canada-balzsam).

ad 1. Rögzítőfolyadék conc. sublimat, 2 % kaliumbichromat és 1 % timsó elegye, (sb. kbchr.: timsó = 1:1). A keverék hosszabb ideig változatlanul eláll és így készenlétben tartható.

ad 2. Minden egyes lépést egy kézicentrifugával történő ülepítés előz meg.

ad 3. A Pyrogallol-carbonsav(4), (2.—3.—4.—trioxibensoesav) fürdőt úgy állítjuk elő, hogy a kétszeri kimosás után félig töltjük meg az üvegcsövet dest. vízzel, s ebbe teszünk bele egy kb. borsszem nagyságú kristályos porcsomót. A kísérletek tanúsága szerint az új infraciliáris rácsnak a festődése csak akkor sikerül, ha a redukáláskor (5. pont) az üvegcsőben még fel nem oldódott kristályszemek találhatóak. A 4. pont után tehát mindig ellenőrizni kell, hogy az üvegcső alján látható-e egypár fel nem oldódott, fehér, selymes kristálytű. Arra is kell azonban vigyázni, hogy ne túl sok legyen a kristály, mert akkor egészen bizonyosan nem kapunk festődést, és az állatok külfelelete, csillózatának köze, csunyán fekete csapadékos lesz.

Amint látjuk, itt tulajdonképen egy Achucarró-féle ezüstöző eljárással van dolgunk, ahol az eljárásban új a rögzítőfolyadék, a redukáló pácanyag (a pyrogallol-carbonsav(4) telített vizes oldata) és a hatóanyagok hatásidejének megrövidítése. A festődés fokozható azáltal, hogy a 1—5-ik pontig a hatóanyagokhoz minden egyes esetben 2—3 csepp formolt adunk. — Rögzítőszernek használhatóak még a következő vizes oldatok: Zenker- és Bouin-féle rögzítőszer, conc. sublimat-5%-os chromsav (1:1), sublimat-trichloreetsav (conc. sb.-ban 5 % trichl.), formol-chromsav (10 csepp 40 %-os + 10 csepp 5 %-os chrs.), formol-kaliumbichromat (10 csepp 40 %-os formol + 10

csepp 5 %-os kbchr.) timsóval és anélkül. Valamennyi között azonban legjobb és legszebb festést adó rögzítőszer a módszerben feltüntetett szublimat-kaliumbichromat-timsó.

A rögzítést a következőkép végzem. Az üvegcsövet előre feltöltöm kb. egyharmadáig rögzítőszerrel. Abba pipetából erős sugárral fecskendezem be az állatokkal zsúfolt tenyésztővizet. Az állatoknak általában olyan mennyiségét vigyük be, hogy azok centrifugálás alkalmával az üvegcső aljában 1—2 mm vastag sűrű üledéket adjanak.

Az eljárás még sikerült készítmény esetén is csak igen kevés állaton (8—10%) és azokon is rendszerint csak egyes foltokon juttat eredményhez. Ritka az az eset, mikor a *Paramecium* teste az egész állaton festődik; ennek okát abban kell keresni, hogy az állat csak ott színeződik, ahol az az ezüst-üledékben is a még fel nem oldódott pyrogallol-carbonsav(4) kristálykakkal érintkezik. Függ a festődés a tenyésztés előállítási módjától és életkorától is.

A módszer tenyésztőtől való függése igen könnyen kipróbálható azzal, hogy valamely tenyésztés állatait, amelyekből már rendes készítményt nyertünk, vezetéki vízzel egyszer gyorsan átmoszuk és utána belőlük megint készítményt kísérünk csinálni. Ilyenkor rögtön tapasztaljuk, hogy az egyszeri kimosás is már megszünteti az állatok fogékonyságát az ezüst iránt.

Éppen emiatt az ismert és általában is sokszorosan tapasztalt kellemetlen adottság miatt, a kutatónak, aki az én eredményeimet felülvizsgálni, vagy más véglényeknél a módszereket alkalmazni akarja, el kell készülnie arra, hogy egy meghatározott tenyésztés példányai vagy egyáltalán nem, vagy pedig egészen más irányban festődnek. Ezért a kísérletező, aki eredményt akar elérni, legokosabban úgy jár el, hogy egyszerre többféle (szalmafőzetes, szénafőzetes, lótrágyás, salátás) tenyésztést tart készletben és időről-időre mindenikből kísérleti festéseket végez.

C) Az infraciliaris rácsrendszer.

a) Fekvése.

A rostrendszer — mint már említettük — egy sűrű rácsnak a képében, az ectoplasma u. n. odvacskás rétegének belső határán, közvetlenül a csillók basalis teste alatt fekszik. Emiatt neveztem el *infraciliaris rácsrendszernek*, de nyugton hívhatjuk belső-rácsrendszernek is.

A régóta ismeretes külső u. n. subpellicularis rácsrendszertől 1—2 μ -nal mélyebben fekszik, s azzal, valamint a testfelülettel párhuzamosan terül el. A két támasztó rács, a subpellicularis és az infraciliaris közre fog egy harmadikat, a neuro-nema-rácsot. Az infraciliaris szálazat, mint belső rács, az egész test felületére kiterjed; behatol a cytopharynx vestibuláris részébe, sőt egy erős szál tovább megy az oesophagiális szakaszba is, egészen be a táplálékodúig.

