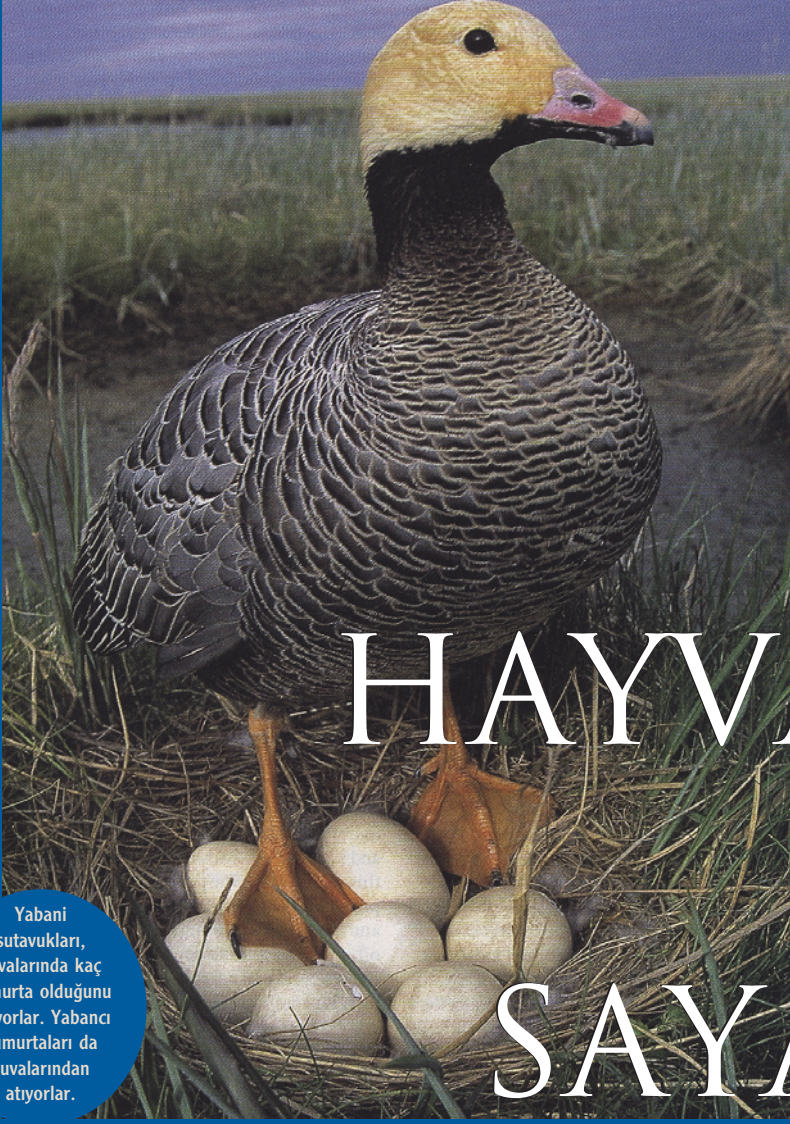




Yabani sutaavukları, yuvalarında kaç yumurta olduğunu biliyorlar. Yabancı yumurtaları da yuvalarından atıyorlar.

HAYVANLAR SAYI SAYAR MI?

Bilişsel nöropsikoloji alanında çalışan bilimadamları son yıllarda doğal sayıların insan ve hayvan zihninde algılanışıyla ilgileniyor. Bu alanda yapılan yüzlerce araştırmanın bazılarında elde edilen sonuçlar son derecede etkileyici. Daha kat edecek yol uzun olsa da, sonuçlar doğuştan bir sayı anlama becerisine sahip olduğumuzun işaretlerini veriyor. Elde edilecek sonuçların insan ve hayvan beyninin işleyişi açısından çok veri sağlayacağı da açık.

