

Bakterioek ere badute eskeletoa

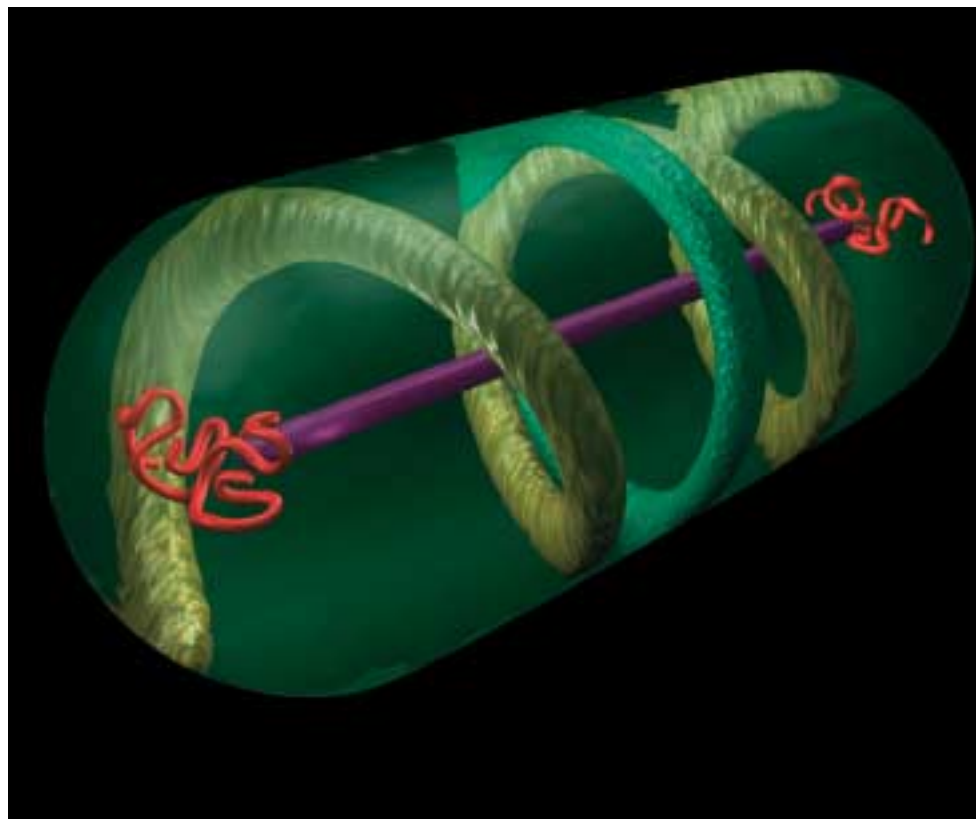
Etxebeste Aduriz, Egoitz

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

Denbora luzez ezin buruturik ibili izan dira biologoak, bakterioak nola bizi zitezkeen inolako barne-egitura egonkorrik gabe. Eskeletorik edo antzekorik gabe, nola liteke dituzten formak izatea, edo bitan zatitzea? Bazeuden hainbat teoria, baina azken urteotako aurkikuntzek hankaz gora jarri dute mitoa. Bakterioek ere badute eskeletoa!

ZAKUTXO NAHASPILATSUAK. Horixe ziren bakterioak biologoen begietan orain gutxi arte: material genetikoak, entzima batzuk eta beste hainbat molekula nahaspilaturik gordetzen dituzten zaku-txoak; inolako egitura egonkorrik gabe, ordenarik gabe, eskeletorik gabe. Baina gauzak aldatzen ari dira. Hainbat egitura aurkitu dituzte zaku horien barruan. Horietako asko zelula eukariotoen zitoeskeletoaren osagaien parekoak.

Zelula eukariotoetan, hau da, landare, animalia, onddo eta protisten zeluletan, oso ezaguna da zitoeskeleto deitzen



G. ROA

zaion barne-armazoa. Egitura dinamikoa da, hiru osagai-motaz osatua: mikrofilamentuak (aktina), filamentu ertainak eta mikrotubuluak (tubulina). Eta hainbat funtzio betetzen ditu: zelulei forma ematea eta mantentzea, mugimendua ahalbidetzea, zelula barneko garraioa eta zatiketa zelularra...