b) Az *infraciliaris rács rostjainak elrendeződése.*

A belső rács, a külsőnek megfelelően, nagyjában hosszanti, illetőleg haránt és rézsutos irányú szálakból áll. Azonban a világért sem mutatja a külső rács szabályosságát. A külső rács ugyanis szabályosan hosszanti (meridionalis) és erre szabályosan merőleges, vagyis harántszálakból alakul ki. A szomszédos meridianusokat összekötő harántszálak azonban nem azonos magasságban helyezkednek el, s így nem képeznek körbefutó rostot, hanem lépcsősen rendeződnek, s ennél fogva csavarmentrendszert alkotnak. A hátoldalon, illetőleg a jobb és a bal testfalon ezt a szabályosságot nem zavarja semmi, úgy hogy ott egy-egy adott meridionalis rácsszál a melső testvégtől megszakítás nélkül követhetünk a hátsó testvéig. A hasoldalon is nagyjában ez a helyzet azzal a különbséggel, hogy a hosszanti rostok nem tökéletes meridionalis lefutásúak, hanem a szájrészhez és részben a száj előtti teknőhöz igazodva, ívben meghajlottak, s a melső, illetőleg a hátsó testvéget, kivéve a legszélsőket, nem érik el, hanem ehelyett egy a szájtól előre és hátra tartó vonalban egyesülnek. A harántirányú gerendácskák azonban itt is elég szabályosan megtartják haránt lefutásukat. Csupán a teknőben görbülnek ezek is kissé, homorulatukat a száj felé fordítva.

Ezzel szemben azt tapasztaljuk, hogy a belső rács a külsőéhez hasonló elrendeződést voltaképpen csak a mellső testfélen mutat. A középső testtáj túlnyomó részén ellenben felbomlik ez a szabályos rend, s helyét a rostok rendszertelen összevisszasága foglalja el, ahol csak itt-ott található meg a hosszirányú rost. Ezekben a helyeken a rácssokszögek sokkal sűrűbben vannak egymás mellett, mint a külső rácsban. Viszont a hátulsó testfélen megint rend keletkezik a rostok között; ez a rend azonban csak kevéssé egyezik a külső rácséval, mivel itt a hosszanti lefutású szálakat rendszerint átlósirányúak, illetőleg csavarmenetes lefutásúak váltják fel. Egyes helyeken azonban itt is megtalálhatók a hosszanti szálak, de csak erősen alárendelt számban.

A külső és a belső rács sok állatban még a teknőben is megegyező kiképződést árul el, vagyis mindkettő kissé a teknőben harántul görbült és hosszában a szájeremhez símuló rostokból áll. További megegyezést találunk a két rács között tekintetben is, hogy a hasi középvonalban a belső rács is mindig varratot képez; s ennek helyzete és lefutása *nagyjában* megegyezik a külső varratvonallal. A mellső testvégen alkata és fekvése szerint majdnem teljesen megegyezik egymással ez a két varratvonal: a belső varrat is a teknő jobb szélén halad, sőt a mellső testvégen ugyanolyan S-formájú kanyarulatot ír le, mint a külső rács. Néha azonban éles különbség mutatkozik a kétféle rács között, amennyiben a belső varratvonal a száj közelében határozatlanul fejlődik ki, s a száj mögött néha majdnem teljesen hiányzik. A belső rácsrendszer hálószelei nagyság és az oldalak számának tekintetében erősen variálnak, 3—8 oldalú hálószeleket is látunk. A belső rácson nem találtam semmiféle burkoló plasmát, a rostok csupaszon terjeszkednek szét az ectoplasmában, holott a külső rács plasmaburkolatos.

c) Az új rács rostjainak fizikai természete.

A belső rács fizikai jellegére vonatkozólag az első megjegyezni valónk az, hogy a rostoknak az élő állaton nincs fénytörésük. Ellenben az ezüstözött készítményekben a rács szálai még a legcsekélyebb színeződés esetén is erős fénytörésűek. Magas beállítással fénylők, mély beállítással sötétek, s ennek alap-

ján a rácsot az olyan állaton, ahol az valamelyes színt már nyert, egészen jól követhetjük. Ez az erős fénytörés azonban kizárólag az ezüstitől van. Enre mutat az, hogy a rácsot ugyanazon készítmény olyan többi állatain, amelyeket az ezüst nem fogott, a legnagyobb erőfeszítéssel sem tudjuk észrevenni.

A rostok a készítményekben úgy fénylenek, mint chitin-fonalak, s rajtuk a szemcsézettség legkisebb nyoma sem látszik.

A rostok festődése a duzzadáson alapszik. A duzzadás azonban nem az ezüstitől származik, mert akkor a rost ezüst-acetáttal vagy ezüstcarbonáttal is színezhető volna, hanem az eljárásban kizárólag az ammonia duzzaszt, mely a használt Bielschowsky-féle ezüst oldatban kis százalékban mindig jelen van.

A festések nem mutatnak semmi különbséget a rácsrendszer különböző irányú rostjai között. Ahol a hosszanti szál festve van, ott a másirányú is mindig és azonos erővel színeződik.

d) *A rostok alaktana.*

A subpelliculáris rács külön részekből, és pedig határozottan hosszanti szálakból és ettől különálló és sok esetben külön rostként is festődő harántgerendácskákból áll; ennek ütközőpontjait külön képlet, a GELEI J. által felfedezett vázsem alkotja. Az infraciliáris hálózat szálai azonban bármely irányban is fussanak, teljesen egyneműek, anyagukban mindenütt tökéletesen azonosak. Sohasem találunk azonban olyan hosszirányú rostot, amelyik az egyik testvégtől a másikig futna, mivel az a test közepén mindig elvész az irányítatlan rácsban. Az egyes szálak önmagukban rendszerint símák, tagolatlanok; a mellső testfél hosszanti rostjai azonban gyakran felhasadnak, vagy hosszanti résektől ablakosak, vagy éppen sok ágra szakadoznak szét. Máskor meg csak mellékágot bocsát ki magából a vastag rost.

