

Dialoq 2: Ayrılıqdan Birgəliyə

Ərtoğrul Alişbəyli¹, Elmır Məhəmmədov²

¹ Neyrofiziologiya Bölümü, Elm Fakültəsi, Radboud Universiteti, Nijmegen, Nederland

² Epigenetika və Kök Hüceyrə İnstитutu, Helmholtz Mərkəzi Münhen, Alman Çevrə Sağlamlığı Üzrə Araşdırma Mərkəzi, Münhen, Almaniya;

Elmir Məhəmmədov: Birinci dialoqumuzda da danışdığını kimi, fundamental maddələrdən canlı orqanizmlərin necə ortaya çıxması problemi qərb elmi-fəlsəfi ənənəsinin ən başlıca suallarından olmuşdur. Burada biz həmçinin DNA-nın hər şeyi təyin etmədiyi haqda danışdıq. Heyvanlarda inkişaf zamanı başda bir hüceyrədən törəyən bütün hüceyrələrin demək olar ki eyni DNA-ya sahib olmasına baxmayaraq, tamam fərqli növ funksiyaları yerinə yetirmələri (məs. ürək hüceyrəsi, nevron. və s.) buna əyani sübutdur. Buna görə də, bir heyvanın inkişaf etməsi özü ilə bir neçə önəmli və maraqlı sualları gətirir. Necə olur ki hüceyrələr inkişafın fərqli mərhələlərində formalarını dəyişib plastikliklərini itirirlər? Hüceyrələr hansı inkişaf yollarını seçəcəklərini necə “qərarlaşdırırlar”? Bütün heyvanlarda ortaq olan inkişaf prosesləri təkamüldə necə qorunub saxlanıb? Bu kimi sualların cavablandırılmasında biologianın bir çox sahəsi aktiv iştirak edir. Bunların bəziləri kimi inkişaf biologiyası, hüceyrə biologiyası, epigenetika, genetika, təkamül biologiyası, neyroelm və s. qeyd etmək olar. Bunun səbəbi bətn-daxili inkişafın bəlkə də təbiətdə bioloji hadisələr arasında ən maraqlı, qəliz və zəngin bir proses olmasıdır. Məncə bundan danışarkən ilk öncə əvvələ qayıdır təkamül perspektivindən söhbət açmaq yaxşı olardı. Sən nə fikirləşirsin?

Ərtoğrul Alişbəyli: Son zamanlar Lynn Margulis-in yoluxucu enerjisi ilə yoluxduğuma görə, mənim üçün çox hüceyrəli orqanizmlərin həm fərd səviyyəsində, həm də təkamüllə inkişafına fərqli canlılar arasında yaranan simbiotik əlaqələr olaraq baxmaq fikri maraqlı gəlir. Yəni, çox hüceyrəli orqanizmdəki hüceyrələrə plantasiyada işlədilən qullar kimi deyil də, digər hüceyrələrlə birgə işləyən və bu iş birlikləri nəticəsində aid olduqları bütövə (yəni, orqanizmə) yeni funksiyaları qazandıran bir şey kimi baxsaq, onlar haqda təzə nəsə öyrəna bilərikmi?

Bu sualı niyə verirəm? Çünkü erkən təkhüceyrəli canlmın möqteyi-nəzərində baxsan, bir bütövün hissəsi olmaq həmişə fərdi azadlığın müəyyən qədər qurban verilməsini tələb edir. Buna baxmayaraq, bilirki, çox hüceyrəlilik bakteriyalardan eukariotlara qədər, ümumilikdə 25-dən çox fərqli canlı qrupunda bir-birindən müstəqil şəkildə əmələ gəlib. Bu o deməkdir ki, azadlığı qurban vermənin məntiqli olduğu kontekstlər çoxdur. Ona görə də razıyam ki, bioloji inkişafları ilə maraqlandığın çox hüceyrəlilərin əvvəl geoloji zaman miqyasında necə inkişaf etdiyinə baxmaqdə fayda var.

Əvvəlcədən şərti şumda kəsək ki, sonra xırmandı yabalşmayaq: təkamüldə baş verən hər dəyişməni mühitə uyğunlaşma, rəqabətdə üstünlük, mühiti daha yaxşı istismar edə bilmə kimi anlayışlarla izah edən yanaşma (buna adaptasiyaçılıq da deyilir) mənə inandırıcı gəlmir. Canlı təbiətdə *stabil* olan şeylər həyatda qalır (yəni *good enough*), “ən uyğun”, “ən yaxşı rəqabət aparan” və s. şeylər deyil, və bu fikir məntiqən mütləq olaraq həqiqətdir, çünkü bu təvtalogiyadır. Mühitə uyğunlaşma stabil olmanın bir aspektidir, bəli, lakin davamlı olaraq baş verən təsadüfi hadisələr canlıların hər hansı bir mühitə müükəmməl adaptasiya olmasına qarşı əks tərəfdən təzyiq göstərir, canlılarda görülən hər şeyi nəyəssə adaptasiya, qazanılmış üstünlük olaraq görmək olmaz.

