

AYNA NÖRONLAR

İnsan vücudunda 200'den fazla farklı hücre tipi var. Bunların her biri kendi alanlarında uzman. Örneğin alyuvarlar oksijen taşımada uzman iken, akyuvarlarımızın her biri adeta birer savaş makinesi. Sinir sistemimizi oluşturan hücreler ise bilgi işleme ve depolama uzmanı. Her ne kadar benzer yapıda olsalar da beynin farklı bölgelerindeki hücrelerin işlevleri çok farklı. Kendi içinde alt uzmanlık alanlarına ayrılan sinir hücreleri arasında, ilginç işlevleri olanlardan biri de ayna nöronlar. Dil ediniminden empatiye, toplumdaki kültürel değerlerin aktarımından psikoterapiye kadar pek çok alanda bilim insanlarının ilgisini çekmeye devam ediyorlar. Bu nöronların keşfi sadece yeni bir hücre grubunun varlığını ortaya koymakla kalmadı, sinir sistemine bakışımızı da değiştirdi.

Üç yüz elli yıldır hücreyi anlamaya çalışıyoruz ve önümüzde daha uzun bir yol var. 20. yüzyılın ortalarına kadar bilim insanları hücrenin işlevlerinden çok yapısını anlamaya çalışıyordu. Moleküler biyolojide yaşanan baş döndürücü gelişmeler işlevlerin anlaşılmasını kolaylaştırdı, ancak bu o kadar da kolay değil. Bir labirentin içindeyiz ve önümüzde çok bilinmeyenli denklemler var.

İnsan vücudunda 100 trilyon civarında hücre var. Bunların tümü aynı tip değil. İki yüz kadar farklı hücre tipi var ve içlerinde en çok dikkati çekenlerden biri sinir hücreleri. Yapıları ve işlevleri diğer hücrelerden çok farklı. Sinir dokusunda temel olarak iki tip hücre vardır. Sinir hücreleri (nöronlar) ve bu hücreleri koruyan, beslenmesine yardımcı olan, destekleyen ve aynı zamanda merkezi sinir sisteminin savunmasını sağlayan glia hücreleri (yani nöroglia hücreleri). Glia hücreleri nöron etkinliği için gerekli ortamı sağlar. Sanılanın aksine beynimizde sinir hücreleri çoğunlukta değil. Glia hücrelerinin sayısı beyindeki nöronların sayısından on kat fazla. Glia hücreleri olmadan, nöronların işlev-

lerini sağlıklı bir biçimde yerine getirmesi mümkün değil. Tüm glia hücreleri tek tip hücrelerden oluşmuyor. Schwann hücresi, astrositler, oligodendrositler, ependim hücreleri ve mikroglia olarak isimlendirilen, yapıları ve işlevleri farklı olan glia hücreleri var.

Nöronlar üç temel kısımdan oluşuyor: Hücre gövdesi, dendritler ve akson. Dendritler hücre gövdesinden çıkan çok sayıda kısa uzantılardır; nöronlarda sinyallerin alındığı ve işlendiği özel bölgelerdir. Tıpkı bir ağacın dalları gibi dallanırlar. Dallanmanın artması diğer hücrelerle iletişimi artırır ve daha çok hücreyle iletişim kurulur. Dendritlerin aksine nöronların çoğunda tek bir akson vardır. Dendritlere göre hayli uzun olan aksonların çap genişliği nöronun tipine ve işlevine göre değişir. Bazı aksonların uzunluğu bir metreden fazla olabilir. Nöronlar arası iletişim, kablolu iletişime benzer. İletişim için gerekli olan haberci moleküller aksonlarla ve dendritlerle diğer hücrelere iletilir. Özellikle sinirler ve kaslar arasındaki iletişimde olduğu gibi, nöronlar uzak bölgelerdeki hücrelerle aksonlar yardımıyla iletişim kurar.

Nöronlar kendi aralarında elektronik devreler gibi bağlantı kurarak özel gruplar oluşturur. Bunlara nöron devreleri denir. Nöron devreleri bir tür biyolojik elektronik devrelerdir. Bu iki devre sistemi birbirine çok benzer. Organizasyon olarak ikisi de devre şeklindedir ve çalışmalarını sağlayan temel etken elektrik akımıdır. Çok sayıda nöron devresinin bir araya gelmesiyle, daha karmaşık ve belli bir işi yürütecek üst sistemler meydana gelir.