Az infraciliáris rács szálai nem egyforma vastagok; nem egyenlő vastagok a hosszanti szálak egymás között, még kevésbé a másirányúak. Sőt még egyugyanazon rost is, lefutásának különböző szakaszán, gyakran változtatja vastagságát; ugyanis főként ott, ahol a rost rácsba megy át megvékonyodik. Általán azt mondhatjuk, hogy ahol a rostok tömegesen vala-

mely megszabott irányt tartanak, ott a főirányban futó rostok vastagabbak, s a mellékirányban futók vékonyabbak. Például a hátsó test végén a diagonális rostok mindig vastagok, míg a hosszanti lefutásúak rendszerint vékonyak.

Az infraciliáris rács szálai nem telepsznek olyan szigorúan egy síkban, mint azt a subpelliculáris rácsnál tapasztalhatjuk. Először is a határozottan különböző irányú s egyben messzefutó rostok nem fekszenek egy szintben. Így pl. a hátsó testtáj diagonális rostjai magasabban, a basalis testhez közelebb, míg a hosszanti rostok mélyebben futnak le. Azonban még a meghatározott irányban futó rostoknál is előfordul az, hogy azok nem egyforma mélyen fekszenek; így a teknő kettős radiális, vagy hosszanti rostjai közül a vastagok magasabban, a vékonyak pedig az ectoplasmában mélyebben helyezkednek el.

A rostok keresztező, illetőleg ütköző-pontjaiban néhol azt látja az ember, hogy az ütközőponton átszaladó rost megtartja individuális önállóságát, máskor azonban ebből semmi meg nem állapítható, hanem sokkal inkább az látszik, hogy az érintkező rostok egybefutnak, egybeolvadnak, s ezáltal az ütközési pontokon mint rostok meg is szűnnek. A fibrilláris szerkezet helyébe ilyenkor a habocskás lép. Az ilyen esetben a csomópont az odafutó rostok jelenléte miatt vastagabbá nem válik, hanem az illető ponton lévő anyag mechanikai feladatát az ütköző rostok iránya szerint, külön megvastagodás nélkül is, teljesíti. Ilyen esetben a messzire futó rostok nem individuális szájakat, hanem a csont gerendázatára emlékeztetőleg, csak erővonalakat jeleznének. Az erővonalrendszer s vele a rostok önállótlanysága különösen ott válik nyilvánvalóvá, ahol valamely nagy polygon csak önmagában kap egy belső háromágú támasztékot, anélkül, hogy a belső radiális rácsszálak a polygon határán túl folytatódniának. Ilyen esetben rendkívül világosan látjuk, hogy a polygonon belüli hármás rácsszál a sokszög falából indul ki, anélkül, hogy a kiindulási pontot bárminemű megvastagodás jellemezné. Egymás mellett futó hosszanti szájak közt is gyakori az egyszerű keresztszál helyett az Y- vagy V-formájú hasadt rost.

Ezek szerint tehát röviden a kétféle rácsrendszert belső tagozódása szerint úgy jellemezhetnők, illetőleg úgy hasonlíthatnók össze, hogy a külső subpelliculáris rács külön hosszanti és kü-

lön haránttagokból van összeállítva s a vázszemek segítségével mintegy összeragasztva, ezzel szemben az infraciliáris rács bármely irányú szálakból is álljon, homogén, s az ütköző pontokon nagyrészt, anyagában egybeolvadt continuous és nem contiguus rács. Egymást éppen csak érintő, s egymás alatt (felett) messzi futó szálakat csak ott találunk, ahol különböző főirányok kereszteződnek.

e) *Mennyiségi szempontok.*

További észrevételünk a belső rácsról az, hogy jóval gazdagabb, s egyben változatosabb kiképződésű is, mint a külső rács. Így a mellső testvégen és a teknőben több, mint kétszer annyi polygont találunk a belső rácson, mint a külsőn. Igen jól szemlélhetjük ezt a nagy számkülönbséget, ha egy formol-chromsavas rögzítés után ugyanazon állaton mindkét rácsot sikerült festeni. Ilyenkor gyakran tapasztalhatjuk, hogy egy-egy külső-rácsbeli polygon vetületébe több apró infraciliáris polygon is (fel egészen négyig) helyezkedhetik el. A nagyfokú számbeli eltérés magyarázatát abban kell keresni, hogy egyrészt a belső rács meridionális rostjai közt sokkal gazdagabb a kereszt vagy rézsútos gerenda, másrészt pedig szemben a subpelliculáris ráccsal, ahol a polygonok számát a csillók száma határozza meg, itt nincs semmi, ami a rácsszemek számára valamelyes befolyással volna. Hiszen az infraciliáris rács — mind azt később látni fogjuk — teljesen független a csillóktól és a trichocystáktól.

Az egyes polygonok nagysága is igen változó. Egészen kicsi polygonok mellett nagyok, az előbbieket területét 4—5-szörösen felülmulók találhatók, s ilyenkor egy-egy infraciliáris polygon vetületére több subpelliculáris rácsszem esik.

Az infraciliáris rács változékonysága.

Az infraciliáris rácsrendszert szemben a subpelliculárisal, a nagyfokú variabilitás jellemzi. Ez nemcsak abban jelentkezik, hogy a mellső, középső és hátulsó testtájnak más és más a rácsrendszere, s hogy a teknő rácsrendszere megint más, mint a többi testtájaké, hanem abban is, hogy egyazon testtájon is, állatról állatra eltérő kisebb-nagyobb változatosság képződik ki.

