

# Beynimiz Nasıl Hesap Yapıyor?

*Beynimizin matematiksel hesapları nasıl yaptığına yönelik yeni kanıtlar ortaya kondu. Araştırmacılar, bunların bazı çocukların ve yetişkinlerin matematik öğrenmekte neden zorlandığını açıklayabileceğini ileri sürüyorlar. Ayrıca, bu kanıtların ışığında belki de matematik eğitimine ilişkin yeni bakış açıları ortaya konacak.*

Sayılarla düşünmeye ilkin ne zaman başladığınızı anımsıyor musunuz? Örneğin, parmaklarınızın sayısını ilk ne zaman fark etmişsiniz? Sayısal değerleri ilk kavrayışınız üç-beş yaşlarınız arasında bir dönem olabilir. Oysa, 1992 yılında *Nature* dergisinde yayımlanan bir araştırmanın sonuçları, ilk toplama-çıkarmamızı altı aylıkken yapabildiğimizi gösteriyor. Karen Wynn'ın yürüttüğü bu araştırma, altı aylık bebeklerin nesnelere sayıların-daki değişimleri ayırt edebildiği, yani temel bir sayı kavrayışına sahip olduğu yönünde sonuçlar ortaya koymuş. Bu bebeklerin, gösterilen nesnelere bir yenisinin eklenmesinin ya da onlardan birinin çıkarılmasının sonuçlarına ilişkin beklentileri olduğu belirlenmiş. Bu çalışmada bebeklerin ilgisini çok çeken Mickey Fare oyuncakları ve küçük kuklalar kullanılmış. Elde edilen bulgulara dayanarak araştırmacılar şunları söylüyorlar: Nesnelere oluşturduğu küçük kümeleri sayısal büyüklüklerine göre sınıflandırmamızı sağlayan özel bir sinirsel yapıya doğuştan sahibiz. Bu, çevremizdekileri renklerine göre ayırma yeteneğine doğuştan sahip olmamıza benziyor.

Paris'teki Ulusal Sağlık ve Tıp Araştırmaları Enstitüsü'nde görevli olan bilişsel nöropsikolog Dr. Stanislas Dehaene de bu düşünceyi destekliyor ve sayıların renkler gibi olduğunu ileri sürüyor. Aynı zamanda bir matematikçi olan Dr. Dehaene, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden bilişsel psikolog Dr. Elizabeth Spelke ve bir grup bilim adamıyla birlikte bir araştır-

ma yaptılar. Bu konuyla ilgili olarak *Science* dergisinin 7 Mayıs 1999 sayısında belki de matematik eğitimine yeni bakış açıları getirebilecek bir makale yayımladılar. Makale, dil yeteneğinin matematik yeteneğini etkileyip etkilemediğine ilişkin sonuçlar içeriyor. Araştırmacılar, iki dilde konuşabilen (bilingual) bireyler üzerinde beyin görüntüleme tekniklerinden de yararlanarak, bazı deneyler yapmışlar. Sonuç olarak da matematik yeteneğinin, sayısal olmayan işlemlerle ilgili iki beyin bölgesinin ortaklaşa işleyişinden kaynaklandığını saptamışlar.

Araştırmacılar, hem Rusça hem de İngilizce bilen gönüllü öğrencilerden oluşturulan gruplara toplama işlemi konusunda bir ön eğitim vermiş, sonra da bir dizi problem çözdürmüşler. Gruplardan biri, Rusça eğitim görmüş öğrencilerden; diğeryse İngilizce eğitim görmüş öğrencilerden oluşturulmuş. İki gruba da her iki dilde problemler sorulmuş. Öğrencilerin hepsi, eğitim gördükleri dilden sorulan "53'le 68'in toplamı 121'e mi, yoksa 127'ye mi eşittir?" gibi kesin sonuçlu problemleri öteki dille sorulanlara göre daha kısa sürede yanıtlamışlar. Ancak,

"53'le 68'in toplamı 120'ye mi, yoksa 150'ye mi daha yakındır?" gibi yaklaşık yanıtı problemleri çözerken böyle bir süre farkı görülmemiş.

Araştırmanın başka bir bölümünde de başka bir grup öğrenciye bazı matematiksel işlemler yaptırılmış. Öğrenciler bu işlemleri yaparken bir yandan da özel görüntüleme teknikleriyle (PET ve fMRI) beyinlerinin görüntüleri alınmış. Öğrenciler, yaklaşık yanıtı işlemleri yaparken beyinlerinin görsel-uzaysal hesaplamalarla ilgili bölümlerinin (sağ ve sol pariyetal lobların) işlevlerinde artış görülmüş. Bu bölüm, aynı zamanda parmak ve göz hareketlerimizi de kontrol ettiğinden, Dr. Dehaene, yaklaşık yanıtı hesapları yaparken insanların bir tür zihinsel cetvel ya da sayı çizgisi kullandığını düşünüyor. Kesin yanıtı problemlerle uğraşan öğrencilerin beyinlerindeyse sözcük kullanımıyla ilgili beyin bölgelerinin (sol ön lobun) etkinliğinde artış gözlenmiş. Dr. Dehaene, çarpım tablosu gibi ezber gerektiren matematiksel konuları öğrenirken de beyin sözcükleri anımsamayla ilgili bölümlerinin devreye girdiğini ileri sürüyor.