Çoxhüceyrəliliyi sanki təkhüceyrəliliyin bir yuxarı inkişaf mərhələsi kimi görən baxış bucağı də düzgün deyil: əgər təkamül baxımından danışırıqsa, dünyada ən uğurlu canlılar 3.5 milyard ildir yer üzündə yaşayan bakteriyalardır ki, bu qrup böyük ölçüdə təkhüceyrəli canlılardan ibarətdir¹. Çoxhüceyrəliliklə bağlı əsas məsələ canlıların yeni bir formada bir araya gəlib dünyada mövcud olmanın (daha yaxşı yox) fərqli bir yolunu tapmalarıdır. Ona görə də burada sual əslində, “çoxhüceyrəliliyin canlılara qazandırdığı üstünlükler nədir?” deyil, daha çox “necə olur ki, çoxhüceyrəlilik üümüyyətlə mümkün olub?”-dur.

EM: Hüceyrənin həm təkamüldə həm də inkişafda əsas vahidlərdən biri kimi götürülməsi biologiyada geniş şəkildə qəbul olunmuş bir fikirdir. Çoxhüceyrəli quruluşdakı hüceyrənin uğuru digər hüceyrələrindən asılı vəziyyətə düşmüş olur. Belə bir quruluşdakı fərdi hüceyrələr deyə bilər ki, bəs “mən özüm tək çoxalıb qida tapa bilərəm, bunları edərkən başqa hüceyrərlə qalmaga daha niyə çox enerji sərf edim?” Bunu bir *Pseudomonas fluorescens* bakteriyası üzərində aparılmış bir eksperimentlə daha aydın izah etmək olar (**Şəkil 1**). Bu tək hüceyrələr yeni fenotip əmələ gətirərək birbirinə yapışmaq üçün moleküllər ifraz edirlər. Bunun nəticəsində yuxarıda soldakı kimi kilim formalı bir struktur yaranır. Bu struktur hüceyrələrin oksigenə çatmağını asanlaşdırır. Amma di gəl ki, elə hüceyrələr var ki, yapışqanlıq üçün lazım olan molekülləri ifraz etməyib bununla daha asan böyüyüb çoxalmaq istəyirlər. Bu hüceyrələr xərçəng kimi yayılıb strukturu məhv edirlər və hüceyrələr bir də bir yerə gəlib kilim strukturuunu formalaşdırırlar. Bununla sənən verdiyin suala alternativ olaraq soruşmaq olar ki, “çoxhüceyrəlilər necə olub ki bir bütöv olaraq həyatda qala biliblər?”.



Şəkil 1. Çox- və təkhüceyrəli hala gələ bilən *Pseudomonas fluorescens*.
(Mənbə: Veit 2019)

Bunun bir neçə izahı ola bilər. Əvvəlcə hüceyrəni fərdi şəkildə götürsək, o, ətraf mühiti sezib fərqli seçimlər etmə bacarığına sahib olmalıdır. Bu o deməkdir ki, hüceyrənin repertuarında artıq alternativ imkanlar mövcud olmalıdır. Bu imkanların arasında başqa hüceyrələrlə müəyyən səviyyədə əlaqə qurmaq potensialı yəqin ki, çoxhüceyrəlilər yaranmamışdan əvvəl olub. Başqa hüceyrələrdən ayrılmamasının səbəbi o ola bilər ki, hər hansıa fundamental bioloji mexanizmləri başqa hüceyrələrlə birlikdə daha rahat həyata keçirir. Hüceyrə ayrırlarsa bu o ona baha başa gələ bilər və qalmaq üçün lazım olan-dan daha çox enerji sərf etməlidir. Buna misal olaraq əsas bioloji hadisələrdən olan, çoxalmamı və ya qidalanmamı göstərmək olar. Fotosimbiotik əlaqədə olan *Paramecium* və *Chlorella*-ni birbirindən ayırib *Paramecium*-u gur işiq altında tutmaq onun həyatda qalmasını daha da çətinləşdirir. Bunlar hamısı başqa bir sual yaradır ki, hansı hallarda hüceyrə tək qalmağı seçilən hansi hallarda başqa hüceyrələrlə yaşayır?