Bakterioek zitoeskeletorik ez zutela pentsatzen zenez, eukariotoak (bakterioetatik eratorriak) sortu ondoren garatutakoa zela uste izan da. Baina, orain, badirudi ez zela horrela izan: aktinen, filamentu ertainen eta tubulinen jatorria bakterioetan egon liteke.

Bigarren mailako protagonista izatetik, biologia zelularren arloan puri-purian egotera pasatu dira bakterioak; eta aurkikuntzak bata bestearen atzetik datoz.

Formen atzean

Esan daiteke 2001. urtean hartu zuela erritmoa aurkikuntzen gurpilak. Urte hartan, Ingalaterrako Newcastle Unibertsitateko ikertzaile-talde batek MreB proteinak *Bacillus subtilis* bakterioaren barruan osatzen duen egitura ikustea lortu zuen lehenengoz: MreB zuntzek helize bat osatzen dute, zilindro-formako bakterioen paretaren azpian. ➔

E. Coli hauek zitoeskeletoari esker dute zilindro-itxura hori.



MreB proteina eukariotoen aktinaren oso antzekoa da, eta litekeena da jatorri bera izatea. Gainera, antzeko funtzioa betetzen dute. Zilindro-formako bakterioetan MreB eta haren oso gertukoa den Mbl proteinek egitura-funtzioa dute; hau da, forma ematen diote bakterioari.

Izan ere, ikertzaileek ikusi dute proteina hori falta bazaie itxura aldatzen zaiela. *B. subtilis*-en kasuan, MreB-ak bakterioaren zabalerari eragiten dio, eta Mbl-ak luzerari; eta *E. Coli* bakterioak, berriz, zilindro-itxurakoak izatetik esferiko izatera pasatzen dira MreB-a kentzen zaienean.

Hain zuzen ere, bakterio esferikoek ez dute MreB-rik. Areago, hainbat bakterioaren eta arkeoren (prokariotoen barruko bi taldeak) genomak aztertuta, Newcastle-ko ikertzaileek ikusi dute zilindro-, harizpi- eta helize-itxurako prokariotoek MreB proteinaren gene bat edo gehiago dituztela, eta, esferikoek, berriz, batere ez.

“baziloei FtsZ kenduz gero, luzatu eta luzatu egiten dira, bitan banatu gabe”

Bestalde, zenbait bakterioaren forma konplexuagoetan ere oso litekeena da zitoeskeletoak zerikusia izatea. Oraingoz, adibide bakarra aurkitu dute: *Caulobacter crescentus* bakterioek babarrun-forma dute, eta antza beste proteinak batek ematen die kurbadura hori. Izan ere, proteina hori kentzean, zilindro-itxura hartzen dute bakterio horiek. Kreszentina da proteina hori, eta eukariotoen filamentu ertainaren oso antzekoa da.

Zatiketaren gakoak

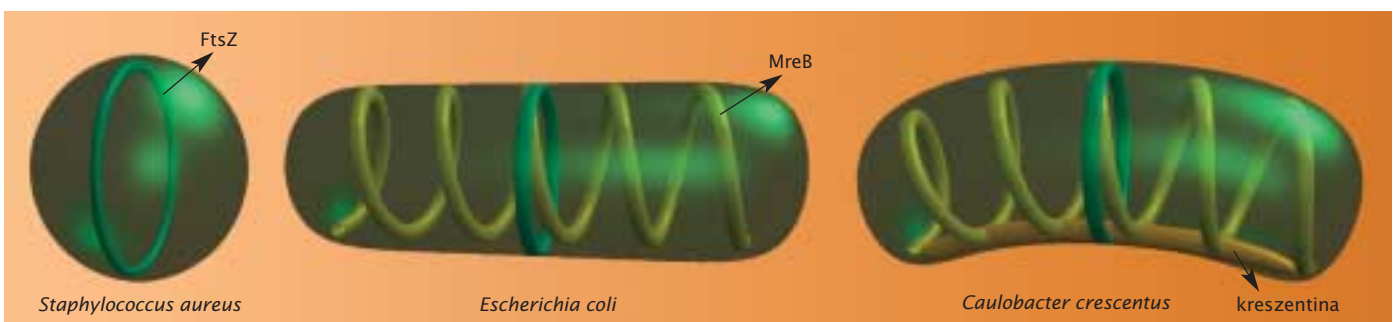
Formak alde batera utzita, zatiketa zelularrean ere garrantzi handia du zitoeskeletoak. Eta horretan prokariotoek ez

dute parekorik. Ingurune egokian dauden bakterioak ordu-erditik behin zatitu daitezke. Bada, halako eraginkortasunaren gakoetako bat zitoeskeletoan egon daiteke, hain zuzen ere. Baina mekanismoak argitzen hasi besterik ez dira egin zientzialariak.