Holott mindezekkel szemben a subpelliculáris rácsot éppen a nagyfokú állandósága jellemzi. Még aránylag legnagyobb állandóságot mutat a mellső testtáj infraciliáris rácsa, mely egyúttal a subpelliculárisra alkatában legjobban emlékeztet. A mellső testvég főleg abban mutat variabilitást, hogy a hosszirányú rácsozatnak, illetőleg a meridionális lefutású szálaknak kiterjedése igen változó. Van állat, amelyikben a hosszanti szálakat s a szabályosan rendeződő rácsot csaknem a derekáig lehet követni, másikon viszont már $\frac{1}{5}$ testhossznál megszűnik a rendezett állapot, s az állat középső részét széles övben szabálytalan rácsozat foglalja el. A test középtájéka rendezetlen rácsával természetesen a variabilitásnak határtalan forrása, mind a hálószemek mérete, mind sokasága, mind pedig a szálak lefutásának szempontjából.

A hátsó testtájon szintén nagyméretű variabilitásra akadunk. Egyrészt a tekintetben, hogy a hosszanti rostok mennyiben maradnak meg; másrészt az átlósirányúak közül a jobbra, vagy a balra tartók túltengők-e, vagy a kettő egyforma erősen van-e kifejlődve.

Legnagyobb fokú variabilitással találkozunk a teknőben, illetőleg a teknő jobb szélén a varratvonal kialakulásában, holott a subpelliculáris rács éppen itt van a legszabályosabb geometriai renddel megalkotva. Az infraciliáris rácsban a teknő varratvonala nem éles, hanem elmosódott, széles, harántra húzott rácsszemek jelzik a helyét. A variáció ennek következtében természetesen igen nagy. Néha semmi sajátzerű, a teknőre jellemző rácsalakulást nem látunk, hanem ahelyett a közep-test teljes rendezetlensége válik itt is uralkodóvá. Rendszerint azonban a belső rácsban, főként a teknővarrat szélével párhuzamosan, tehát hosszában, vagyis valóban meridionálisan lefutó szálak mutatnak erőteljes megjelenést. Ezek a rostok gyakran igen vastagok és gazdagok oldalelágazásokban. Ilyen hosszanti szálak a subpelliculáris rácsban teljesen hiányoznak a teknőtájon. Jellemző továbbá a teknő mellső szélére a diagonális rostoknak egy táblás rendszere is; megjegyezvén azt, hogy ezek sem felelnek meg a teknő subpelliculáris rácsában ezen a szakaszon futó hosszanti rostoknak. Példát arra természetesen bőven találunk, hogy a teknő belső rácsa a külsővel csaknem azonos kiképződésű.

Bizonyos tapasztalatok arra engednek következtetni, hogy ez a variabilitás talán az állatok életkorával is összefüggne; amennyiben az oszlásból kikerült új állatnak a teknőjében az infraciliáris rács inkább emlékeztet még a subpellicularisra; így tehát az utóbb említett teknőbéli hosszanti rostok csak később képződnének bele. Ezen új rostok befonódása egyúttal az eredeti szabályos rácsrendszert is átépítené.

Végül a rácsrendszer általános felépítésében is nagyfokú variabilitás található, amennyiben ezen az alapon megkülönböztethetünk habocskás szerkezetű rácsot, fonalas szerkezetű rácsot, (messzire követhető rostok) és végül fonadékös szerkezetű rácsot. Maguk az egyes vastag rostok is variálnak egy megadott testrészen, amennyiben egyszer homogének, máskor meg rostokra bomlanak szét, mintha át volnának lyuggatva, majd pedig újra egyesülnek.

A rácsnak a test részeihez való viszonya:

Erre a kérdésre nézve már az eddigiekben is sok részletet hallottunk. Ezért a következőkben most már az infraciliáris rácsnak csak a porus excretoriushoz, a szájrészhez, az alrészhez (cytopyge), a csillókhoz, a trichocystákhoz és végül a subpelliculáris rácshoz való viszonyát kell megbeszelnünk.

A subpelliculáris rács jelentős szerepet játszik a porus excretorius kiképzésében, amennyiben a kivezető nyílást egy rácsszemmel szorosan körülveszi. Ezzel szemben az infraciliáris rács nem alkot ilyen szoros kapcsolatot. Itt a rács a kiürítő porusok számának megfelelően egy, vagy két nagyobb nyílást képez. A nyílás mérete rendszerint 2—3, ritkábban 4—5 környező hálószem méretének felel meg. E megnövekedett hálószem péreme, mintegy a belső hálószemek pótlására, kevés kivétellel vastagabb, mint a környező rostok. Ez a nagy nyílás valószínűleg arra való, hogy a rács a kivezető csatornának a kiürítéssel kapcsolatos nagyfokú méretváltozásához szabad és megfelelő játékot engedjen.

A rácsnak a cytopygehez való viszonyában még erősebben kifejezésre jut a fenti elv. A cytopyge körül egy széles elyptikus, vagy hasítékszerű nagy hálószem képződik. Ezzel szemben az összes régi napfényes nedves ezüstözési képek