Hayvanların sayı sayma becerisine sahip olup olmadığı konusunu insanlar epeydir kurcalıyor. Ancak 20. yüzyılın başındaki ilk deneyimler, daha çok “sayı sayan at” olarak tanınan Akıllı Hans örneğinde olduğu gibi altından hile çıkan örneklerden oluşuyor. Son 20 - 30 yıl içinde bilim dünyası bu konuyla daha çok ilgilenmeye başladı. Hayvanlar sayıları anlıyor mu? Basit aritmetik işlemler yapabiliyorlar mı? Peki, insan bebeklerinde ya da çocuklarda durum nasıl? Dille sayılar arasında bir ilişki var mı? Türler arası karşılaştırmalar yapıyorlar ve işin evrimsel ve gelişimsel yönlerini masaya yatırıyorlar. Sonuç olarak birbirinden ilginç deneyler yaparak birbirinden ilginç sonuçlar elde ediyorlar.

Alex ve Diğerleri...

Bilim dünyasının yakından tanıdığı Alex, 27 yaşında bir Afrika gri papağanı: Sayı sayabiliyor, azla çoğu ayırabi-

liyor. Mavi ve kırmızı bloklara bakıp kaç tane mavi blok olduğunu söyleyebiliyor. Arizona Üniversitesi’nde ekoloji ve evrimsel biyoloji alanında çalışan bir araştırmacı olan Irene Maxine

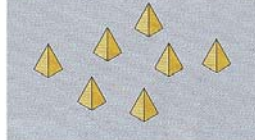
Sayı Oyunları

Büyük ve küçük sayılarla uğraşma biçimimiz birbirinden farklı.

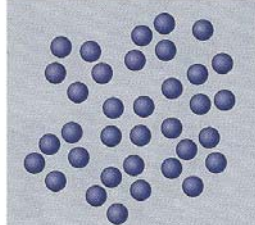
Beşten küçük sayılarda, sayının kaç olduğunu bulmak için saymanıza gerek yok.



Beşten büyük sayılarda, iş zorlaşır ve saymanız gerekir.



Çok büyük sayılarda, sayının kaç olduğunu kolaylıkla tahmin edebilirsiniz. İsterseniz, deneyin.

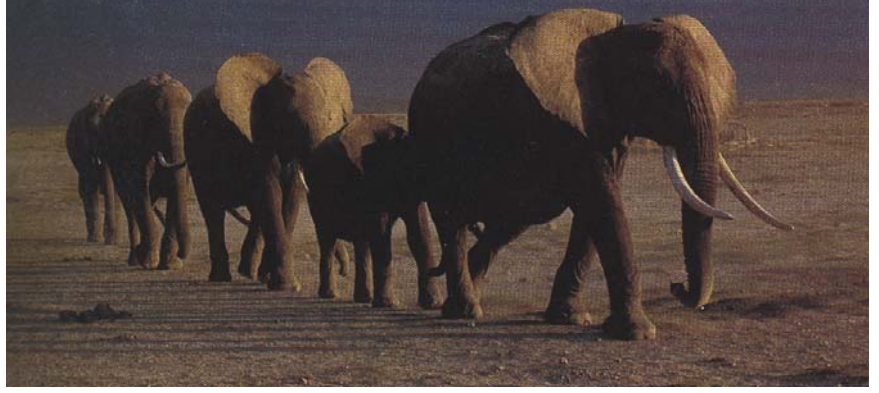


Pepperberg, Alex’le yaptığı deneysel çalışmalarına 20 yıl önce başlamış. Çalışmanın hareket noktası, güvercinlerle yapılmış bazı araştırmaların sonuçlarının başka kuşlar için de geçerli olup olmadığını anlamak. Pepperberg’in araştırmalarının en çarpıcı yönü Alex’in, insan bebeklerine yakın bazı becerilere sahip olduğunun ve bazı becerileri bakımından da başka primatlardan önde olduğunun ortaya çıkması. Pepperberg’e göre Alex, “3” işaretinin, “üç olma” halini belirttiğinin farkında. Üstelik de “4” işaretinin daha büyük bir miktarı gösterdiğini de biliyor. Hayvanlar dünyasının diğer üyelerine gelince, şempanzeler de Alex’inkine benzer becerilere sahip. Güvercinlerse sayıları daha az anlıyor gibi görünseler de, farklı sayılardaki nesneleri birbirinden ayırabiliyorlar. Sıçanlar, sayılarla ilgili soyut kavramları pek anlıyor gibi görünmüyorlar; ancak bir manivelaya belirli bir sayıda basmayı öğrenebiliyorlar.