ƏA: Mənimlə paylaşıdığın məqalədə müəlliflər bu suala çox maraqlı bir cavab təklif edirlər (Levin & Dennett, 2020). Cavab oyun nəzəriyyəsində geniş araşdırılmış məhbus-

¹Buna baxmayaraq çoxhüceyrəli prokariot qrupları da məlumdur. Bax: (Lyons & Kolter, 2015)

larnın dilemması ilə əlaqəlidir. Məhbusların dilemmasında iki nəfər şəxs (A və B) müəyyən cinayət şübhəsi ilə polis tərəfindən saxlanılır. Onların hər birinə iki seçim verilir: 1) Diger şəxsi günahlandırmaq və ya 2) susmaq. Əgər məhbuslardan hər ikisi bir-birini günahlandırarsa, hər ikisinə 2 il iş düşür. Əgər məhbus A, məhbus B-ni günahlandırırsa, A azad edilir, B-yə isə 3 il iş verilir (bunun əksi də B üçün keçərli olur). Əgər hər iki məhbus susmayı seçərsə, hər ikisinə cəmi 1 il iş düşür. Burada aydın məsələdir ki, ümumi götürdükdə hamı üçün eyni vaxtda yaxşı olan seçim kompromis variantı, yəni hər iki tərəfin əməkdaşlıq edib susmasıdır. Bir-birimin nə edəcəyini bilməyən, ayrı-ayrı fərdlərin nöqtəyi-nəzərindən baxdıqda isə daha mənqli seçim digərini günahlandırmaq ola bilər.

Bu oyunu bizim sözünü etdiyimiz bioloji kontekstə yerləşdirmək üçün zindandakı məhbusları hansısa bir sulu mühitdəki hüceyrələr kimi düşünməyimiz kifayət edir. Bu halda da əməkdaşlıq etməmək hüceyrələrin bölünüb çoxalma şansını azaldacaq, hər iki tərəf üçün ağır nəticələrə gətirib çıxaracaq. Lakin eynilə orijinal vəziyyətdə olduğu kimi, burada da bir tərəfin digərini istismar etməsi ona fayda verə biləcəyindən (məsələn, qida mənbəyi kimi), bu strategiyadan istifadə etmək üçün səbəblər var. Belədə hansı güc bu hüceyrələri əməkdaşlıq etməyə məcbur edə bilər?

Levin və Dennett-in cavabı budur ki, məhbus dilemmasının həlli üçün tərəflərin bir-birini istismar etməsi və ya aldatması mümkün olmamalıdır. Əgər hər iki tərəfin bir-birinin niyyəti, fikri, məqsədlərinə və s. çıxışları olarsa bərabər imkanlara sahib tərəflərin bir-birini istismar etməsi mümkün olmayacağı. Onların iddiasına görə hüceyrə səviyyəsində bu, aralıq qovşaq (ing. *gap junction*) olaraq bilinən, iki hüceyrənin daxili möhtəviyyatını bir-birinə birbaşa olaraq əlaqələndirən innovasiya nəticəsində mümkün olmuşdur. Buna görə də, aralıq qovşaqla bir-birinə birləşən və məcburi şəkildə bir-birilə əməkdaşlıq edən iki hüceyrə çox hüceyrəliliyin başlangıcı ola bilərdi. Başqa sözlə deyək, sənin də dediyin kimi iki fərqli hüceyrənin hansısa bir formada məcburi olaraq bir vahid halına keçməsi ilə çox hüceyrəliliyin təməli atılmış ola bilər.

Lakin mənca burda kritik olan mühitin fərdiyətçiliyi cərimələyən bir mühit olmasıdır; bu eyni zamanda sənin “hansı hallarda hüceyrə tək qalmağı seçilən hansı hallarda başqa hüceyrələrlə yaşayır?” sualına cavabdır: fərdiyətçilik cərimələnən bir mühitdə hüceyrələr digər hüceyrələrlə yaşamaq məcburiyyətdən qalırlar. Məhbuslar dilemasının əsas özəlliklərindən biri odur ki, mühit ümumilikdə əməkdaşlığı mükafatlandırır, qarşılıqlı rəqabəti isə cərimələyir. Maraqlı sual bu ola bilər ki, əməkdaşlığı mükafatlandırılan, rəqabəti cərimələyən mühitin özəllikləri nə ola bilərdi? Ümumiyyətlə belə bir mühit reallıqda əmələ gəlirmi?



Şəkil 2. Səraitə bağlı olaraq çox hüceyrəli formaya keçən selik kifi *Dictyostelium discoideum* (Mənbə: Wikimedia).

