

HAREKET DOLU HÜCRELER

Mary MURRAY

Canlı bir hücre, ince filamentlerin ve proteinden yapılmış minik motorların güç verdiği hareketli bir dünyadır.

Vücudumuzdaki pek çok hücre hareketlidir. Resimde bir makrolaj, bir eşli akyuvar, bakterileri yakalıyor.

1980 kışıydı... Massachusetts'deki Marine Biyoloji Laboratuvarı'nda öğrencilerine mikroskop tekniği hakkında bilgi vermekte olan biyolog Robert Day Allen, garip bir sürprizle karşılaştı. Mikroskobuna taktığı video kamera aracılığıyla, monitör üzerinde örneğin incelenmesi hakkında açıklamalar yapıyordu. Ayar iyi yapılmadığında görüntünün nasıl kaybolacağını göstermek istedi; mikroskobun ayarını bozdu. Fakat görüntü hâlâ ekrandaydı ve öncekinden daha netti...

Kendisinin de sonradan farkettiği gibi Allen, aslında çok şanslı bir gün yaşıyordu. Kameranın otomatik ayarlarından biri düzgün çalışmıyor; bu ise görüntünün zeminini karartarak kontrastı artırıyor. Sonuç olarak ise kimsenin bir ışık mikroskobuyla şimdiki kadar görmediği incelikteki ayrıntılar ekrana geliyordu. Allen, bilmeden mikrodünyaya yeni bir pencere açmıştı.

Biyolog, vakit kaybetmeden değişik örnekler üzerinde çalışmaya başladı. Önce, sinir hücresinin uzan-

tısı olan bir aksonu görüntüledi. Mikroskop merceklerinden baktığında basit ve sessiz bir yapı gözüküyordu. Ardından kamerayı çalıştırdı. Artık sahne yerini karmaşık bir şebeke örgüsüne bırakmıştı.

Aksonun merkezi, çok ince protein iplikçikleriyle (filamentler) örülmüştü. Bunlar, minik partüküllerin iki yönlü trafiğini taşıyorlardı. Hücre zarının eskiyen parçacıkları merkeze taşınırken, bunların yerini alacak yenileri dış kısımlara iletiliyordu. Hücrenin güç ünitesi olan mitokondriler, her iki yönde gelip gidiyorlardı. Bu haliyle aksonun içi kalabalık bir şehir trafiğini andırıyordu.

Araştırmacılar daha önce elektron mikroskoplarıyla protein filamentlerini görmüşler ve bunlara mikrotübül adını vermişlerdi. Fakat onlar, teknik gereği sadece ölü hücreleri inceleyebilmiş, mikrotübüllerdeki yoğun trafiği hiç görüntüleyememişlerdi.

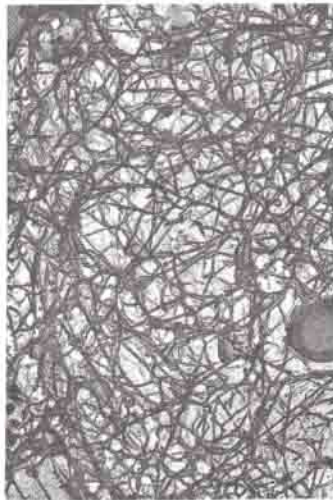
Geçtiğimiz son on yıl içinde hücre düzeyindeki hareketler hakkında pek çok araştırmalar yapılmış-

tır. Bunlar, sadece hücre içi transportunu değil, tüm hücrenin hareketini ve bölünmesini inceleyen araştırmalardır. Allen, 1986'da kanserden öldü; fakat meslektaşları ve öğrencileri, onun video tekniğini, biyokimyanın ve genetik mühendisliğinin yeni teknikleriyle birlikte hücre hareketinin anlaşılmasında kullanıyorlar. Bu alan her geçen gün biraz daha aydınlatılıyor. Hücrenin bir materyali içine almasından, bir yüzeyde sürünmesine ve bölünmesine kadar pek çok olayın temelde aynı mekanizmaya dayandığı anlaşılmıştır. Bu mekanizma, motor görevi yapan protein molekülleri ve hücrenin iskeletini oluşturan, otoyol rolü üstlenmiş protein filamentleriyle işlemektedir.