İnsan Bebekleri ve Sayılar

Essex Üniversitesi'nde bilişsellik konusunda çalışan Claudia Uller, hayvanlara hangi matematik becerileri öğretirirse öğretilsin, onların sayıları çocuklardan daha farklı bir şekilde öğrendiklerini söylüyor. Uller'a göre, bir şempanzeye simgesel bir sayı sistemini öğretebilmek için, öncelikle "bir olma hali", "iki olma" ya da "üç olma" halinin öğretilmesi gerekir. Oysa insan çocukları için durum biraz farklı. İnsan çocukları, her sayıdan daima bir büyüğünün olduğunu üç yaş civarında sanki "bir anda" kendiliğinden kavrarlar. Araştırmaların bir kısmı da, hayvanların eğitim görmeden kendiliklerinden yapabildiklerini ortaya çıkarmak amacıyla yürütülüyor. Bu tür araştırmalar, doğuştan sahip olduğumuz sayı anlama becerisinin boyutlarını belirlemek açısından çok yararlı olabilir.

Yale Üniversitesi'nde gelişim psikoloğu olan Karen Wynn, sayıları anlama becerisine doğuştan sahip olup olmadığını bulmak amacıyla bebekler üzerinde bir araştırma yapmış. Araştırmanın temeli, bebeklerin şaşırtıcı ya da yeni bir şeyler gördüklerinde bariz bir şekilde daha uzun süre baktıkları gözlemine dayanıyor. Bebeklere tekrarlanan bir şekilde ve belirli bir sayıda, örneğin iki nesne gösterildiğinde sıkılıyorlar ve sonuç olarak bakma süreleri kısalıyor. Ancak bu nesnelerin sayısı farklı örneğin üç olduğunda, bebekler yeniden durumla ilgilenmeye başlıyorlar. Wynn'ın deneyinde 5 aylık bebeklerin bir perdenin arkasına giren çıkan oyuncakları izlemeleri sağlanıyor. Deneyin ilk aşamasında, bebekler bir perdenin arkasına birbiri ardına iki oyuncakın konulduğunu görüyor. Bu durumda bebeklerin beklentisi, perde kalkınca iki oyuncak görmek olduğundan, daha sonra perde kaldırıldığında, bir ya da üç oyuncak gören bebekler daha uzun süre bakıyorlar. Bu bulguların, sayı sayma becerisinin en ilkel biçiminin bir göstergesi olabileceğini düşünen Wynn, sayıları anlamlandırma yeteneğinin insan zihninin doğasında zaten var olan bir durum olduğunu düşünüyor. Bebeklerin, yaşamlarının ilk birkaç ayında sayıları anlamlandırabildiklerini ileri sürüyor. Bir görüşe göre bu bece-



Hangi ağacın üzerinde daha çok meyve var? Çevrede bulunan "dostların" sayısı, "düşmanların" sayısından az mı, çok mu? Bu soruların yanıtlarını bilmek, belki de pek çok hayvanın yaşamda kalabilmesinin nedeni.

Rutgers Üniversitesi'nden davranışsal sinirbilimci Randy Gallistel'a göre, grupta 6 birey olduğunu biliyorsanız, ancak geride 4 birey kalmışsa iki bireyin nereye gittiklerini düşünmenin yaşamda kalmak açısından önemli çok büyük olabilir.