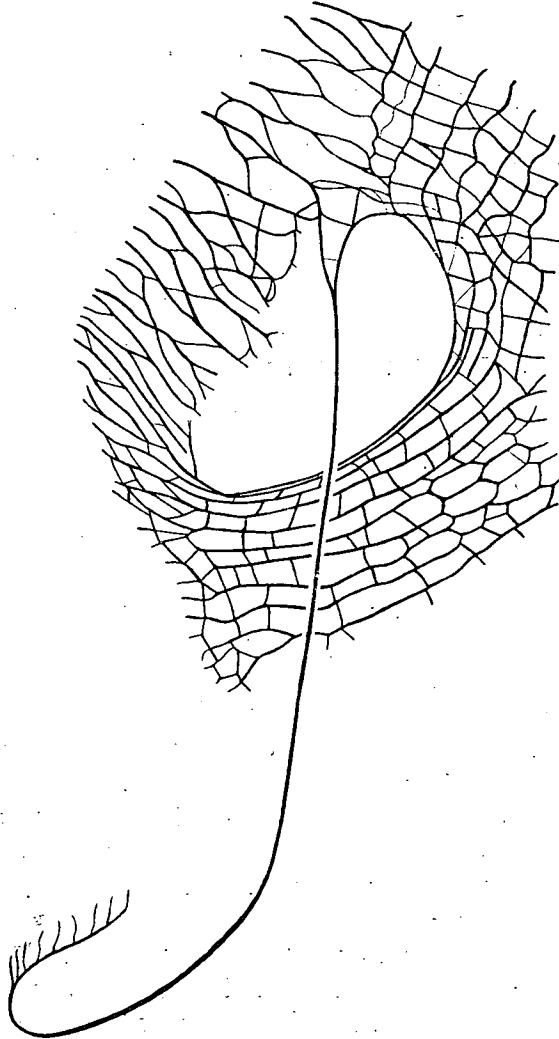
azt igazolják, hogy a cytopyge helyén ezen ellyptikus rés hosszszanti tengelyének megfelelően egy csukott varratvonal van, az ú. n. cytopyge-vonal (Cytopygeline J. Gelei 1934 e). A cytopyge-vonalból jobbra-balra a külső rács és a neuronema-rendszer harántgerendái erednek és ezen szomszédos harántszálak közt a csillók találhatóak.

Ezek szerint tehát a cytopygevel kapcsolatban nagyvonásokban ugyanazoknak a jelenségeknek a megismétlődését látjuk, mint amit az előbb a porus excretoriusra nézve már kiemeltünk, nevezetesen azt, hogy a kifűrés folyamatakor nagyméretű tágulásnak kitett cytopyge (lásd Gelei J. 1935) körül az infraciliáris rács tisztas távolságban megszűnik és egy igen vastag szegőrosttal körülhatárolódik. A cytopyge-vonal mentén jelentkező rácshiány pótlására mind a szegőrost, mind pedig a vele érintkező rézsútos rostok igen megvastagodnak.

A cytopharynx infraciliáris rácsrendszere. A cytopharynxba a subpelliculáris rács addig hatol be, ameddig csillók vannak, tehát egészen a vestibulum aljáig. Ezzel összhangban az infraciliáris rács is körülbelül eddig a tájéig terjed. Azért mondom, hogy körülbelül, mivel a rács belső szélének meghatározása nem lehetséges, mert a rácsot földerítő eljárásban itt az útbaigazító csillók, illetőleg subpelliculáris rács nem festődik. A vestibulum baloldalán az infraciliáris rácsozat sok esetben a subpelliculárishez hasonlóan képződik ki, vagyis körkörös (a test szerint meridionális) és radiális (a test szerint haránt) rácsszálakból tevődik össze. A hasonlóság azonban rendszerint hiányzik, mivel az összekötő kis meridionális szálak rendezetlenül helyezkednek el, s gyakran nagyobb területen ki is maradnak. A jobb oldalon radiális rostok veszik át a főszerepet, ezek képződnek ki erőteljesen, körkörös irányú rostok csak imitt-amott lépnek fel, kis összekötő szálak képében. A radiális szálak bent visszahajtással szegődnek be.

A pharyngeális szakaszra a subpelliculáris rács sohasem terjed ki; az infraciliáris rácsrendszer azonban itt is megtalálható, de erre a területre csak egyetlen szál képében hatol be. (l. 1. ábra) Ez a rost a teknő mellső varratvonalának egyenes folytatása. A subpelliculáris szakaszba, annak háti boltozatán lép be, ott a négyosztatú membranella (Gelei J. 1934) mentén (attól jobbra) halad hátra, annak balra és tovább a hasoldalra

vezető kanyarulatát követi, s onnan egy jobbratekintő halászhorogszerű kaccsal előre (a szájrés felé) fordul. A horognak a



1. ábra. A szájkörnyék ill. a vestibulum rácsa a halhorogszerű garatrosttal. Ezüstözés után, rajzolókészülékkel k. b. 1500X.

halhoroghoz hasonlóan több kis rostból szakája van, a szakaszalak (melynek száma 7—8, ritkán 9), azonban mindig a görbület domború oldalán vannak, s szintén a szájnylás felé tekin-

tenek. Nagyon ritkán a hátrafutó rost ketté is ágazik, s ilyenkor az ágak közül a szakarostokat (itt 3—4) csak az egyik viseli.

Az infraciliáris rácrendszernek a subpelliculáris rácshoz, a neuronema rendszerhez, a basalis testekhez és a trichocystákhoz való viszonyáról egyelőre meglehetősen keveset mondhatok. Ennek az oka, hogy készítményeimben csak kivételes esetekben festődik az infraciliáris rácson kívül más is. Kivételt képez a külső rác, mivel ez elég nagy százalékban színeződik, ha technikai részben megadott módszer 1—5 pontjaihoz 2—3 csepp formolt hozzáadunk. A néhány kivételes esetnek az alapján azt sikerült megállapítanom, hogy az infraciliáris rác a csillóktól, trichocystáktól és az ingerületvezető-szálaktól független. A hátsó testvégen azonban nem mindig ez a helyzet. Itt az alapitestek a rác hosszanti szálai mellé eső kis háromszögekbe esnek. Ezen a helyeken tehát megeshetik, hogy a belső rostozat is támasztóul szolgál a csillónak, természetesen ezt biztosan állítani nem lehet. Hasonlóképpen azokon az állatokon, ahol a szájkörüli és a teknőbeli rostok kettősek, feltehető, hogy a kettős harántszálak a csillókkal közelebbi kapcsolatban állanak. A subpelliculáris rácsnál, mint tudjuk, minden egyes polygonban középtől kissé balra-előre eltolódva található a csilló és pedig sokszögenként egy-egy (a teknőben és a mellső testvégen kettőkettő). Az infraciliáris rácsnál azonban, különösen a testközépen olyan nagy a rendetlenség a rácsszemek betöltésében, hogy egyik polygonba nem esik egy csilló sem, míg a másikba kettő, esetleg kivételesen három is jut. A hátsó testvégen azonban nagyjában áll az a szabály, hogy a belső rácsnak is egy-egy nagyobb polygonába csak egy csilló kerül; természetesen nem véve figyelembe a mindenütt megtalálható kis polygonokat.

