

KARANLIĞIN GİZLEDİĞİ RENKLER

Karanlığın bizler için anlamı oldukça basit. Sözcüğün kökeninin de anlatıldığı üzere, ışık azaldıkça herşey gri tonlarına ve siyaha dönüşmeye başlıyor. En azından bizim gözlerimiz için... Geceye bizden daha yakın olan bazı canlılar içinse dünya, asıl karanlık çöktüğünde renklenmeye başlıyor.

Görüş, cisimlerden yansıyan ışığın saydam tabakadan (kornea) girmesiyle başlıyor. Göz merceği, ışığı ağ tabaka (retina) üzerinde bulunan ışığa duyarlı almaçlar üzerine odaklıyor ve bu almaçlar da, ışık içerisindeki fotonları yakalayıp bunlara karşı sinirsel uyarılar oluşturuyor. Beyne gönderilen bu sinyaller, beynin farklı bölgelelerinde belirli bir sırayla işleniyor ve cisimlerin görüntüleri algılanıyor.

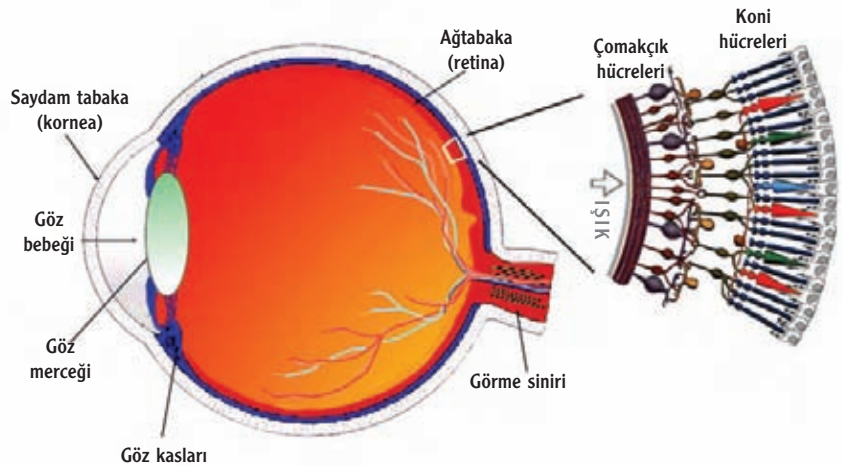
Gözümüzde iki farklı tip ışığa duyarlı almaç bulunuyor: koni ve çomakçık hücreleri. Tek tip ışığa duyarlı pigment taşıyan çomakçık hücreleri, temelde karanlık-aydınlık değişimlerine ve şekil-hareket algısına karşı duyarlı. Renkli görüş sorumluluğuyca, ağtabakada üç farklı tipine sahip olduğumuz koni hücrelerine ait.

Herhangi bir canlının gerçek anlamda renkli görüşe sahip olabilmesi için, gözünde en az iki farklı tip koni hü-

resi bulunması ve bunların her ikisinin de tayfın farklı dalga boylarındaki ışığa karşı duyarlı olması gerekiyor. Renkli görüşte, iki farklı sinirsel yol işlev görüyor. Öncelikle, farklı koni tiplerinden gelen uyarılar beyne "bakılan cismin parlaklığı"yla ilgili bir sinyal gönderiyor. Daha sonra da, cismin renk değerinin algılanabilmesi için koni hücrelerinden gelen uyarılar birbirleriyle karşılaştırılıyor. Buradaki tek sorun, koni hücrelerinin yalnızca aydınlıkta işlev görebiliyor oluşu. Bu nedenle, ışık azaldıkça, koni hücreleri işi çomakçık hücrelerine bırakıyor ve karan-

lıkta renkleri ayırt edemiyoruz. Ancak, bütün canlılar için aynı durum geçerli değil.

