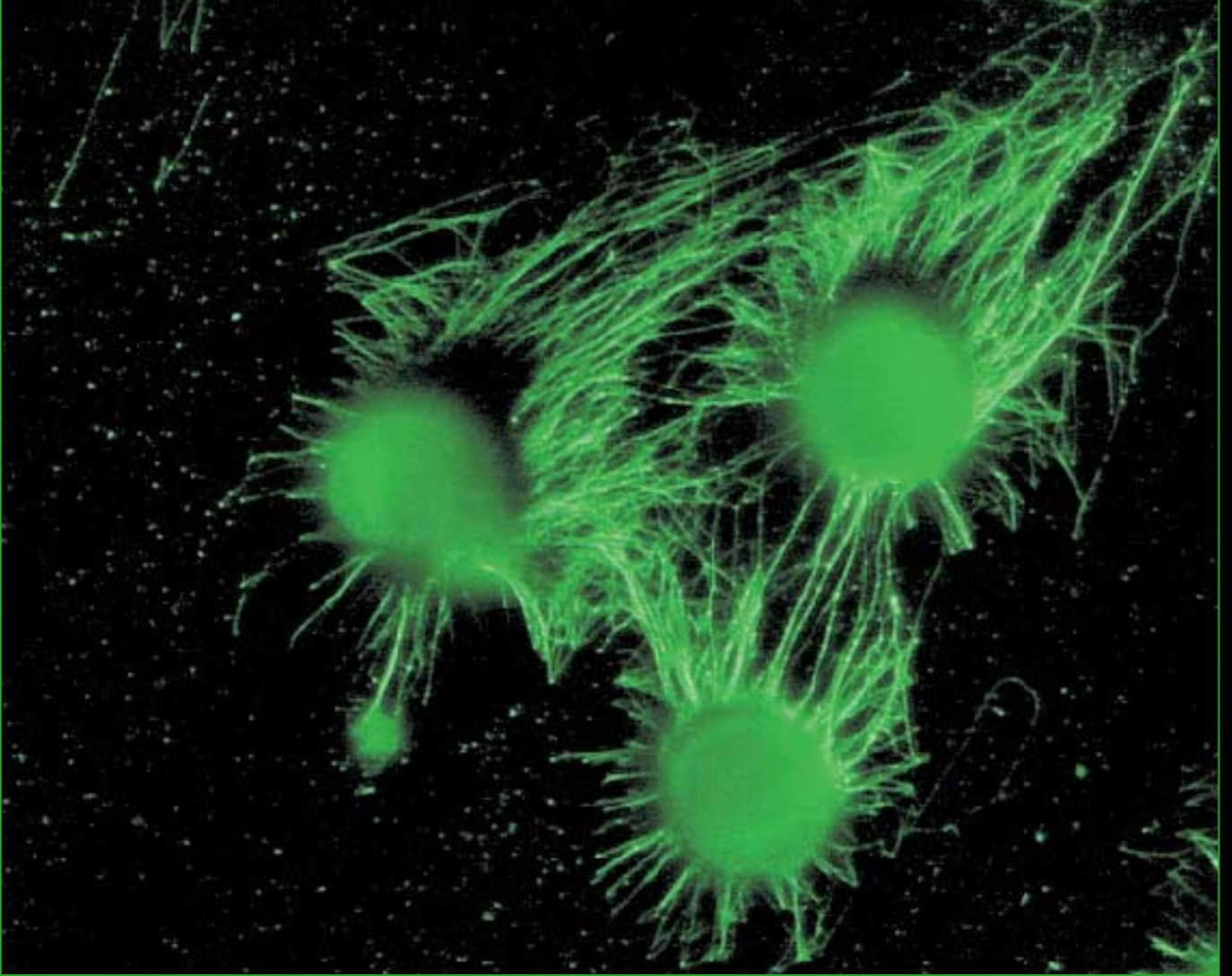


# Hücre İskeleti



Bilim, evrenin gizlerini bir bir çözmeye devam ediyor. Özellikle santimetrenin binde biri büyüklüğündeki dünyalarda incelenecek o kadar çok şey var ki; her geçen gün yeni bilgiler öğreniyoruz. İşte bunlardan biri de hücre iskeletiyle ilgili... Kimileri karşı çıkabilir, hücrenin iskeleti olur mu diye? Neden olmasın? Olur... Üstelik hücre biyologlarının elinde bu konuya ilişkin epeyce bulgu var.