riler, yalnızca sayılara özgü olmayan genel bilişsel yeteneklerle ilgili. Wynn'a göreyse, başka bir durum geçerli. O da, insanların sayıların zihinde işlenişleriyle ilgili özelleşmiş bir mekanizmaya sahip olduğu. Üstelik bu mekanizmayı, başka türlerle de paylaşıyoruz. Örneğin, rhesus maymunları ve tamarinler, küçük sayılı nesneleri toplayıp çıkarabiliyorlar. Ayrıca başka deneylerde rhesus maymunları, içinde iki değil, üç elma olan kutuyu seçiyorlar. Başka bir deyişle azdan çoğu ayırtediyorlar. Aynı durum insan bebekleri için de geçerli. Harvard Üniversitesi'nden Susan Carey ve arkadaşları, 10 - 12 aylık bebeklerin içinde bir değil, iki kura biye olan kutulara uzandıklarını saptamışlar. Daha da ilginç, semenderler de tıpkı insan bebekleri ve rhesus maymunları gibi azdan çoğu ayırtediyorlar. Claudia Uller'ın yaptığı bir deneyde



Basit bir aritmetik işlem yapıldığında insan beyninde etkin hale geçen alanlar.



İki ayrı çalışmadan elde edilen sonuçlara göre maymun beyninde sayıların çözümlendiği bölgeler, ön alın korteksi ve yan korteksin arka bölümü.



1970'lerde kediler üzerinde yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, sayılara tepki veren beyin bölümü.

Araştırmaların sonuçları, basit aritmetik işlemlerin farklı memeli türlerinde beyin benzer bölümlerini harekete geçiriyor.

kırmızı sırtlı semenderler, içlerinde farklı sayılarda sirkese neği bulunan tüpler arasında seçim yapmışlar. Onlar da bu deneyde içinde daha çok sirkese neği bulunan tüpleri seçmişler.

Matematik Beynin Neresinde?

Fransa'da tıp alanında araştırmaların yapıldığı INSERM adlı kuruluştaki görevli olan Stanislas Dehaene, gerçekte bir matematikçi. Ancak Dehaene, matematik eğitiminin ardından çalışmalarını bilişsel nöropsikoloji alanında sürdürmüştü. Dehaene, insanların beyninde özel bir sinir hücresi ağı kümesinin bulunduğunu, bu ağın da sayılar ve aralarındaki ilişkilerle ilgili olduğunu belirtiyor. Ona göre, çevremizdeki sayıları algılayabilmemiz, yarasaların yansıyan ses dalgalarıyla cisimlerin yerlerini belirleyebilmeleri ya da kuşların ötüşü kadar temel bir olay. Ayrıca, matematiğin temelini oluşturan sayılar, kümeler, uzay, uzaklık gibi basit kavramların beynimizin "mimarisinden" kaynaklandığını düşünüyor. Bu bağlamda sayıların renkleri gibi algılandığını söylüyor. Dehaene, bu düşüncesinin temelini özetle şöyle açıklıyor: "Sayılar, renkler gibidir. Fiziksel dünyada renkler yoktur. Işık, çeşitli dalga boylarında gelir; ancak bu dalga boyları renk değildir. Renk, beynimizin V4 bölgesinde oluşturulan bir simgedir. Beynin bu bölgesi, gözümüzün ağtabakasından gelen çeşitli dalga boylarındaki ışığın göreceli miktarlarını saptar ve bu bilgiyi nesnelerin gelen ışığı nasıl yansıttıklarını değerlendirmede kullanır. Renk dediği-

miz şey budur ve beyin tarafından yapılandırılan, tümüyle öznel bir niteliktir. Bununla birlikte dış dünyada nesneleri tanıyabilmek açısından çok yararlıdır. Sayıları fark edebilmemiz de benzer bir durum sergiler. Birkaç örnek vermek gerekirse, bu özelliğimiz, avcı hayvanları fark edebilmemizi ya da yiyecek bulunabilecek en uygun ortamları bulabilmemizi sağlar. Bizim ve birçok hayvan türünün basit sayısal işlevleri kavrayabilecek durumda olmamız, bize evrimsel olarak da kolaylıklar sağlar. Hayvanlarda bu mekanizmalar bizimki gibi kesin değil, yaklaşıktır; büyük sayılar söz konusu olduğunda onların bu özelliklerinin açığa çıkması zordur; yalnızca toplama ve çıkarma gibi en basit aritmetik işlemleri yapabilirler. Dil ve sayılarla ilgili simgesel sistemlere ilişkin beceriler geliştirebilme özelliğimiz, büyük sayılarla uğraşabilmemizi kolaylaştırır. Matematik ya da en azından aritmetik ve sayı kuramı, sayıları simgesel sistemler haline dönüştürebilmemizi ve sayısal büyüklükleri anlayarak gösterebilmemizi sağlayan sözel olmayan becerilerimize dayanır. Bu becerilerimiz sayesinde daha soyut zihinsel yapılanmalar tıpkı bir piramitte olduğu gibi birbiri üstüne temellenir.” Dehaene, çocukların matematik öğrenirken yaşadıkları zorlukların “primat beynimizin” yapısından kaynaklandığını düşünüyor. Çünkü ona göre, insan beyni matematikle uğraşmak üzere gelişmiş.