Bazı canlılar, geceleri yaşamayı yeğliyorlar. Gececil (nokturnal) olarak bilinen bu hayvanlar, gecenin karanlığı içinde dolaşarak, avlanıyor ya da eş buluyorlar. Çok yakın bir zamana kadar, bu canlıların gece görüşlerinin siyah-beyaz ve gri tonlarında olduğu varsayıyordu. 2000 yılından sonra yapılan çalışmalarda, bazı gececil hayvanların renkli görüşe sahip oldukları görüldü. Bu listenin en ünlü üyeleri de gece güveleri ve gekolar.





Biliyor muydunuz?

İnsan ağtabakasında ortalama 120 milyon adet çomakçık hücresi ve ortalama 6-8 milyon adet de koni hücresi bulunuyor. Görüşün en net olduğu yer ağtabaka üzerinde yer alan ve yalnızca koni hücrelerinin bulunduğu sarı leke (fovea) bölgesiyken, hiçbir ışığa duyarlı almaç taşımayan tek bölgeyse görmeyle ilgili sinir liflerinin bir araya gelerek gözü terk ettikleri nokta olan kör nokta. Görüntüsü kör noktaya düşen cisimler algılanmıyor.

İsveç Lund Üniversitesi araştırmacılarından hayvan biyoloğu ve görüş uzmanı Almut Kelber ve ekibi, ağtabakalarında dört farklı tip koni hücresi taşıyan ve tayfin bizim görebildiğimiz kısmına ek olarak mor ötesi (UV=ultraviolet) ışığı da görebilen gekoların gecelik türlerinin karanlıkta renkleri ayırt edebildiklerini ortaya çıkardılar. Araştırmacılar, bu özelliği gekoların evrimsel geçmişiyle açıklıyorlar.

Milyonlarca yıl önce ortaya çıkan ilk kertenkelelerin hepsi, tamamen gündüz yaşamına uyum sağlamış (diurnal) canlılardı. Güneşin battığı andan itibaren ortadan kaybolan bu canlılar, gecelerden o kadar uzak kaldılar ki, neredeyse hiç kullanmadıkları çomakçık hücrelerini, zamanla doğal seçilimin eleğine bırakarak kaybettiler. Ancak, geçmişin duvarlarından birinde, bu kertenkelelerin



Karanlıkta renkleri görebilen miğferli gekonun (*Tarentola chazaliae*) gözbebekleri, gece olduğunda, gündüz yaşayan kertenkelelerinkinden çok daha büyük olan gözlerinin tamamını kaplayacak şekilde genişliyor.

içinden bir grup, geceleri yaşamayı seçti: gekolar. Gözlerindeki çomakçık hücrelerini kaybetmiş olmaları nedeniyle, karanlıkta görebilmek için yeni uyumlar kazanmaları gerekti. Tam bu noktada, iki önemli değişim geçirmeye başladılar. Öncelikle, karanlıkta işlevini en erken yitiren kırmızıya duyarlı koni hücrelerinden ve yağ damlacıklarından kurtuldular. Böylece, yalnızca yeşil, mavi ve morötesi ışığa karşı duyarlı olan koni hücreleri kaldı. Daha sonra da ge-

ride kalan bu koni hücrelerinin ışığı soğuran dış kısmı uzamaya başladı. Sonuçta, çomakçık hücrelerine benzer, daha uzun ve ışık şiddetine karşı çok daha duyarlı olan koni hücrelerine sahip oldular. Gerçekten de, gündüz yaşamını tercih eden gekolarda yaklaşık 5 mikrometre (1 mikrometre = 1 metrenin milyonda biri) uzunluğunda olan koni hücreleri, gecelik geko türlerinde bunun 10 katı uzunluğunda. 1970'li yıllarda gekoların görüş biyolojisi konu-