A kétféle rácsnak az egymáshoz való viszonyából azt sikerült megállapítanom, hogy az infraciliáris rác egyrészt a subpelliculáris rác alatt foglal helyet, másrészt a hosszanti szálai a külsőtől mindig balra futnak le. A test közepén ez a távolság kicsi, úgy hogy ott a hosszanti szálak is majdnem egymás felett fekszenek, holott a hátsó testvégen az infraciliáris rác hosszanti szálai a subpelliculáris rostok közel köztes vonalában haladnak.

Az infraciliáris rács és az oszlás.

A belső rácsnak az oszlás alkalmával mutatkozó viselkedése amiatt érdekelt engemet, mivel KLEIN (1927) a neurone-mákról, GELEI J. (1934 c) pedig a külső rácsról derítette ki, hogy azok az oszlás alkalmával nem szívódnak fel, hanem az alatt is fennmaradnak. A szétváló két állatot áthidalják s csak mintegy az utolsó pillanatban szakadnak szét, illetőleg mennek át az ismeretes varratvonalba. Ezzel szemben azon a kevés állaton, mely éppen oszló állapotban színeződött, azt sikerült megállapítanom, hogy a belső rács rostjai az oszlás előrehaladtával a befűződési övben folyamatosan felszívódnak, s így a continuitás a két oszló fél között korán megszűnik.

Egy másik érdekes jelenség a rácsnak a két cytopharynx szétvándorlásával, illetőleg a cytophyge eltolódásával kapcsolatban mutatkozik. Oszlás alkalmával ugyanis az új cytopharynx, amint azt HERTWIG (1890) és GELEI J. (1934 e) megírta, a régi cytopharynx sarjadzásos kettéválásából keletkezik, s a két cytopharynx az oszlás folyamata alatt az új felek növekedésével kapcsolatosan szétvándorol. A vándorlást mindig a mozgó képzet előtt lévő rács felszívódása előzi meg, mögötte fokozatos összezáródása követi. A szétvándorlás alatt mindkét cytopharynx vestibuláris tájékán az infraciliáris váz igen finom, vékony szálakból van felépítve. A mellső vestibulumban a balfelelőli szélén egyelőre csak circuláris (meridionalis) rostok vannak, melyek a tovacsúzás irányába esnek. A vestibulumba befutó radiális rostok csak később képződnek ki, olyannyira, hogy az oszlás után elyúlt és rendes formájukat már felvett állatokon is még hosszú időn keresztül hiányzanak ezek a rostok.

D) A belső és a külső rács rendeltetése.

A belső rács élettani hivatására vonatkozólag közvetlen megfigyeléseink nincsenek, s így csak következtetésekre vagyunk utalva. A rács felépítmódja, a fonalak belső összefüggése, a nagyfokú hajlandóság a szálak összeolvadására, a vastág rostok egynémű alkata, mind mind erősen emlékeztetnek bennünket a sejtseleányek rugalmas rostjaira és a HUZELLA-féle argyrophilus rostokra. Ezek alapján az infraciliáris rácsot, mint *alákmeğszabó és meghatározó rugalmas rendszert* foghatjuk fel.

Elgondolásainkat különösen megnehezíti az a körülmény, hogy az állaton van egy másik, a már régen ismert subpelliculáris rács is, melyet felépítése alapján a legtöbb kutató szintén mechanikai elemnek tart. Ez azonban, mint látni fogjuk, nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy az infraciliáris rács is ilyen legyen.

A külső rács szerepére nézve elhatározó jelentőségű egyfelől az, hogy belülről rá van feszítve a pelliculára, másfelől pedig az, hogy kivétel nélkül minden egyes rácsablakban egy-egy (illetőleg elől 2—2) csilló helyezkedik el, végül az, hogy minden harántgerendácska a benne keletkezett lőrés útján szoros összeköttetésben van a trichocystával is. Ebből a helyzeti viszonyból nyilván következik, hogy a külső rács nem elsősorban a test egyetemlegességét szolgálja, hanem az a szervezet kétféle elemének, nevezetesen a csillónak és a trichocystának, tehát csupa piciny elemeknek élettani kiegészítője.

Ugyanis a csilló mozgása alkalmával a pelliculára támaszkodik, mely rugalmasságánál fogva minden átvett hatást a subpelliculáris rácsra tesz át. A rácspolygonokat tehát úgy tekinthetjük, mint egy-egy kis elasticus hártyának merev rámaít.

A rácsnak harántlécei (keresztgerendák) viszont a pelliculát védik a trichocysták kirobbanásakor attól, hogy a kilövődő trichocysta a pelliculát magával ne rántsa.