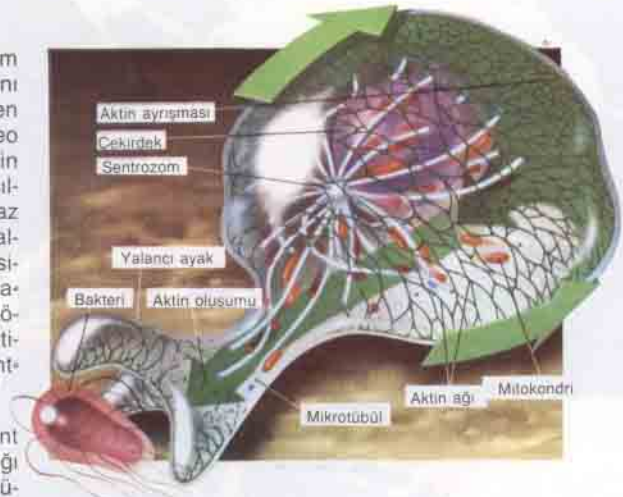
Mikrotübüller, bir hücrede bulunan tek filament çeşidi değildir. Tüm hücreler, kendine has kalınlığı ve yapısı olan üç ayrı tip filament içerirler. Mikrotübüller, bunların en kalınları olup, çekirdekte etrafa, her yönde yayılırlar. En inceleri ise aktin filamentleridir ve mikrotübüllerin üçte biri kalınlıklarıyla gruplar halinde hücre için ileri geri sarmışlardır. Ayrıca hücre zarının hemen altında, onu destekleyen tek aktin filamentlerinden yapılmış bir ağ bulunmaktadır. Üçüncü tip filamentler ise hareketle pek ilgili gözükmemektedir.

Bu üç grup filament birlikte hücrenin iskeletini oluştururlar. Bu gerçek, yani hücrelerin kendilerine özgü bir iskelete sahip oldukları daha 1960'larda öğrenilmiştir. Daha önceki hücre imajı, sitoplazmik usure (sıvı) ile dolu, içinde organellerin yüzdüğü bir torbacık şeklindedeydi. Öte yandan hücre iskeletinin keşfinden bu yana yapılan araştırmalar, bunun hayvanlardaki gibi sabit bir yapı olmayıp bir makine gibi çalıştığını ortaya koymuştur.

Bu makinenin ilk görüntüleri daha hücre iskeletinin varlığı bilinmezden önce alınmıştı. Ellilerde elektron mikroskopuyla çalışan araştırmacılar, kas hücrelerinde yoğun aktin filamentleri gözlemişlerdi. Filamentler, yer yer miyozin adı verilen başka bir tür



Hücre zarı alttan bir aktin ağıyla desteklenmektedir.



Yürüyen bir hücre: Makrofağ, arka kısmındaki aktin ağının kasılmasıyla ilerliyor. Ağ, arka kısma çekilerek ayrıştırılıyor ve yalancı ayağa gönderilerek burada tekrar kuruluyor. Bu sırada organeller, mikrotübülleri kullanarak yer değiştiriyorlar.

filamentle beraber olarak düzgün diziler halinde sıralanıyordu. Miyosin, aktin iplikçiklerinin yanı sıra uzanmakta ve bu ikisi arasında gerçekleşen ilişki sonucu hücreler kasılmaktaydı.