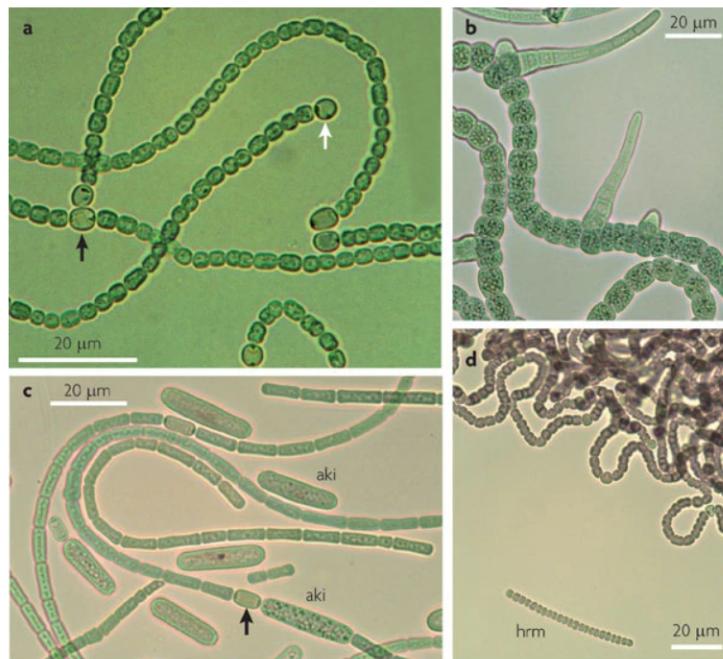
EM: Sənin bu dediklərin mənə bir çox mənada selik kifini (*Dictyostelium discoideum*) xatırladır (**Şəkil 2**), əsasən də əməkdaşlıq və digərinin məqsədə çıxışı barədə dediklərin. Deməli öz ömürlərini həm təkhüceyrəli həm də çox hüceyrəli kimi keçirə bilən bu canlılar, torpaqda yaşayıb bayaqdan haqqında çox danışdığını bakteriya ilə qidalanırlar. Ölçü baxımından təxminən insanda olan ağız qan hüceyrələri boyda olurlar. Maraqlı olan budur ki, çox hüceyrəli olmağa qərar vermələri torpaqda bakteriyannın bitməsi ilə baş verir. Ondan əvvəl hərəsi ayrı-ayrı özləri üçün torpaqda qidalanırlar. Yem bitdikdən sonra isə bir-birlərinə kimyəvi maddə ilə xəbər verərək artıq birləşmək vaxtı olduğunu çatdırırlar. Bunda sonra böyüyərək, sporlarını yayıb yeni torpaq səthinə yayılırlar. Yem qurtaran vaxtı bir-birlərinə mesaj ötürüb birləşmələri bir növ məhbusların dilemmasına oxşayır. Düzdür, bu təkamül vaxtı olmayıb inkişaf vaxtı olsa da, selik kifinin ömrünün belə olması maraq doğurur. Bu halda əməkdaşlığı mükafatlandıran mühit qida qithığının olmasıdır. Amma əminəm ki başqa növ mühitlər də əməkdaşlığı mükafatlandırma bilər²

ƏA: Çox hüceyrəliliyin verdiyi üstünlükler onu icad etmək üçün yaxşı səbəb ola bilər, bəs görəsən çox hüceyrəliliyin olması üçün zəruri olan şeylər nələrdir? Yəni çox hüceyrəliliyin olmazsa olmazları nələrdir? Məsələn, sənin dediyin selik kifi misalının işləməsi üçün, yəni sözügedən canlıların birləşmə qərarı alması üçün eyni mühitdə olub eyni qıcıqları (stimulları) almaları vacibdir. Bir neçə hüceyrənin eyni qıcığı qəbul etməsi üçün 1) ya mühit tamamilə eyni (və ya homogen) olmalıdır, ya da 2) hüceyrələr bir-birinə yaxın olmalı, kompakt şəkildə yerləşməlidirlər. Hüceyrələri six şəkildə bir arada tutmanın bir yolu onları müəyyən ortaq səddin içində saxlamaqdır. Bu səddin varlığını sianobakteriyalar kimi erkən çox hüceyrəlilərdə belə görə bilirik (**Şəkil 3**; Flores & Herrero 2009). Sianobakteriyalar çox vaxt uzun lif formasında olurlar. Liflərin hər biri çox sayıda tək hüceyrədən ibarət olur. Bütöv canlısı əhatələyən kəsintisiz periplazma fərdi hüceyrələri bir-birilə əlaqələndirən daxili bir mühit yaradır və eyni zamanda onların vahid bir təmas xətti üzərində xaricə əlaqə saxlamasına imkan verir (və ya məcbur edir). Beləliklə hüceyrələr 1) bir arada tutulduğuna və 2) oxşar daxili və xarici mühitə məruz qaldığına görə, oxşar qıcıqlar qəbul edirlər.