Uller ve Hauser gibi bazı araştırmacılar, beyinde sayılarla uğraşan iki ayrı sistem olduğunu düşünüyorlar. Bunlardan biri büyük sayılarla, diğeri de küçük sayılarla uğraşır. Uller ve Hauser’ın bu düşüncelerinin karşılıkları da var. Onlara göre de, pek çok aritmetik işlem, hem büyük hem de küçük sayılarla aynı anda uğraşmayı gerektiriyor. Büyük bir sayıyı elde etmek için iki küçük sayıyı toplamak ya da küçük bir sayıyı elde etmek için büyük bir sayıdan küçüğünü çıkarmak gibi. Londra’daki University College’den nöropsikolog Brian Butterworth ve Stanislas Dehaene, “bir olma hali”, “iki olma hali” benzeri durumlar için beynin farklı bölgelerinin görev yaptığını düşünüyorlar. Bir başka görüşe göre de, beyin farklı sayılar için bir çeşit harita oluşturuyor. Ancak bu haritanın nasıl bir özelliğe sahip olacağı konusunda da iki

Matematik Becerileri

Birçok hayvan, sayıları anlama becerisine sahip.



ayrı olasılık söz konusu. Birinci olasılığa göre, her sayı eşit öneme sahip bir şekilde ve düz bir sayı doğrusunda olduğu gibi konum alırlar. İkinci olasılıksa, bu sayı doğrusunun logaritmik ölçeğe göre olduğu şeklindedir. İkinci

olasılığa göre düşünüldüğünde, küçük sayılarla daha doğrulukla uğraşılabilir. Büyük sayılarla daha “sıkıştırılmış” şekilde dururlar. Büyük sayılarla ilgili zorlukların nedeni, bu “sıkıştırılmışlık” olabilir.

Dörde Kadar...

Harvard Üniversitesi’nde psikoloji profesörü olan Marc Hauser, ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarda maymunların dörde kadar saydıklarını ortaya koymuşlar. İnsanın büyük sayıları sayabilme becerisinin, dilin gelişmesi ve 25 ya da 1000 gibi büyüklükleri anlatan sözcüklerin türetilmesiyle gerçekleştiği düşünülüyor. Bazı insan toplulukları, hâlâ büyük sayıları kullanmıyorlar. Tanzanya’da avcı-toplayıcı bir yaşam sürdüren Hadzaların yalnızca “bir”, “iki” ve “üç”e karşılık gelen sözcükleri var. Bunun dışındakiler, onlar için “çok” anlamına geliyor. Bir görüntüde bulunan 30 noktanın, bir başka görüntüdeki 20 noktadan daha fazla olduğunu farkındalar, ancak bu noktaların sayılarını tam olarak tanımlayabilecekleri sözcükleri yok. İnsan bebeklerine gelince, onların ikiyle üç arasında bir seçim yapmalarını beklerseniz üçü seçiyorlar. Ancak üçle dört arasında seçim yapmaları gerektiğinde, rastgele davranıyorlar. Dörtle altı arasında da öyle. Semenderler ve rhesus maymunları da aynı özelliklere sahip. Hatta yetişkin insanlar bile bir bilgisayar ekranında yalnızca dört hareketli nesneyi izleyebiliyorlar, daha fazlasını değil.

Dil ve Sayılar...