Işığa Duyarlı Almaçlar

Çeşitli omurgasız gruplarında, gözlerde bulunan ışığa duyarlı almaç tiplerinin sayısı büyük değişkenlik gösteriyor. Hamamböcekleri ve karıncalarda 2, arılar ve avlanan örümceklerde 3, su pirelerinde 4, sinekler ve bazı kelebeklerdeyse 5 farklı tip almaç bulunabiliyor. Bu alandaki rekorsa, sahip oldukları 12 farklı tip almaçla peygamberdevesi yengeçlerine (*Stomatopoda*) ait. Ancak, iş ışığa duyarlı almaç tiplerinin sayısıyla bitmiyor. Çünkü bunların tümü renkli görüş için kullanılmıyor. Omurgalıdaysa, daha gelişmiş bir göz yapısı bulunuyor. Bu gözlerde, ışığa duyarlı almaçlar arasında da işbölümü gerçekleşiyor ve renklerin algısında yalnızca koni hücreleri işlev görüyor.

İnsan gözünde ve bilimsel sınıflandırmada insana yakın konumda bulunan primat türlerinde üç farklı tip koni hücresi bulunuyor (trikromatik görüş): sırasıyla kısa, orta ve uzun dalgalı boylarındaki ışığa duyarlı olan S, M ve L-koniler.

Ağtabakada bulunan ışığa duyarlı almaç tiplerinin sayısı azaldıkça, renk algısı da zayıflıyor. Memelilerin geri kalanında sıklıkla iki tip koni hücresi bulunurken (dikromatik görüş), deniz memelilerindeyse tek tip koni hücresi bulunuyor



Dikromatik görüşe sahip olan atların dünyası, yalnızca iki renk tonunun karışımından ibaret.

(monokromatik görüş). Bunlara ek olarak, bazı tropik balık ve kuş türlerinde 4 ya da 5 farklı tip koni hücresi bulunabiliyor. Bu canlılarda, koni

hücrelerinin içinde bulunan farklı renkteki yağ damlacıkları, almaçların tayfa karşı duyarlılığını değiştiriyor.



Renkleri ve Tonlarını Hepimiz Aynı mı Görüyoruz?

Renkler, gözün ağtabakasında bulunan ışığa duyarlı özel hücrelerce tanımlanıyor. Çomakçık hücreleri siyah-beyaz görüşten, koni hücreleri de diğer renklerin tanımlanmasından sorumlu. Her iki hücre tipinde de, özel görme pigmentleri (opsinler) bulunuyor. Çomakçık hücrelerinin dış yüzeyinde bulunan ince zar uzantıları "rhodopsin" adı verilen kırmızı renkli bir görme pigmentiyle bağlantılıken, koni hücrelerinde "iodopsin" olarak bilinen diğer bir renk pigmenti

bulunuyor. Her iki renk pigmenti de, opsin ve retinalin farklı bileşimleriyle meydana geliyor. Omurgalılarda iki tip ağtabaka ve birçok farklı tipte opsin bulunduğu biliniyor. Renk algısının bu maddelerin çeşitli bileşimleriyle meydana geldiğini düşünecek olursak, her birimiz farklı tonlar için farklı bileşimleri kullanıyor olabiliriz. Dolayısıyla da, renk tonlarını birbirimizden farklı şekilde görüyor olma olasılığımız son derece yüksek.

sunda çalışan araştırmacıların çomakçık hücreleri sandıkları bu uzun hücrelerin biyokimyasal özellikleri de, koni hücreleri olduklarına bir kanıt. Işığa duyarlı almaç hücrelerde, opsin adı verilen özel proteinler bulunuyor. Gececil gekoların ağtabakalarındaki almaç hücreleri, koni hücrelerine özgü olan opsin türlerine sahip.

Ancak, bir canlının renkli görüş için gerekli donanımına sahip oluşu, onu mutlaka kullanıyor olduğu anlamına gelmiyor. Gekoların sahip oldukları fizyolojik donanımı kullanıp kullanmadıklarını anlayabilmek amacıyla yapılan deneylerdeyse, miğferli geko (*Tarentola chazaliae*) türünün, mavi ve gri renkleri arasında çok belirgin şekilde bir ayırım yapabildiği görülmüş.