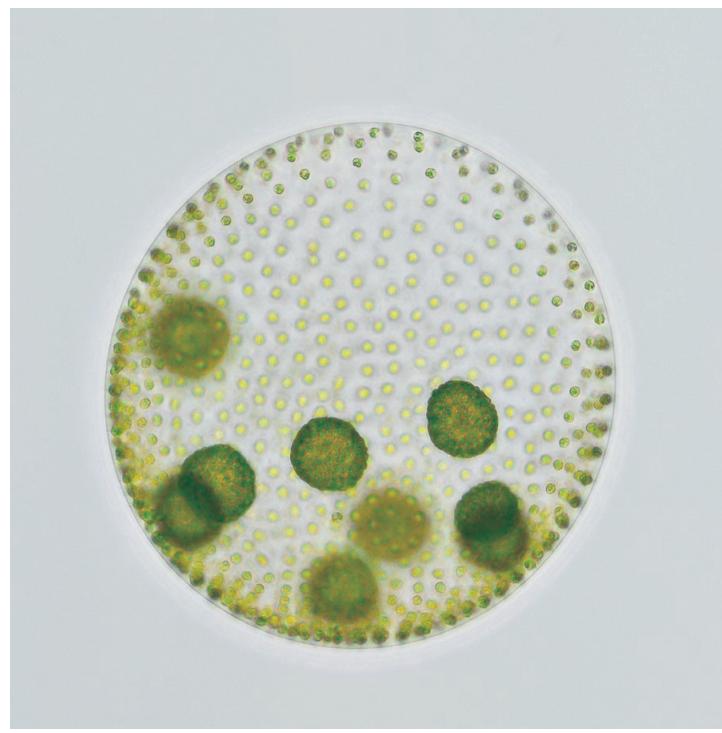
Amma bu dediyim sədd məsələsini canlıların inkişafına ən qrafik şəkildə əlaqələndirən canlılar sianobakteriyalar deyil, *Volvox* adlı canlı və onun aid olduğu Volvocaceae ailəsinə aid digər canlılardır (**Şəkil 4**). Bu canlılar əsasən qeyri-cinsi yolla çoxalır və dərsliklərdəki tipik hüceyrə bölünməsindən fərqli olaraq bir hüceyrə bir dəfəyə çox sayıda bala hüceyrəyə bölünə bilir. *Volvox*-un xaricində görünən səliqəli şəkildə düzülmüş təkhüceyrəli sərhəd qatı bu şəkildə bölünmə zamanı hüceyrələrin bir-birindən natamam ayrılması ilə əmələ gəlir. Yaranan hüceyrələr bir-birinə protoplazmatlar adlanan nazik sitoplazma çıxıntıları ilə bağlanırlar.

EM: Hüceyrələrin vahid qılafla örtülmələri zəruri olsa da, bu örtülmə öz növbəsində onlar arasında informasiya alış-verişini də daha rahat edir. Çox hüceyrəliliyə keçidin növbəti əsas mərhələlərindən biri hüceyrələrin bölünərək ixtisaslaşmalarıdır (və ya fərqliləşmə). Təkhüceyrəlilərdə və bəzi sadə çox hüceyrəlilərdə hüceyrə bölünməsi sərf çoxalma üçün idisə, daha mürəkkəb çox hüceyrəlilərdə hüceyrənin bölünüb başqa potensial hüceyrə növləri əmələ gətirməsi müşahidə olunur. Bundan əlavə tək hüceyrələrdə bölünmə öz-özünə baş versə də, bu çox hüceyrəli canlılarda ətrafdakı hüceyrələrdən aldığı siqnalara bağlıdır. Çox hüceyrəlilərdə inkişaf zamanı da məhz bunun şahidi oluruq. Məsələn, ilkin rüseyim hüceyrələri (IRH) inkişafın başlangıcında başqa yerdə olduqlarından cinsi vəzilərə doğru hərəkət etmələri gərəkdir. Ora getmələri üçün başqa növ hüceyrələr onlara daimi siqnal ötürülməlidir. Bu isə öz növbəsində IRH daxilində epigenetik dəyişikliklərə səbəb olur. Cinsi vəzilərə çatdıqdan sonra isə tam rüseyim (sperm və ya yumurta) halına gəlməyə artıq hazırlıdır. Burda hüceyrələr arasında selik hüceyrələri kimi əməkdaşlıq müşahidə olunur.

²Məsələn, Tong et al., (2022) icmal məqalələrində sadə çox hüceyrəliliyə təkan verən bir sıra faktorları müzakirə edir, bunlara misal olaraq ov olmaqdan qaçma, stresə dayanıqlıq, hərəkətliliyin artması, iş bölgüsü və qarşılıqlı qidalanınma və s. kimi faktorları göstərir.