A fönne elmondottak után meg kell állapítanunk azonban azt, hogy a test egészének is vannak jellemző mechanikai tulajdonságai. Így mindenek előtt feltűnő a Paramecium-testnek nagyfokú rugalmassága, aminek következtében az az akadályoknál gummi módjára benyomódik, s amint tovább siklott az állat, a test azonnal eredeti alakját veszi fel, olyannyira, hogy az előbbi erőszakos eltorzításoknak a következő pillanatban semmi nyomát nem látjuk. Ezenkívül erős mechanikai hatásoknak van kitéve egyrészt a fúródó test mellső vége a folyadék-közeg ellenállása miatt, másrészt a test hátsó része a fúrómozgással kapcsolatos belső csavarás folytán. Itt meg kell állapítanunk, hogy ALVERDESNEK galvanotaktikus vizsgálata, valamint GELEI J.-nek (1926—27) a csillóbunda mozgásmechanikájára vonatkozó rögzítési kísérletei azt derítették ki, hogy az állat mellső felével inkább az előrehaladást, a hátsó testrésszel pedig inkább a forgást szolgálja.

Ezek után meg kell ismételnünk azt a korábbi állításunkat, hogy az infraciliáris rács sem a csillókkal, sem pedig a trichocystákkal közvetlen kapcsolatban nincsen. Azokat egyenként tehát nem szolgálja, s így ezektől a piciny elemektől függetlenül a test egészének és egyetemlegességének állhat szolgálatában. Másodszor meg kell állapítanunk azt, hogy az infraciliáris rács kialakulásában teljesen megfelel azoknak a mozgásmechanikai követelményeknek, melyeket a csavarmenetesen mozgó test megkövetel. Láttuk ugyanis, hogy az infraciliáris rácsban a melső testvégen túltengenek a hosszanti rostok, amennyiben ezek vastagabbak, erőteljesebb kifejlődésűek, mint a haránt, vagy más irányban futó rostok. Ez a hosszában való elrendeződés pedig teljesen megfelel annak a követelménynek, amit a melső testvégnak az ellenálló közegbe való ütközése az állattól megkíván, amennyiben az állatra hossz tengelye irányában ható erővel szemben az állat hossz tengelyével párhuzamosan futó elasticus rostokat hoz létre. A hátulsó testfél a forgómozgással kapcsolatosan inkább spirálisan ható erők legyőzésére van kényszerítve. Ezzel áll kapcsolatban az, hogy a hosszanti rostok a hátulsó testfélben vagy eltűnnek, vagy ha megmaradnak, megvékonyodnak, s így csak alárendelt szerepet játszanak, viszont ezzel szemben diagonális, vagy helyesebben csavarmenetes irányú rostok képződnek ki, melyek a csavarmenetben ható, sodró erők effektíválására szolgálnak.

Hogy mennyire ez az elgondolás a helyénvaló, azt mi sem igazolja jobban, mint az a körülmény, hogy az állatnak túlnyomóan balra-tartó forgó mozgásával kapcsolatban hátul a balra-tartó rostok a kifejezettebbek, ezek messzibbre futók és vastagabbak.

A száj előtti melső testfélben a teknő egy különleges alkotmány, mely már a pelliculáris rácsot is megfelelő módosításra készíti. Eltérő itt a szomszédos testtájéktól az infraciliáris rács alkata is, amennyiben ez is idomul a teknő legcélsebb mechanikai vázrendszeréhez, amikor a teknő szerint harántul görbülő, illetőleg hosszában haladó merevítő abroncsokat képez.

Az a körülmény is igazolja a rács mechanikai feladatát, hogy olyan helyeken, ahol az ectoplasma a különféle életjelenségekkel kapcsolatban minduntalan erőteljes eltölődásoknak van

kitéve, ahol tehát egy merevítő váz ezen protoplasmaelitolódásoknak csak útjában állhatna, nem képződik ki az infraciliáris rács, hanem megfelelő üres hézagot hagy ki.

Az elülső és a hátulsó testtáj között természetszerű átmenetet a test dereka képezi. Nyilvánvaló, hogy itt, az irányíthatlan alkatú diffusus belsővázba ennek az átmeneti állapotnak megfelelően egy mindenre képes váz alakult ki, melyet a gerinces szervezetben a kis tömör csontok spongiosájával vethetünk össze, amely rendezetlen gerendázatával szintén egy sokoldalú feladat szolgálatának a lehetőségét rejtí magában.

Ezek szerint tehát a külső váz főként a szervezet egyes elemének, nevezetesen a trichocystának, illetőleg a csilló által támasztott mechanikai feladatnak a szolgálatában áll, holott a belső váz az állati test által támasztott alakmegtartásra, illetőleg mozgásmechanikai erők (ütközés, sodródás,) legyőzésére hivatott.

Összefoglalás.

1. A Bielsowsky-féle ammoniás ezüstnitráttal, sublimatkáliumbichromát-tímsó rögzítés és pyrogallol-carbonsavas(4) pácolás után egy új rácsrendszert sikerült felfedezni a Paramecium ectoplasmájában. Az új rácsrendszert eddigelé a P. caudatumon, — multimicronucleatumon és — trichiumon figyeltem meg.

2. A rácsrendszer hosszanti, haránt és ferde irányú rostokból van felépítve.

3. A rácsrendszer közvetlenül a csillók basalis teste alatt fekszik és a felülettel párhuzamosan terül szét. Innen a neve: infraciliáris rács. Ez a belső: infraciliáris és a külső (subpellikuláris) rács közrefogja a neuronemarendszert.

4. A rácsrendszer benyomul a cytopharynxba is, beszövi a vestibulum falát és végül a pharyngealis szakaszba egy vastag, horgosan végződő rostot bocsát.