Peki beyin, sayıları kavramanın ötesine geçip trigonometriyi ya da kalkülüsü nasıl yapıyor? Dr. Dehaene'e göre, yüksek matematik olarak adlandırılan bu tip işlemleri yapabilmemizi, sayıları simge sistemleri biçiminde ifade edebilmemiz sağlıyor. Matematik dehalarının da bu özel yetenekleriyle ilgilene Dr. Dehaene, son zamanlarda yapılan çalışmalardan elde edilen kanıtları *The Number*



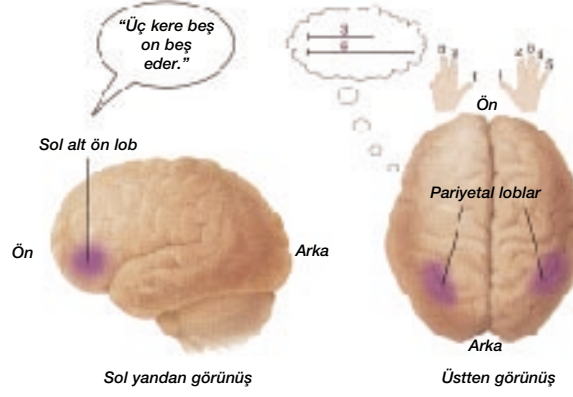
*Sense* adlı kitabında ele alıyor. Kitabında ileri sürdüğü düşüncelerini şu bulgulara dayandırıyor:

1. Hayvanların da temel sayısal yetenekleri vardır. Fareler, güvercinler, papağanlar, yunuslar ve primatlar sayısal bir temele dayalı olarak oluşturulan görsel düzenlemeleri ya da seslerin düzenini ayırt edebilirler (tüm öteki fiziksel etkenler tümüyle denetim altında tutularak). Hayvanların, toplama ve çıkarma yapmak için gereken temel yetenekleri de vardır. Bu yetenekler yalnızca laboratuvarında eğitilmiş hayvanlarda değil, doğada yaşayan hayvanlar da da bulunur. Dolayısıyla sayılarla ilgili yaklaşık uygulamalar birçok türün reptuvarında normal olarak yer alıyor.

2. İnsan ve hayvanlar arasında sistematik benzerlikler var. Hayvanların sayılarla ilgili davranışları sayılar büyüdükçe kesinliğini yitiriyor. Aynı durum insanlar için de geçerli. Örneğin,  $4+5$ ,  $2+3$ 'ten büyüktür derken biraz daha yavaşızdır. Hayvanlar 7 ve 8 gibi birbirine yakın miktarları ayırt ederken bile zorluk çekerler. Bu durum bizde de böyledir. 9'un 2'den büyük olduğunu söylemek, 9'un 8'den büyük olduğunu söylemekten daha kolay gelir bize.

3. Henüz konuşmayan bebekler bile temel sayısal yeteneklere sahiptir (Karen Wynn'in araştırmasının sonuçları). Bu, hayvanlarınkine çok benzer. Beş aylık bebekler, bir nesne bir perdenin arkasına saklandıktan sonra yanına bir nesne daha saklandığında, perde kaldırılınca ikinci nesneyi de görmeyi beklerler. Bebekler de yetişkinler ve hayvanlar gibi özellikle küçük sayılarda daha kesinler. Bu bulgu, Piaget'in 1952'de ortaya koymuş olduğu "Bebekler, temel bir sayı kavrayışına sahip olmadan doğarlar ve bu kavrayış beş yaş civarında diğer bazı temel becerilerin gelişmesinden sonra oluşur." görüşünün geçerliliği konusunda kuşku uyandırıyor.

4. Beyinde oluşan bazı tip hasarlar da sayı kavrayışı yitirilebiliyor. Sol alt pariyetal lobdaki bir hasar sonucunda kişi, sayıları okuma-yazma işini yapıyor; ancak anlamlarını kavrayamıyor. Örneğin hasta, 3'ten 1 çıkınca kaç kalacağını ya da 2 ve 4'ün arasında hangi sayının bulunduğunu bilemezken şubat ve nisan arasındaki ayın adını kolaylıkla anımsayabiliyor. Sonuç olarak bozukluk yalnızca sayılara özgü oluyor.



5. Sayılarla işlem yaparken beyinde işlevlerinde artış olan sol alt pariyetal lobdaki bölge yukarıda sözü geçen hasar gören bölgeyle tümüyle aynıdır. Elektriksel kayıtlar da bu bölgenin çarpma ya da karşılaştırmayla ilgili işlemlerde de etkin olan bölge olduğunu gösteriyor.