Şəkil 3. Ortaq qilafla bir arada tutulan çox hüceyrəli sianobakteriyalar (Mənbə: Flores & Herrero, 2009)



Şəkil 4. Natamam bölünmə ilə əmələ gələn *Volvox* (Mənbə: Wikimedia)

Təkcə inkişaf prosesi deyil, eləcə də, məsələn, yetkin məməlilərdə sümük iliyindəki qan kök hüceyrələri də belə işləyir. Onların bölünüb fərqli immun və qan hüceyrə növləri əmələ gətirməsi üçün, digər hüceyrə növlərindən (məs. osteoblast hüceyrələri) ifraz olunmuş siqnal molekülləri lazımdır (məs. pleksin). Bu da öz növbəsində kök hüceyrələrində metabolizmlə bağlı prosesləri başladır və beləcə hüceyrə böyüüb, bölünüb həm özünü təzələyir həm də bədənə stress zamamı (məs. koronavirus infeksiyası) lazımı immun hüceyrələrini əmələ gatırır. Əlbəttə bu kök hüceyrələri həmişə bölünmür. Əgər elə olsayı ehtiyatları tez tükənər və lazım olan zaman öz funksiyasını yerinə gətirə bilməzdi (Yanai & Beerman, 2020). Əlbəttə belə bir informasiya alış-verişinin daha əlverişli olması üçün hüceyrələrin bir-birinə əlaqədə müəyyən bir məkan anlayışı yaratmaları vacibdir (məs. sən dediyin kimi qliflə örtülmək).

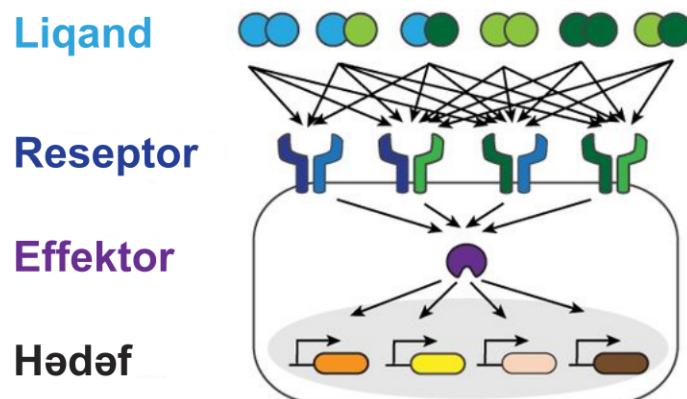
ƏA: Yəni, deyirsən ki, aşağı-yuxarı oxşar hüceyrələrdən ibarət hüceyrə kütləsindən çıxıb ixtisaslaşmış, iş bölgüsünün olduğu bir quruluşa keçid üçün lazım olan əsas şey hüceyrələrənə xəbərləşmədir. Xəbərləşmənin ixtisaslaşma ilə əlaqəsi şübhəsizdir, amma əmin deyiləm xəbərləşmə ixtisaslaşmadan yaranıb, yoxsa ixtisaslaşma xəbərləşmədən: yəni, görəsən bunlardan hansı səbəb-nəticə sırasında öncül rol oynayır? Ümumiyətlə, fərqliləşməni ortaya çıxaran səbəblər nələrdir?

Mənim ilk ağlıma gələn şeylərdən biri bacarıqların - təsadüfi səbəblərdən belə olsa - qeyri-bərabər paylanmasıdır. Məsələn, konkret misalda desək, bəzi hüceyrələr təsadüfi şəkildə xarici mühit faktorları ilə daha çox təmasda ola, başqa bir qrup isə əsasən daxili mühitlə təmasda qalmış ola bilər; məsələn, qeyri-yastı, içi dolu, kürəvi bir hüceyrə topasında bunun baş verməsi mütləqdir. Məkanda bu şəkildə paylanma fərqli hüceyrə qruplarına fərqli bacarıqlar qazandıraraq onların ixtisaslaşması üçün şərait yarada bilər. Məsələn, onurğalı rüşeymlərinin inkişafında da, daha dəqiq desək, blastosistin yaranmasında, xarici və daxili ayrimının baş verdiyini görürük. Bu baxımdan, bir nöqtədə kifayət qədər çox hüceyrəyə sahib bir canlıda hüceyrələrin fərqliləşməsi avtomatik olaraq baş verən bir prosesdir: fiziki ölçülər artdıqca hüceyrələr arasında bacarıq, çıxış (access) fərqləri artmağa meyllidir; belədə çox sayda hüceyrənin ayrı-ayrılıqda ehtiyacını qarşılıamaq problemi, bütöv hüceyrə səthi ilə mühitlə əlaqədə olan tək hüceyrənin öz ehtiyaclarını qarşılıamaq problemindən fərqlənməyə başlayır. Bu mərhələdə hüceyrələr arası koordinasiya, xəbərləşmə, ixtisaslaşma, hüceyrələrin üçölçülü fəzada bir-birilə əlaqəsi və s. kimi faktorlar həmin çox hüceyrəli canının stabilliyini təyin edir.