Gecenin karanlığı içinde renkleri görebilmek birçok yönden çok avantajlı. Renkli görüş, hayvanlar için besin, barınak ve eş bulmanın yanında, tehlikeyi farkederek ondan kaçınmayı da kolaylaştırıyor. Miğferli gekolar, şimdilik bu eşsiz yeteneği bir gece keleşine olan şahin güvelerle (*Deilephila elpenor*) paylaşan tek tür. Ancak, araştırmacılar aynı yeteneğe sahip başka hayvanların olabileceği konusunda fi-

kir birliği. Özellikle deniz canlılarında renkli görüş, geceleri deniz yüzeyine yapılan dikey göçlerin kontrolünde ve çeşitli yollarla kamuflaj yapan avların yerlerinin saptanmasında kolaylık sağlayabilecek nitelikte. Bu nedenle, derin deniz canlılarında da renkli gece görüşünün olabileceği düşünülüyor. Araştırmacıların ilgisini çeken diğer bir grupsa kara ve su kurbağaları. Ağtabakalarında yalnızca koni hücreleri taşıyan kertenkelelerin aksine 2 farklı tip çomakçık hücrelerine sahip olan le-



Fare lemurları, gece yaşamına uyum sağlamış gözleri sahipler.

par kurbağaların (*Rana pipiens*), bu çomakçık hücrelerini geceleri renkleri görebilmek için kullanıyor olmaları olasılığı oldukça yüksek. Kediler ve baykuşlar gibi diğer gececil hayvanlarınsa, karanlıkta tamamen renk körü oldukları biliniyor.

Biz Neden Karanlıkta Göremiyoruz?

Gece görüşüne uyum sağlamış olan gözler tipik olarak büyük yapılı ve göz bebekleri de olabildiğince fazla foton geçirebilmek için çok daha geniş. Ancak, az ışıkla daha fazla iş yapabilmeyi sağlayan bu fizyolojinin önemli bir dezavantajı var: ayrıntı netliğinde kayıp. Renkli gece görüşündeyse, zaten sınırlı sayıdaki fotonlar, koni hücreleri arasında paylaşıldığından (her bir foton, tek bir koni hücreye soğurulabiliyor), ayrıntı görüşü iyice azalıyor. Çoğu canlı için renkler, ayrıntılardan daha önemli. Örneğin nektarla beslenen canlılar, bitkileri, çiçeklerinin renklerine bakarak tanıyorlar. Karanlıkta renkleri görebilen canlıların da, ayrıntıdan çok renklere göre hareket ettikleri biliniyor. Ancak, bizler için asıl önemli olan, renkler değil, ayrıntılar. Bu gerçek, geceleri renkleri göremiyor oluşumuza getirilen en önemli açıklama.

Bunun yerine, gündüzleri renkleri ve ayrıntıları çok iyi gören, ancak geceleri karanlığın mahkumu olan gözlerle sahibiz. Geceleri görebilmek için de, teknolojinin sunduğu çeşitli olanaklardan yararlanıyoruz. Araştırmacılar şimdi, gekoların ve gece keleşlerinin gözlerinden elde ettikleri bilgileri teknolojiye uyarlamaya çalışıyorlar. "Günün birinde, geceleri de renkleri görebilen gözlerimiz olacak mı?" sorusunun yanıtıysa henüz belirsiz. Önceliğimiz ayrıntılar olduğu sürece, ayrıntıları seçemeyen gözlerin işimize yarayacağı kesin. Ancak, doğal seçim, milyonlarca yıl sonra belki buna da bir çözüm bulmuş olur...

Deniz Candaş

Kaynaklar:
Palmer, S., Under Colour of Darkness, New Scientist, 6 Ocak 2007
Roth, L.S.V., Kelber, A., Nocturnal Colour Vision in Geckos, Proc. R. Soc. Lond. B, 271, 485-487, 2004.
Kelber, A., Roth, L.S.V., Nocturnal Colour Vision - not as rare as you might think, J. Exp. Biol., 209, 781-788, 2006.
http://en.wikipedia.org/wiki/Color_vision