5. Az új rács a cytopoget és a porus excretoriust nem veszi szorosán körül, hanem megfelelő távolságban egy vastag szegőrosttal megszűnik, hogy e helyeken az ectoplasma nagyfokú mozgásának szabad teret engedjen.

6. Sem a csillókkal, sem a trichocystákkal nincs közvetlen

kapcsolatban. A csillók és trichocysták vonala alatt sohasem fut hosszanti szál.

7. A külső ráccsal sincs összeköttetése.

8. De azért sok hasonlatossága van a subpelliculáris rács-hoz, amennyiben *a)* a hosszanti rostok száma megegyezik; *b)* a hosszanti rostok nagyjában a csillósorok lefutását követik, tehát mindig meridionális irányúak; *c)* az infraciliáris rács kialakulásában a test mellső részén igen hasonlít a subpelliculáris-hoz, de ahhoz viszonyítva egy kicsit balra el van tolva.

9. Az infraciliáris rácsrendszer rostjai a test minden részén teljesen egyformán differenciálódtak, s állományát illetőleg nem lehet különbséget tenni hosszanti és haránt szál között.

10. A külső rács hosszanti és haránt szálai egymás között közel egyforma vastagok, míg a belső rácsról ez nem mondható el, sőt még ugyanaz a rost is lefutásának különböző szakaszán változtathatja vastagságát.

11. A külső rács rostjai sohasem bocsátanak oldalágakat magukból, holott a belső rácsnál gyakran találkozunk ezzel a jelenséggel, sőt a test középrészén a legtöbb hosszanti rost elveszti önállóságát és így ott egy rendezetlen rács keletkezik.

12. A külső rács felépítésmódjában, mivel annak mindenütt megszabott formája van, igen kismértékű variabilitással találkozunk. Ezzel szemben a belső rács felépítése testtájak szerint igen változó, mivel itt nemcsak hosszanti és haránt rostokat, hanem diagonális és ferde irányú szálakat is bőven találunk, s ezek aránya mindenütt változó. Elöl ugyanis hosszanti és haránt rostok vannak, a középső testet a különböző irányú ferde rostok uralják, míg a hátsó testfélen, főleg diagonálisakat találunk. E sokirányú rost miatt a rácsrostozat egyes hálószelei alakra a háromszögtől a nyolcszögön át egészen a körig variálnak.

13. A külső rács külön hosszanti és külön haránt szálakból tevődik össze, ezzel szemben az infraciliáris rács, bármely irányú szálakból is álljon, egynemű, s az útközözpontokon egybeolvadt; tehát egy continuous rács és nem contiguus, mint a külső.

14. A subpelliculáris rács a szervezet egyes elemeit; a csillókat és a trichocystákat szolgálja. Az infraciliáris rács azonban tagozódásában sem az egyes csillókhöz, sem a trichocystákhoz nem igazodik, s így a szervezet egészét szolgálja és pedig

a támasztás és a rugalmasság szempontjából, továbbá mozgásmechanikai tekintetben. Az utóbbi feladatával áll kapcsolatban az, hogy elől főleg hosszanti, hátul főleg diagonális rostokból áll, míg derékban, a kettő átmeneteként mindenirányú rostozat alakul ki. A rostozat a test mellső felén az előrehaladásból származó ütközések legyőzésére képesíti a testet, hátul pedig a forgás érdekeit szolgálja.

Irodalom.

Archúcarro, N. (1911): Nuevo método para el estudio de la neuroglia y del tejido conjuntivo. Bol. Soc. Espan. Biol. Vol. 1. Madrid.

Alverdes, F. (1923): Beobachtungen an *Paramecium putrinum* und *Spirostomum ambiguum*. Zool. Anz. Bd. 55.

Alverdes, F. (1923 a): Neue Bahnen in der Lehre vom Verhalten der niederen Organismen. Berlin.

Bozler, E. (1924): Über die Morphologie der Ernährungsorganellen und die Physiologie der Nahrungsaufnahme bei *Paramecium caudatum* Ehrbg. Arch. f. Protistenk. Bd. 49.

Brown, V. E. (1930): The neuromotor apparatus of *Paramecium*. A. Zool. Exp. Vol. 70.

Bütschli, O. (1910): Vorlesungen über vergleichende Anatomie.

Chatton, E. (1930): Impregnation par diffusion argentine de l'infrastructure des Cilies marins et d'eau douce etc. Compt. rend. d. séances de la Soc. Biol. T. 104.

Gelei, J. (1926): Zur Kenntnis des Wimperapparates. Ztschr. ges. Anat. Abt. I Bd. 81.

Gelei, J. (1926 a): Cilienstruktur und Cilienbewegung. Verh. Zool. Ges. Kiel. Suppl. H. 66.

Gelei, J. (1929): Über das Nervensystem der Protozoen. Allatt. Közl. (Zool. Mitt.), XXVI.

Gelei, J. (1932): Die reizleitenden Elemente der Ciliaten usw. Arch. f. Protistenk. Bd. 77.

Gelei, J. (1934): Der feinere Bau des Cytopharynx von *Paramecium*. Ibid. Bd. 81.

Gelei, J. (1934 a): Der Cytopharynx der Paramecien. Mathemath. u. Naturwiss. Anzeiger Bd. 51.

Gelei, J. (1934 b): Eine mikrotechnische Studie über die Färbung der subpelliculären Elemente der Ciliaten. Ztschr. wiss. Mikr. mikr. Technik Bd. 51.

Gelei, J. (1934 c): Das Verhalten der ectoplasmatischen Elemente des *Parameciums* während der Teilung. Zool. Anz. Bd. 107.

Gelei, J. (1934 e): Die Differenzierung der Cilienmeridiane. Mathemath. u. Naturwiss. Anzeiger. Bd. 51.