FtsZ proteina da prokariotoen zatiketa zelularreko protagonistatako bat. Eraztun bat eratzen du zatiketa gauzatuko den eremuan, zelularen erdian. Zilindro-itxurako baziloei proteina hori kenduz gero, luzatu eta luzatu egiten dira, bitan banatu gabe. *Staphylococcus aureus* esferikoak, berriz, FtsZ-ren genea kendutakoan, pareta zelular berria edonon eraikitzen hasten dira, eta bolumena zortzi aldiz handitzera iritsi daitezke, lehertu baino lehen.

Nolabait, pareta berria non eraiki behar den kontrolatzen du FtsZ proteina. Bere inguruan biltzen ditu pareta eraikitzen duten proteinak. *S. aureus*-en kasuan, ekuatorean eratzen du eraztuna, eta bi hemisferio berrien sorrera gobernatzen du. Baziloei, berriz, badirudi hasieran MreB proteinak zelula luzatzea eragiten duela, eta gero FtsZ sartzen dela jokoan, mutur biribildu berriak sortuz, zelula bitan zatitzeko.

Litekeena da zatiketa zelularrean jatorrian FtsZ-eraztunak garrantzia handia izatea. Ipar Carolina-ko Duke Unibertsitateko ikertzaile-talde batek berriki ikusi du olio-tanta mikroskopikoaren barruan ere eraztunak eratzen dituela proteina horrek. Orain, bakterioaren zatiketa zelularra mekanismo konplexuagoa bada ere, ikertzaileek uste dute zelula primitiboek bitan banatzeko nahikoa izango zutela FtsZ.



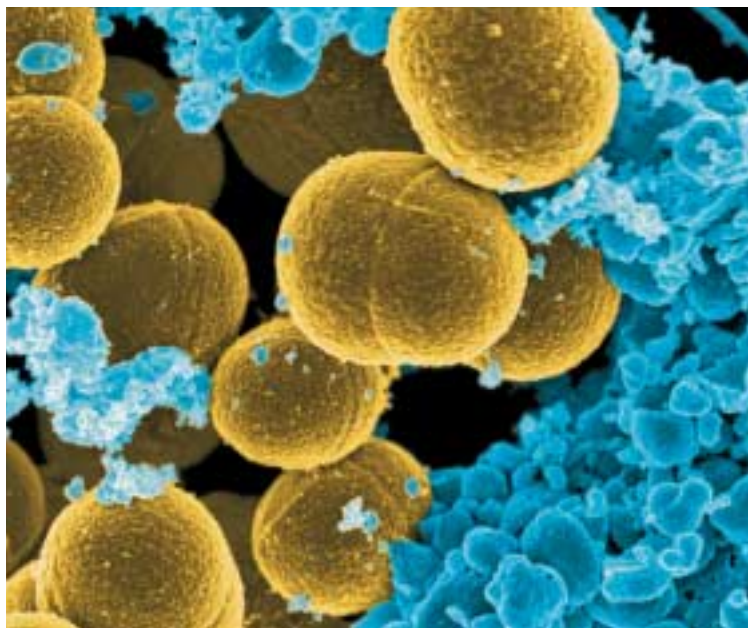
Bestalde, zelula eukariotoen organulu batzuek ere, mitokondrioek eta kloroplastoek, FtsZ-eratzuna erabiltzen dute zatitzeko. Horrek indartu egiten du organulu horiek behinola zelula eukarioto batean sartu ziren prokariotoak direlako ustea, finean.

Erremintak aldatuta

Eukariotoek ere badute FtsZ proteinaren oso antzeko bat, tubulina izenekoa. Eta tubulina ere zatiketa zelularrean parte hartzen du, baina oso funtzio desberdina betetzen du: zelula berri bakoitzari dagozkion kromosomak elkarrengandik urrun mantentzen ditu, zatiketa gertatu bitartean. Horrela ziurtatzen da zelula berri bakoitzak bere kromosomak izango dituela.