Vücudumuz trilyonlarca hücreden oluşur. Ama bu hücreler o kadar küçüktür ki, ancak mikroskop altında görülebilirler. Fen derslerinde ağzınızın içindeki dokudan hücre örnekleri alıp mikroskopta incelemiştinizdir. Kırmızı kan hücrelerini de incelemiştinizdir belki. Ya da resimlerini görmüşsünüzdür kitaplarda. Biçimlerine dikkat ettiniz mi? Evet, yuvarlak ve yassıdırlar. Peki, deri hücresi gördünüz mü hiç? Kas hücresi?

Sinir hücresi? Ya kemik hücresi? Vücudumuzda 200'den fazla hücre çeşidi var. Bunların hepsi farklı biçimde, farklı özellikte. Örneğin kas hücreleri, ince ve uzun. Üstelik kasılıp gevşeme özelliğine sahipler. Belki siz bunları zaten biliyorsunuz. O zaman soruyoruz: Hücrelere belirli bir biçim veren, onların hareket etmesine yardım eden ve çekirdeği yerinde tutan nedir? Bunu bileniniz var mı acaba? Kurnaz davranıp, yazının başlığına ya da

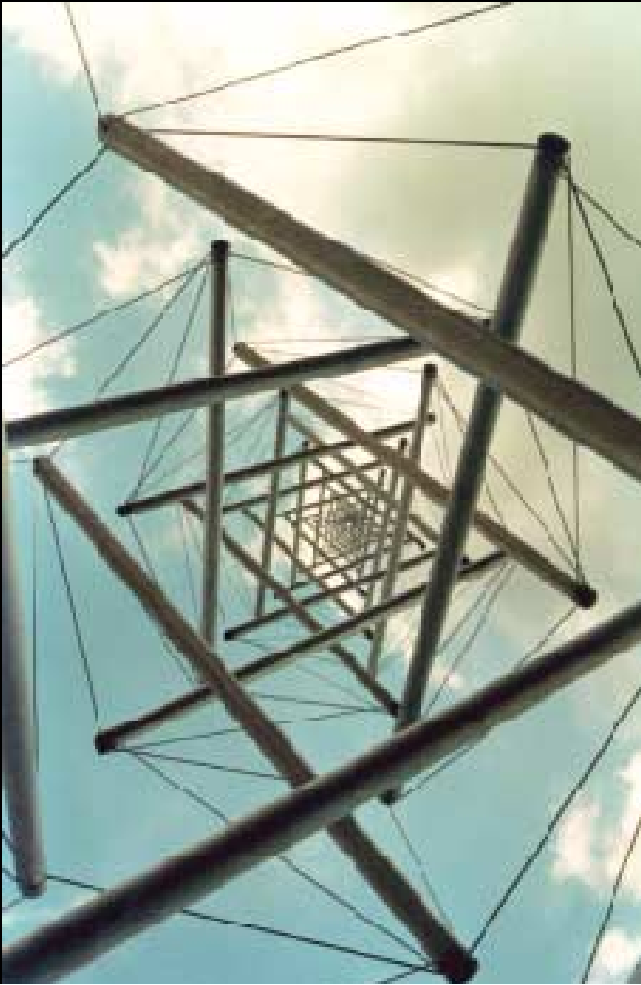
girişine bakıp "hücre iskeleti" diyenler varsa, onlara bravo doğrusu!