Yəni, çox hüceyrəlilikdə hüceyrələr arasında bərabərsizlik fiziki şərtlərin diktə etdiyi məcburiyyət olsa da, hər hansı bir çox hüceyrəlinin stabil olub, həyatda qalmasını təyin edən bu fərqliləşən hüceyrələrin nə dərəcədə koordinasiya edə bilmə qabiliyyətidir, çünkü bir-birinə pərcimlənmiş bu hüceyrələr artıq metabolik ehtiyaclarını müstəqil formada qarşılıaya bilmir, homeostatik tarazlığı müstəqil şəkildə çata bilmir. Bu zaman onlar bir-birilə hansısa bir formada əlaqə yaradıb ehtiyaclarını bu ehtiyacları qarşılıaya biləcək hüceyrələrdən ala, əvəzində o hüceyrələrə də onların ehtiyac duyduqları şeyləri verə bilməlidirlər. Məsələn, yuxarıda qeyd etdiyim daxili-xarici hüceyrə təbəqələri misalında, ətraf mühitdən təcrid olunmuş daxili hüceyrələr xaricdə qida yaxşı çıxışı olan hüceyrələrdən qidanı almaq üçün hansı mexanizmləri istifadə etmiş ola bilərdi? Bu tipli qarşılıqlı əlaqələrin necə yarandığı ilə bağlı bir şeylər bilirikmi?

EM: Bakteriyaya lazımı qədər qida və yer versən sonsuza qədər çoxalma qabiliyyəti var. Amma çox hüceyrəli orqanizmdə ümumi həcm darlığı problemindən bu mümkün deyil. Böyrəklərimiz və ya iürəyimiz öz işlərini yerinə gətirmək üçün yetəri qədər böyüməlidir, amma başqa orqanlara da yer qoymaq üçün çox böyüyə bilməzlər. Bu o deməkdir ki, təkamüldə çox hüceyrəliliyə keçid zamamı hüceyrələrin funksiyası daha çox məkan anlayışı ilə əlaqələnməli idi. Çox hüceyrəlilikdə hüceyrə bölünməsi və çoxalması çiddi şəkildə idarə olunması buna görə bir çox konktestlərdə önemlidir. Bu idarəetmə mexanizmi digər hüceyrələrin verdiyi siqnallarla mümkün olur. Yuxarıda yazdığını qan kök hüceyrələri və onları bölünüb çoxalmaqdan saxlayan ətraf siqnalları buna misaldır.

Prokariotlardan eukariotlara keçid zamani, hüceyrədaxili və xarici siqnallaşma, hüceyrə ətrafindakı bioelektrik və biomexanik qüvvələrinin istifadəsi, hüceyrələrə yapışma və digər kommunikasiya xətləri üçün lazım olan molekullarda çox böyük şəkildə artım müşahidə olunur (Marijuán et al., 2013). Bu isə hüceyrəyə “molekulyar arsenal” qazandıraraq, mürəkkəb situasiyalarda qarşidan gələbiləcək hadisələrə cavab vermə potensialı götirir. Məsələn deyək ki, hüceyrədə 10 dənə fərqli kommunikasiya üçün molekul var. Bunnları, m_1, m_2, \dots, m_9 adlandıraq. Hüceyrə bəzi hallarda məsələn, m_1 və m_2 istifadə edirsə, bəzilərində m_5 və m_9 , digər hallarda isə m_1, m_2, m_5 və m_9 , və s. istifadə edir. Göründüyü kimi mümkün kombinasiyaların sayı çoxdur. Əlindəki olan kommunikasiya resurslarından dan kreativ və kombinatorial şəkildə istifadəsi, inkişaf və ya təkamül zamanı hüceyrəyə yaranı biləcək bir problemləri həll etməyə köməklik göstərir (Li & Elowitz, 2019).



Şəkil 5. Hüceyrələrarası kommunikasiyada kombinatorial imkanlar (Mənbə: Li & Elowitz, 2019).