Araştırmaların bir kısmı da sayılarla dil arasında bir ilişki olup olmadığını inceliyor. Matematik bilgisinin bazı yönleri, sayıları ifade eden sözcüklerle ilişkili görünüyor. Örneğin, Dehaene’in 1997’de yayımlanmış bir çalışmasında, çarpım tablosu ve zihinden çarpım gibi ezberlenen matematiksel bilgilerin gösteriminin, öğrenildiği dille ilişkili olduğu ortaya konuyor. Buna ek olarak farklı dillerin karşılaştırmasına dayanan çalışmalar, sayıları ifade eden sözcüklerin yapısının çocukların matematik performansı üzerinde etkisi olduğu da saptanmış. Sayıları ifade eden sözcüklerin yapılanmasının daha açık ve düzenli olduğu dillerde çocukların,

çarpma ve toplama ilişkilerini kavramaları ve bunları rakamlarla ilişkilendirmeleri daha kolay oluyor. Bu konuda yapılan bir çalışmada sayıları ifade eden sözcüklerin yapısının Çince ve İngilizce arasındaki farkları incelenmiş. Çince’de sayılar Türkçe karşılıklarıyla ifade edecek olursak on, onbir, oniki... iki-on (yirmi)... diye devam ediyorken, İngilizce’de onbirden itibaren her sayı için farklı ve özel bir sözcük vardır. Bu dil yapısı farklılığıyla beraber Çinli çocukların onluk tabana göre olan sayı sistemini daha iyi kavradıkları ve aritmetik işlemlerde yaşıtları olan Amerikalı çocuklara kıyasla daha iyi performans gösterdikleri belirlenmiş. Ancak henüz dil öğrenmemiş bebekler ve bazı hayvanlarla yapılan, ayrıca yukarıda da sözü edilen çalışmalar, onların küçük sayılarla bir şekilde uğraşabildiklerini göstermiş. Tüm bunlar, matematikle ilgili bazı becerilerin doğuştan gelmesinden başka, daha ileri düzeydeki becerilerin de dille ilgili etkenlerden etkilendiği görüşünü güçlendiriyor.

Beyin Görüntüleme Araştırmaları

Araştırmalar, giderek beyin görüntüleme çalışmalarına yöneliyor ve neredeyse beyindeki sinir hücreleri tek tek inceleniyor. Beyin görüntüleme araştırmaları, insanlar sayıları düşündüklerinde beyin ön alın (prefrontal) korteksi adı verilen bölümünün etkin hale geçtiğini gösteriyor. Bu bölgenin zarar gördüğü insanlar, sayı anlama becerisini kaybediyorlar. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde (MIT) bilişsellik konusunda çalışan Earl Miller ve Tübingen Üniversitesi’nden Andreas Nieder, rhesus maymunlarını bir bilgisayar ekranında art arda görünen noktaları aynı sayıda noktayı gösterip göstermediğini kavrayabilecek şekil-



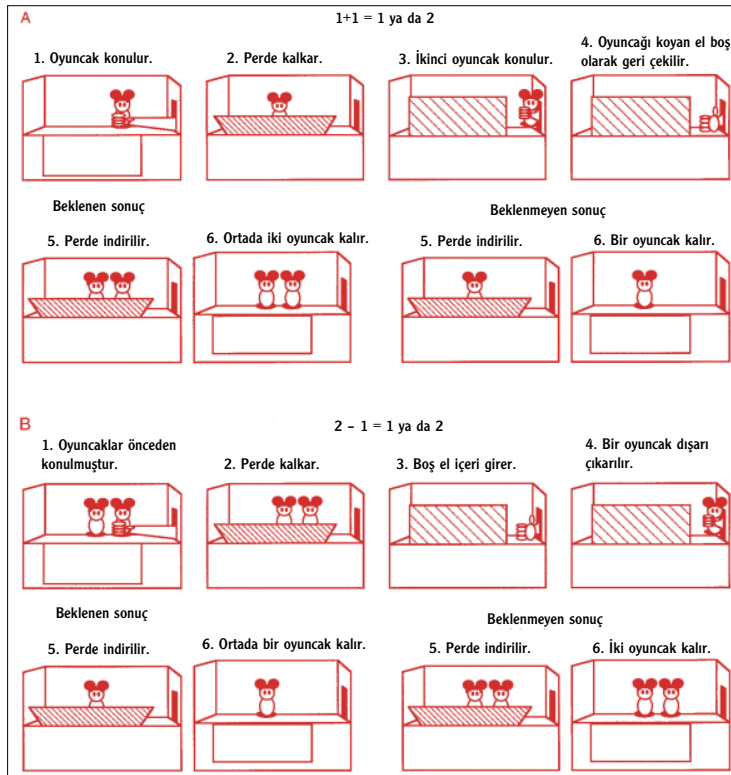
Hayvanların sayıları anlama becerisi üzerinde yapılan çalışmalar, gelecekte tıp ve eğitim alanında kullanılabilecek çok sayıda veri sağlayacak gibi görünüyor.