Hücre iskeleti, bizim iskeletimiz gibi kalsiyum içeren kemiklerden oluşmaz. Hücre iskeleti, zincirler halinde dizilmiş protein moleküllerinden oluşur. Bunu aklınızda canlandırmanız zor olabilir. Heykel sanatından yardım alalım. ABD'de Kenneth Snelson, kendine özgü bir tarzda heykeller yapmış. "Bunun hücreyle ilişkisi ne?" diye düşünebilirsiniz. Ama sanatçının "iğne kulesi" adlı heykelini görürseniz, hücre iskeletinin yapısını anlarsınız. 20 m boyundaki iğne kulesi, çubuklar arasına tellerin bağlanmasıyla yapılmış. Snelson, kulenin sağlam olabilmesi için, telleri iyice germiş. Çubukları da tellere gerginlik kazandırmak amacıyla sıkıştırıcı olarak kullanmış. Böylece, kule yıkılmadan durabilme özelliğine sahip olmuş. Hücre iskeletinin yapısını oluşturan protein zincirlerinin durumu da buna benzer. Protein zincirlerinin oluşturduğu yapıyı, kimi ince, kimi kalın, kiminin içi boş teller ve çubuklardan oluşan bir heykel gibi düşünün. Sonuçta meydana gelen yapı dengeli, sağlam; ama esnek.

### Hücre İskeleti Gıdıklanırsa Ne Olur?

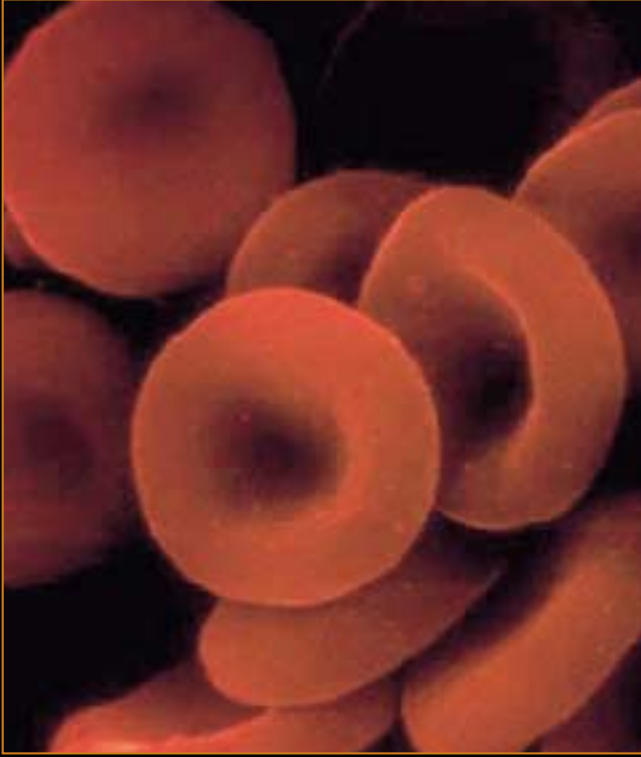
Yalnızca hücre biyologları değil, NASA'daki araştırmacılar da hücre iskeletlerine ilgi duyuyor.

Kenneth Snelson'un "iğne kulesi" adlı heykelinin alttan görünüşü. İğne kulesi kınıp düşecek, rüzgârla uçacakmış gibi görünüyor. Ama oldukça sağlam; tıpkı hücre iskeleti gibi.