Bir-birilə əlaqədə olan hüceyrə növlərinin zamanla stabil bir düzünlüşə gəlməsi məncə əks-əlaqə dövrələrindən yaranır. Bunu təbiətdə bir çox yerdə görmək olar. Sadə bir misal olaraq ovçu və şikar heyvanların dinamikasını göstərmək mümkündür. Ovçu heyvanlarının sayı artdıqca şikar heyvanların sayı azalır və eyni ilə bu özündə əks-təsir yaradıb bilavasitə ov heyvanlarının sayını aşağı salır. Bioloji sistemlərdə bir neçə alternativ əks-əlaqə dövrələri adətən mövcud olur, biri pozularsa digəri işə düşsün deyə. Bu da yenə stabillik və nizama öz töhfəsini vermək üçündür. Əks-əlaqə dövrələri və onların bioloji stabilliyə töhfəsi haqqında başqa bir söhbətdə ətraflı davam etmək olar, amma hələlik əsas yadda saxlamalı olduğumuz şey, belə dövrələrdə hər zaman “ağalıq” edən bir amilin olmamasıdır (Noble, 2016). Yəni, bir-birilə siqnalötürmə yolu ilə homeostatik tarazlığa gələn hüceyrələr bir-birinə “ağalıq” etmir, sadəcə çalışaraq ümumi canlinı müəyyən fizioloji normalar çərçivəsində saxlayır.

Hər hansı bir canlı və ya canlı qrupunun bir varlıq kimi təkamüldən keçməsi üçün onların parçalarının ümumi bir taleyi olduğunu düşünmək gərəkdir. Çox hüceyrəli orqanizmin parçaları olan hüceyrələr də bir bütöv halda təkamüldən keçmələri üçün, öz aralarında rəqabəti azaltmaları və ya nəzarət altında saxlamaları gərək olub. Bundan əlavə orqanizm səviyyəsində işləri öz aralarında effektiv bölmək üçün hüceyrələr effektiv kommunikasiya saxlamağı öyrəniliblər. Bir xokkey azarkeşi olaraq NHL-də (Milli Xokkey Liqası) ona fikir verirəm ki, çox vaxt ən yaxşı oyuncuları olan komanda yox, komanda yoldaşlarının birbirlinə çox yaxın dostluq etdiyi bir komanda sonda çempion olur.

İstinadlar

- Levin, M., & Dennett, D. C. (2020). Cognition all the way down. *Aeon Essays*. <https://aeon.co/essays/how-to-understand-cells-tissues-and-organs-as-agents-with-agendas>
- Li, P., & Elowitz, M. B. (2019). Communication codes in developmental signaling pathways. *Development* (Cambridge, England), 146(12), dev170977. <https://doi.org/10.1242/dev.170977>
- Lima, A., Lubatti, G., Burgstaller, J., Hu, D., Green, A. P., Di Gregorio, A., Zawadzki, T., Pernaute, B., Mahammadov, E., Perez-Montero, S., Dore, M., Sanchez, J. M., Bowling, S., Sancho, M., Kolbe, T., Karimi, M. M., Carling, D., Jones, N., Srinivas, S., ... Rodriguez, T. A. (2021). Cell competition acts as a purifying selection to eliminate cells with mitochondrial defects during early mouse development. *Nature Metabolism*, 3(8), Article 8. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00422-7>
- Lyons, N. A., & Kolter, R. (2015). On The Evolution of Bacterial Multicellularity. *Current Opinion in Microbiology*, 24, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2014.12.007>
- Marijuán, P. C., del Moral, R., & Navarro, J. (2013). On eukaryotic intelligence: Signaling system's guidance in the evolution of multicellular organization. *Bio Systems*, 114(1), 8–24. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2013.06.005>
- Márquez-Zacarías, P., Pineau, R. M., Gomez, M., Veliz-Cuba, A., Murrugarra, D., Ratcliff, W. C., & Niklas, K. J. (2021). Evolution of Cellular Differentiation: From Hypotheses to Models. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(1), 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.07.013>
- Noble, D. (2016). *Dance to the Tune of Life: Biological Relativity*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316771488>
- Stephenson, R. O., Yamanaka, Y., & Rossant, J. (2010). Disorganized epithelial polarity and excess trophectoderm cell fate in preimplantation embryos lacking E-cadherin. *Development* (Cambridge, England), 137(20), 3383–3391. <https://doi.org/10.1242/dev.050195>
- Tong, K., Bozdag, G. O., & Ratcliff, W. C. (2022). Selective drivers of simple multicellularity. *Current Opinion in Microbiology*, 67, 102141. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2022.102141>
- Veit, W. (2019). Evolution of multicellularity: cheating done right. *Biology & Philosophy*, 34, 1-22.
- Yanai, H., & Beerman, I. (2020). Proliferation: Driver of HSC aging phenotypes? *Mechanisms of Ageing and Development*, 191, 111331. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111331>