de eğitmişler. Ardışık her görüntü, 1 ve 5 arasındaki noktaları gösteriyormuş. Maymunların karar verirken gerçekten sayıları kullandıklarından emin olmak için, noktalar farklı büyüklük ve konumlarda verilmiş. Maymunlar, bilgisayar ekranındaki işlemleri gerçekleştirdiği sırada ön alın korteksinde bulunan 30 sinir hücresinin çevresindeki etkinlikler, elektrotlar aracılığıyla kaydedilmiş. Araştırmacılar, bu sinir hücrelerinin yaklaşık üçte birinin “sayı yakalayıcı” gibi davrandıklarını gözlemlemişler. Buradaki farklı sinir hücresi grupları farklı sayılara güçlü bir şekilde tepki veriyorlarmış. Her bir sinir hücresi de belli bir sayıya daha çok tepki veriyormuş. Örneğin, bir sinir hücresi, ekranda dört nokta gösterildiğinde en fazla, üç ya da beş nokta gösterildiğinde da-

ha az, bir ya da iki nokta gösterildiğinde neredeyse hiç tepki vermiyormuş. Ayrıca sinir hücreleri, kendilerinden bir önceki ve bir sonraki sayıları “bildiklerini” gösterecek şekilde ve beyinde “bir sayı doğrusu” oluşturmuşcasına davranıyorlarmış. Sonuç olarak farklı sinir hücresi gruplarının tepkilerinin örtüştüğünü gözlemlemişler ve bu örtüşmenin logaritmik bir diziliş sergilediğini saptamışlar. Miller ve Nieder, sonuçları henüz yayımlanmamış bir araştırmasında, bir maymunun sayıları gördüğünde, beyinin yan (parietal) korteksin arka bölümünün harekete geçtiğini gözlemlemiş. Bundan sonraysa maymunların sayılarla farklı şekillerde karşılaştıklarında, örneğin farklı sayılarda atım sesleri duyduklarında, aynı hücrelerin yine tepki verip vermediğini bulmak istiyor.

Sayılar ve beyin arasındaki ilişkilerin çözülmesi için daha epeyce yol var. Ancak bugüne değin yapılan araştırmaların sonuçları, gelecekte matematik eğitiminin geliştirilmesi ya da şizofreni, otizm, dikkat eksikliği gibi, sınıflandırma ve kavramsallaştırma becerilerinin aksadığı beyin bozukluklarının anlaşılmasını sağlayacak gibi görünüyor.

Zuhal Özer



Karen Wynn'ın insan bebekleri üzerinde yaptığı deneyin modeli

Kaynaklar
 Sohn, E., "Number of the beasts", New Scientist 24 Ocak 2004
http://www.edge.org/3rd_culture/dehaene/index.html
<http://www.hno.harvard.edu/gazette/2002/03.14/01-thinking.html>
www.cbcd.bbk.ac.uk/people/gergo/gergo/Wynn.1998.pdf
http://www.unicog.org/publications/Dehaene_SingleNeuronArithmetic_Science2002.pdf
http://www.hrcr.ed.ac.uk/cogsci2001/pdf_files/1118.pdf