Bitxia da jatorri bera izan dezaketen bi proteina horiek hain funtzio desberdina betetzea. Hau da, FtsZ eta tubulina erreminta beraren bi bertsio dira; eta prokariotoek eta eukariotoek oso lan desberdinak egiteko erabiltzen dute erreminta hori. Lan bera egiteko, berriz, oso erreminta desberdinak erabiltzen dituzte. Batetik, tubulinaren parekoa den FtsZ proteinaren lana egiteko, eukariotoek aktinazko erreminta bat erabiltzen dute. Eta, bestetik, aktinaren parekoa den proteina batekin egiten dute prokariotoek eukariotoek tubulinarekin egiten dutena.

Izan ere, eukariotoek bezalaxe, bakterioek ere material genetikoak ongi banatu behar dute zatitzerakoan.



Staphylococcus aureus bakterio hauek FtsZ-eratzuna erabiltzen dute bitan zatitzeko.

ROCKY MOUNTAIN LABORATORIES, NATIONAL INSTITUTE OF ALLERGY AND INFECTIOUS DISEASES (NIAID)


Bakterioek kromosoma bakarra dute, eta, horrez gain, plasmido izeneko DNA-eratzun batzuk dituzte. Plasmidoek antibiotikoekiko erresistentzia eta beste hainbat 'estra' ematen dizkiete bakterioei, besteak beste; horregatik, oso garrantzitsua da bakterio berriak plasmidoen kopia banarekin gelditzea.

“oraindik bide luzea gelditzen da prokariotoen zelulen antolaketa eta funtzionamendua ongi ulertzeko”

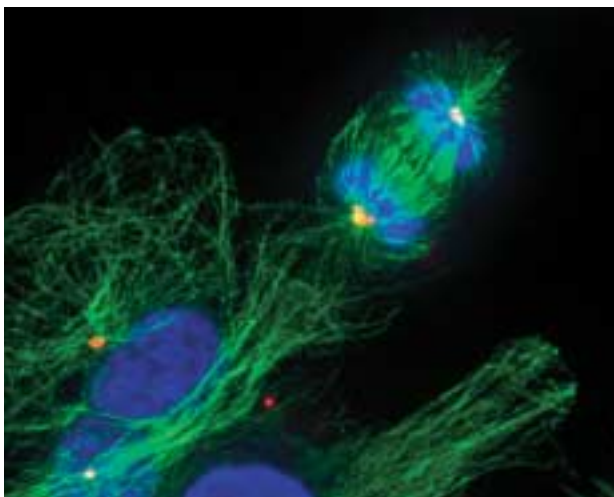
Bada, tubulinekin eukariotoen kromosomekin egiten duten antzera, ParM proteinek plasmido batzuen banaketa eragiten du, kopiak urrunduz. Eta ParM hori aktinaren bertsio bakteriano bat da.

ParM proteina kate baten modukoa da; eta bere buruari unitateak gehitzeko eta kentzeko gaitasuna du. Banatu beharreko plasmidoaren bi kopia berriei lotzen zaie ParM katea. Gero, unitate berriak gehituz katea luzatzen hasten da, eta bi plasmidoak zelularen bi muturretara bidaltzen ditu kate horrek.

Hori da plasmido batzuk banatzeko duten mekanismoa. Baina zer gertatzen da bakterioen kromosomarekin? Nola banatzen dituzte kromosomaren kopiak? Hori misterio bat da oraindik.

Eta ez da bakarra. Bide luzea gelditzen da prokariotoen zelulen antolaketa eta funtzionamendua ongi ulertzeko. Aipatutakoez gain, zitoeskeletoaren askoz elementu gehiago ere aurkitu dituzte, eta aurkitzen ari dira. Baita eukariotoen zitoeskeletoan parekorik ez duten proteinak ere. Baina elementu horien guztien atzean dauden mekanismoak buruz ezer gutxi dakigu. Asko dago ikertzeko oraindik zakutxo horien barruan. 

Eukariotoen zatiketa zelularrean, tubulinak (berdez) elkarrengandik aparte mantentzen ditu kromosomak (urdinez).



A. RAUCH