Araştırmacılar, yerçekimi etkisinin olmadığı uzayda ne olacağını merak ediyorlar. Çünkü, iskeleti oluşturan protein zincirleri, yerçekimi karşısında tıpkı Snelson'un heykelindeki gibi bir gerilim ve sıkışıklık kazanır. Hücre iskeletleri uzayda "gevşediğinde" hücreler farklı davranır mı? Harvard Üniversitesi'ndeki hücre biyologları bunu araştırıyor. Onlara göre, hücre iskeleti, yerçekimini ya da herhangi bir kuvveti, yapısında bulunan ve "integrin" denilen özel proteinler aracılığıyla algılayabiliyor. Bu özel proteinler, hem hücre yüzeyinde hem de iç kısmında bulunurlar. Hücre dışındakiler, hücre dışı matrikse tutunurlar. Hücre dışı matriks, hücrelerin arasında yer alan iplikli bir yapıdır. Hücreler, bu iplikli yapıya sıkı sıkıya bağlıdır. Araştırmacılar, integrinler hareket ettiğinde, hücre iskeletinin sertleştiğini keşfetmişler. Integrinleri nasıl hareket ettirdiklerine gelince, bunu yapmak için eğlenceli ve akıllıca bir yol bulmuşlar. Amaçları da, hücre iskeletinin manyetik kuvvet karşısında nasıl tepki vereceğine bakmak. Büyüklükleri, santimetrenin binde biri ve yüzde biri arasında olan küçük manyetik boncuklar hazırlamışlar. Boncukları integrine tutunan özel moleküllerle kaplamışlar. Ayrıca, manyetik bir alan oluşturmuşlar. Böylece integrine, yani hücre iskeletine tutunması sağlanmış manyetik boncukların manyetik alana bırakıldıklarında nasıl davranacaklarına bakmışlar. Tıpkı pusulanın Dünya'nın manyetik alanına göre yön bulması gibi, boncuklar da manyetik alanda dizilecek biçimde dönmeye başlamışlar. Boncukların böyle davranması, ilk olarak integrinlerin, daha sonra da hücre iskeletinin dönmesini sağlamış. Hücre iskeleti giderek sertleşmiş ve sonunda boncuklar bir derece bile dönmeyecek hale gelmişler. Hücre iskeletinin nasıl dönüp, sertleştiğini anladınız mı? Çamaşır yıkadınız, suyunu sıkacaksınız diyelim. Ne yaparsınız? Çamaşırı iki ucundan tutup, çevirip sıkarsınız. Sıkılarak bükülen çamaşır sert bir biçim kazanır. Ya da gıdıklandığınızı düşünün. Ne yaparsınız, kasılmaz mısınız? İşte, gıdıklanan hücre iskeletinin başına da bunlar gelmiş.

Integrinlerin dönmesi sırasında, yalnızca hücre iskeleti sertleşmekle kalmamış, belirli genler de etkin hale geçmiştir. Peki, bir genin etkin hale geçmesi ne demek? Genin RNA ve protein üretmesi demek. Bu önemli, çünkü proteinler hücrelerin etkinliklerini yapabilmelerini sağlayan moleküllerdir. Demek ki, hücre iskeleti, hücreye yalnızca şekil vermekle kalmıyor, dış kuvvetlere tepki veriyor.



Kırmızı kan hücrelerinin kendine özgü yassı biçimini hücre iskeleti verir.

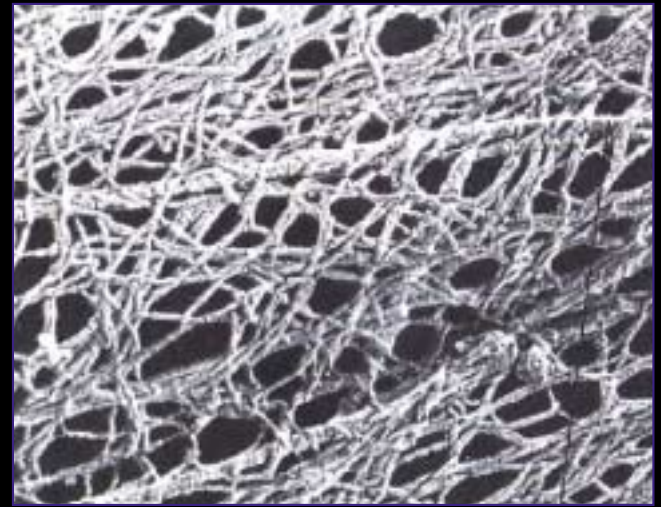
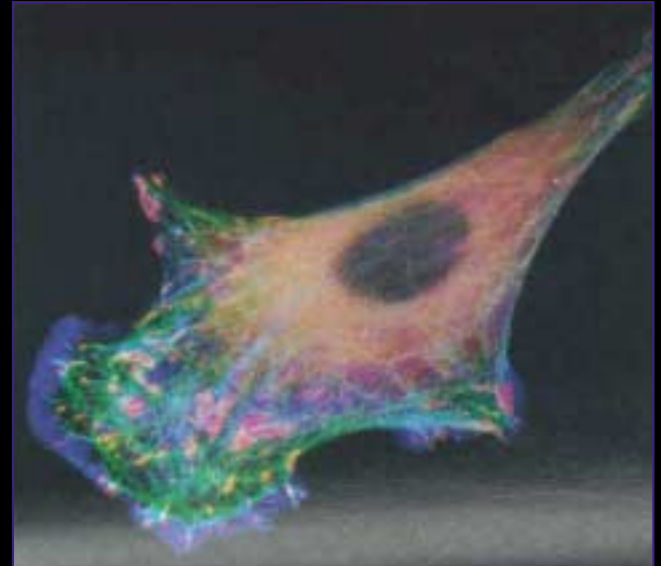
### Hücreden Evrene