Çarpım tablosunu anımsamakta neden zorlanıyoruz? Dr. Dehaene'in düşüncesine göre, beynimiz öncelikle çarpım tablosunu öğrenmek üzere gelişmemiş; belki de bu, insanoğlunun normal durumu ve bu yüzden sayılarla ileri düzeyde uğraşmak için çaba harcamamız gerekiyor. Matematik dehalarının da öteki insanlara benzer biçimde temel bir sayı kavrayışı ve sayısal ilişkileri sezme yetenekleriyle doğduklarını, ancak iyi eğitim gördükleri için farklı olduklarını düşünen Dr. Dehaene, matematikte başarının anahtarının "eğitim", lokomotifinin de "olumlu eğilimler" olduğuna inanıyor.

Sayıları kavrayışımızla renkleri kavrayışımız arasında bir benzerlik bulan Dr. Dehaene'in görüşleri şöyle özetlenebilir: "Fiziksel dünyada renkler yoktur. Işık çeşitli dalga boylarında gelir, ancak dalga boyları renkler dediğimiz şey değildir. Retinadan geçen ışığın dalga boylarıyla ilgili bilgiler beynimizin V4 bölgesine gelir ve beynimiz bu bilgileri renk olarak niteler. Değişik nesnelerin yansıttığı ışığı analiz ederek nesnelere tanır. Renk dediğimiz şey budur, ancak beyin tarafından yaratılan tümüyle öznel bir niceliktir. Dış dünyadaki nesnelere tanıma da çok yararlıdır. Birbirinden farklı ve hareketli nesnelerin olduğu bir dünyada yaşadığımızdan, sayısal değerleri anlayabilmemiz de bizim için çok yararlıdır. Bu, avlanmamızı ya da en uygun tarım alanlarını seçmemizi sağlar. İşte evrimin, bizim ve pek çok hayva-

**Kesin ve yaklaşık yanıtli aritmetik işlemlerin gerçekleştiği beyin bölgeleri. Kesin yanıtli işlemler sırasında sol alt ön lobun etkinliği artıyor. Sağ ve sol pariyetal lobların etkinliği ise yaklaşık yanıtli işlemler ve tahminler sırasında artıyor. Sağ ve sol pariyetal loblar, aynı zamanda parmak hareketlerini de kontrol ediyor. Ayrıca, aritmetiğin öğrenilmesinde evrensel bir başlangıç olan parmak sayma da bu bölümün kontrolü altında.**

nın beynini basit sayısal mekanizmaları anlayabilme yönünde geliştirmesinin nedeni budur. Hayvanlarda bu mekanizmalar çok sınırlıdır. Ayrıca bu mekanizmalar yaklaşıktır, giderek artan büyük sayılar için gösterimleri daha kabaca olur ve yalnızca toplama-çıkarma gibi basit aritmetik işlemleri içerir. Biz insanlarsa dil ve simgelerle gösterim yeteneklerimizi geliştirebildiğimiz için, daha şanslıyız. Bu durum, bizim büyük sayılar ve kesin hesaplama yöntemleri için kusursuz zihinsel gösterimler geliştirmemize yaradı. Matematik ya da en azından aritmetiğin ve sayı kuramının gittikçe artan daha soyut zihinsel yapıların bir piramidi olduğunu düşünüyorum. Öyle ki bu zihinsel yapılar, temel olarak simgelerle gösterim yeteneğimizden başka, sayısal nicelikleri anlamamız ve gösterebilmemize yarayan sözel olmayan yeteneğimizde de dayalıdır."

Dr. Dehaene, ayrıca bazı çocukların matematik öğrenirken yaşadıkları zorlukların (ki bu zorlukların yetişkinlikte bir tür "sayısızlığa" dönüşebildiğini de ileri sürüyor), matematikle uğraşmak üzere gelişmemiş beyin yapımızdan kaynaklandığına inanıyor. Onun bakış açısına göre, insan beyni bilgisayar gibi çalışmıyor ve fiziksel dünya matematik üzerine kurulu değil. Ona göre, matematik fiziksel dünyayı açıklamak için kullanılıyor.

Sözünü ettiğimiz bu araştırma, gelecekte neleri değiştirebilir? Bunu şimdiden kestirmek güç, ancak araştırmacıların bu konuyla çok uğraşacağı kesin.

Zuhal Özer

Konu Danışmanı: Ayşegül Fıstıoğlu  
Y. Doç.Dr., ODTÜ Psikoloji Bölümü

Kaynaklar:  
Butterworth, B., "A Head for Figures", *Science*, 7 Mayıs 1999.  
Dehaene, S., "What are numbers really? A cerebral basis for number sense", [http://www.edge.org/3rd\\_culture/dehaene/index.html](http://www.edge.org/3rd_culture/dehaene/index.html)