Altmışların sonlarında, biyolog Hugh Huxley, kas hareketinin temelinde yatan moleküler mekanizmayı ortaya koydu. İlk önceleri bu mekanizmanın yalnızca kas hücrelerinde bulunduğu sanılırken, daha sonraları, tüm hücre hareketlerinde aynı mekanizmanın rol oynadığı anlaşılmıştır. Sonuçta, her şey, ya bir biri üzerinde kayan iplikçiklere ya da iplikçikler üzerinde kayan küçük parçacıklara dayanmaktadır. Bir başka deyişle, her zaman, iskelet yapının oluşturduğu otoyollar üzerinde gelip giden motorlu taşıtlar gözlenmektedir.

Yapılan araştırmalarda, tüm hücre hareketleri için yakıt olarak ATP denilen bir maddenin kullanıldığı belirlenmiştir. ATP, adalelerin kasılması için kullanılan yakıtın aynısıdır. Bu, her iki hareket sisteminin benzer bir mekanizmayla çalıştığı görüşünü desteklemektedir. Yani, hücre içinde taşımayı gerçekleştiren motorların yapısında da miyosin benzeri moleküllerin bulunması beklenmektedir.

1985'te bir araştırma grubu, bunu doğrulayan ilk mekanizmayı ortaya koydu. Kinesin adı verilen, miyosine çok benzeyen bir molekül, hücre içindeki motorlardan birinin yapısını oluşturuyordu. Uzun kuyruk kısmına taşınacak partükül bağlanıyor, iki yuvarlak kafasıyla mikrotübüller üzerinde ilerliyordu. Bir partükülün taşınmasında iki kinesin molekülünün rol aldığı, biri kurulup yeni bir harekete hazırlanırken diğerinin mikrotübül üzerine tutunarak yükün kaçmasını engellediği sanılmaktadır. Bu, tıpkı yürürken iki ayağın gerçekleştirdiği ortak harekete benzerdir.

Kinesinin görevi, parçacıkları çekirdektekin hücre zarına kadar taşımaktır. Yükü ise, mitokondri, başka organeller, hücrenin salgıladığı hormonlar, nörotansmitterler gibi maddelerdir. Taşınan maddenin türü, hücrenin tipiyle alakalıdır.

Kinesinin yapmadığı bir şey, ters yönde, zardan çekirdeğe taşıma işidir. Her ne kadar mikrotübüller iki yönlü bir yol gibi olsa da dönüş istikametinde transportu bir başka protein motor, dynein sağlamaktadır.

Öte yandan, bu işte rol alan bir başka molekülün, dinaminin de daha başkalarının da varlığı bilim adamları tarafından öne sürülmektedir. Bazıları ise her yüke göre farklı bir taşıyıcı molekülün bulunduğunu savunmaktadır.

Diğer taraftan, hücre içinde mikrotübüllerden ayrı, aktin filamentlerinin de otoyollar gibi iş gördüğü anlaşılmıştır. Burada işleyen taşıtlar, myosin molekülleridir.

Her ne kadar bu hücre içi taşıma sistemini bir otoyol ağına benzetsek de bu yolun çok farklı bir özelliği, bölünen hücrelerde tekrar kendini tamamlamasıdır.

Bir hücre bölünmesinde ilk adım, kromozomların çiftleşerek hücrenin iki kutbunda toplanmasıdır. Bu olayda mikrotübüllerin rol oynadığı, uzun süreden beri bilinmektedir. Fakat nasıl gerçekleştiği daha yeni yeni açığa çıkmaktadır.

Hücre her bölündüğünde, mikrotübüller parçalarına ayrışır ve sonra tekrar birleşirler. Parçalar, sentrozom adı verilen hücrenin iki kutbunda oluşan nüvelerden başlayarak mikrotübülleri tekrar kurarlar. Bu sırada kromozomlar mikrotübüllere tutunarak bunların üzerinde yürürler. Araştırmacılar, buradaki hareketi dynein molekülünün sağladığını düşünmektedir.

Hücre bölünmesi anındaki bu işlem sırasında, bazı mikrotübüllerin de birbirine tutunarak iki kutup arasında bir köprü oluşturduğu, böylece hücrenin bölünmesinin engellendiği sanılmaktadır.