Hücre iskeletinin biçimi bir nedenle değiştiğinde, hücre içinde kimi değişiklikler oluyor. Bu değişikliklerin neler olduğu daha önceden yapılmış araştırmalar sonucunda keşfedilmiş. Böylece hücrenin geometrik biçimi ve davranışları arasında bir ilişki olduğu ortaya çıkmış. Bir deneyde, daha önceden yassı, kare ya da yuvarlak biçim almaları sağlanmış hücrelerin davranışları incelenmiş. Sonuç olarak yassı ve uzun hücrelerin bölünerek çoğaldığı, yuvarlak ve hareketi kısıtlanmış hücrelerinse öldüğü görülmüş. İngber'e göre, hücre iskeleti, hücreye ne yapması gerektiğini bir biçimde bildiriyor. Yani yassı hücreler çevrelerinde boşluk varmış ve bu boşluğu doldurmak gerekiyormuşcasına çoğalıyor. Yuvarlak ve hareketi kısıtlanmış hücreler de, çevreleri hücrelerle sıkı sıkıya doluymuş ve hücre sayısının azalması gerekiyormuşcasına ölmeye başlıyorlar. Çok ilginç değil mi? Geometrik bir dil! Yassı ve uzun olursam çoğalırım, yuvarlak olursam yok olurum. Elma dersem çık, armut dersem çıkma gibi...

Daha da ilginç, hücre iskeleti gibi esnek, sağlam ve kendini dengeleyen yapılar birçok yerde karşımıza çıkar. Bunlardan biri de kil; hani şu saksı, heykel yapılan toprak türü. Kil molekülleri de dengeli, esnek ve sağlam bir yapı oluşturur. Bu nedenle kimi araştırmacılar, kilin

dünyadaki ilk mikroskopik canlılar için bir barınak olduğunu düşünüyorlar. Evreni, kütleçekim kuvveti sayesinde birbirine bağlı gökadalara ve karadelikleriyle, kılcaldamar hücrelerinin oluşturduğu ağ sistemlerine benzetmek de olası. Gökadalar, iğne kulesindeki tellerin "gerginliğini", karadelikler de çubukların "sıkıştırma" özelliğini temsil ediyor olabilir mi? Uçsuz bucaksız düşünceler değil mi? Ama devasa gökadalara oluşturduğu ağla kılcaldamar hücrelerinin oluşturduğu ağın görünüşü birbirine öyle benziyor ki, insan "acaba?" diyor.

Hücreye biçimini veren ve hareket etmesinde rol oynayan yapı, hücre iskeletidir. Altta mavi ve yeşil renklerde görünen bölgeler hücre iskeletinin yapısını oluşturan protein zincirleri. Ağsı bir sisteme benzeyen protein zincirlerinin çok büyütülerek çekilmiş fotoğraflarından biri (en altta).



Tuğba Can

#### Kaynaklar

F. Balkwill, M. Rolph, Biz Hücreyiz, TÜBİTAK, 2001  
Skeletons in Space, <http://www.firstscience.com/SITE/ARTICLES/skeleton.asp>