Kromozomlar iki gruba ayrıldıktan sonra aktin filamentleri harekete geçerler. Zarın altında bir ağ gibi hücreyi saran bu yapı, orta kısımda bir halka oluşturmaya başlar. Miyosin moleküllerinin de katılımıyla halka kasılır ve gittikçe daralarak hücreyi ortadan ikiye böler.

Hücre, bir bütün olarak hareket etmek istediğinde yine yük aktin filamentlerine düşmektedir. Pek çok tek hücreli canlı, yiyecek bulmak için dolaşmak zorundadır. Bununla birlikte insan vücudundaki birçok hücre de hareketlidir. Örneğin, fibroblastlar tamir için yaralı bölgelere gelirler, akyuvarlar, bakteri ve virüsleri yakalayabilecek yeteneindedir. Tüm bu hücreler, kasılıp genişleyerek hücrenin şeklini değiştiren ve ilerlemesini sağlayan aktin ağı yardımıyla hareket ederler.

Bu nasıl olmaktadır? Kesin olmamakla birlikte bazı hipotezler öne sürülmektedir. Buna göre, hücre ilerlemek istediği yönde önce bir zar çıkıntısı oluşur. Bu çıkıntı (yalancı ayak), hemen aktin ağıyla güçlendirilir. Bu sırada, hücrenin arka kısmında bulunan aktin ağı kasılmakta ve hücre içi yapıları öne doğru itmektedir. Oluşan akıntı ile yalancı ayak bir yandan büyürken hücre de öne doğru ilerler.

Bu sistem için "diş macunu tüpü" benzetmesi yapılmaktadır. Kimileri bunun için, "arkadan itişli" deyimini kullanırken, bazı araştırmacılar da "önden çekişli" bir modeli savunmaktadır. Buna göre, hücrenin hareketi, ön tarafta kasılan aktin filamentlerinin sağlanmaktadır. Öte yandan, hücrenin çift çekişli olduğunu, ortama ve amaca göre bunlardan birini ya da her ikisini birlikte kullandığını söyleyenler de vardır.

Hücre hareketini açıklayan modellerin hepsi henüz pek çok eksikliklere sahip. Fakat yine de ana hatlar kabaca çizilmiş durumda. Tüm tablo tamamlandığında canlı hücre hakkında bildiklerimiz oldukça artacaktır. Bir bilim adamının deyişiyle, "bir hücrenin hareket yeteneği, neredeyse hayatın da tarifidir."

Discover'dan çev.: Alper BOLAT

NÜKLEER REAKTÖRLERİ EMEKLİ ETMEK

Artık güvenli ve ekonomik olarak işletilmeyecek kadar eski reaktörlerin devre dışı bırakılması gerekiyor. Bunlar genelde 30-40 yıldır hizmette olanlardır. Önümüzdeki on yıl içinde Batı ülkelerinin, 50 kadar reaktörü devre dışı bırakması gerekecek. Ama nasıl?

Bir reaktörü yok edemezsiniz, bir kenara da bırakıp terk edemezsiniz. Bu iş için üç temel teknik vardır. Birincisi reaktörü tamamen çimentoyla kaplayıp gömmek. İkincisi reaktörü önce temizlemek, sonra yerinden alınıp gömüleceği yere götürülene kadar birkaç önyıl denetim altında tutmak. Üçüncüsü ise hızlı temizleme ve parçalama.

Yaklaşık bir düzine Amerikan reaktörü, hazin sonuçlarını bekliyor. Bunların çoğu küçük olanlar. Bu zamana kadar devre dışı bırakılan en büyük reaktör 1957'de hizmete giren dünyanın ilk ticari reaktörü olan 72 megawatt'lık Shippingport reaktörüdür. Reaktörün 1000 tonluk gövdesi çıkartılıp 8000 mil ötede, Washington'daki Columbia nehri yanına gömüldü.

Popular Science'den çev. Mustafa ÖZTÜRK