Tüm vücudumuz beyin tarafından kontrol edildiğine göre beyinde de farklı koordinasyon merkezlerinin olması beklenir. Beyne dışarıdan bakıldığında çok sayıda girinti ve çıkıntının olduğu, kıvrımlı bir yapı görülür. Kıvrımlı üst tabaka korteks olarak bilinir. İşte bu tabaka detaylı olarak incelendiğinde çok sayıda işlevsel bölge olduğu anlaşılıyor.

Beynin İşlevsel Haritası

20. yüzyılın başlarında Alman anatomi uzmanı Korbinian Brodmann (1868 -1918) beyin yüzeyini 52 farklı bölgeye ayırarak her bölgeye bir numara verdi. Örneğin 4 numaralı alan motor işlevlerden (kas hareketlerinin koordinasyonu) sorumlu iken, 44 ve 45 numaralı alanlar konuşma ile ilgilidir. Bu alanlarda tahribat olan kişilerde konuşma yetisinin kaybolduğunu ilk kez gösteren Fransız bilim insanı Pierre Paul Broca'ya (1824-1880) atfen Broca alanı olarak adlandırılmıştır. Brodmann çalışmalarını sadece insanlarla sınırlandırmadı, başta maymun olmak üzere çok sayıda hayvan beyinde de benzer çalışmalar yaptı. Brodmann'ın belirlediği alanlar daha sonra bilim insanları tarafından hücresel yapıya ve organizasyona göre yeniden değerlendirildi ve pek çok değişiklik yapıldı. Ancak Brodmann'ın öne sürdüğü temel düşünceler her zaman geçerliliğini korudu.

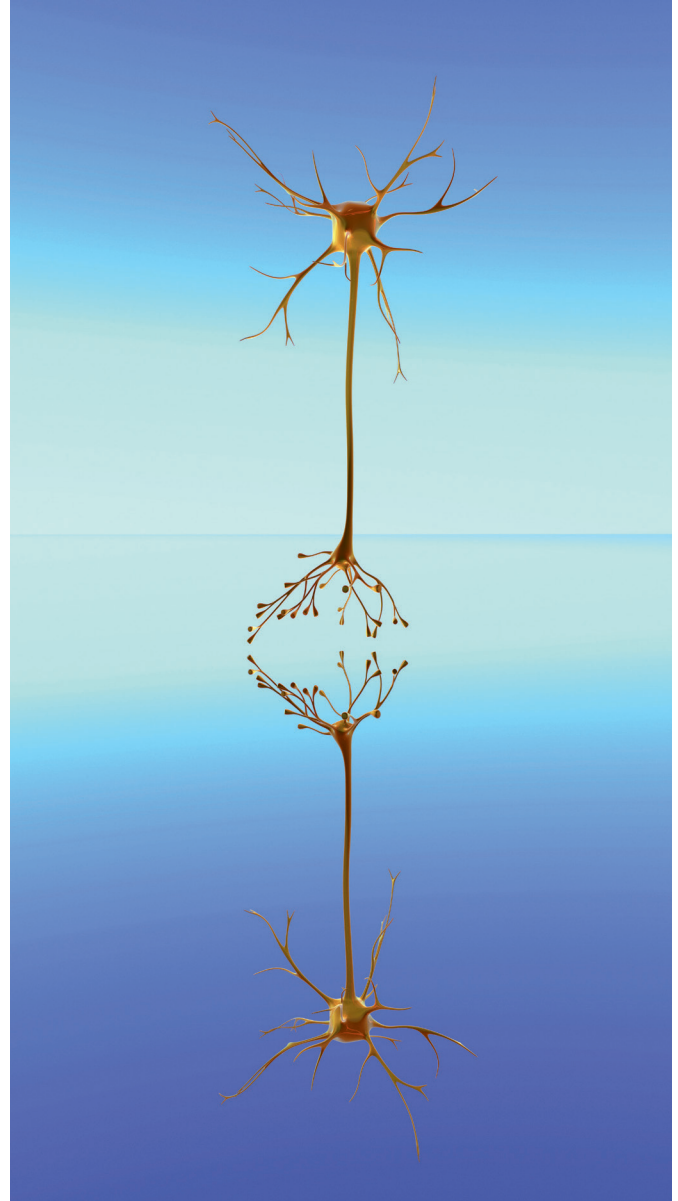
Brodmann alanları farklı renklerle gösterildiğinde beyin dış kabuğu tıpkı bir ülkenin siyasi haritası gibi görünür. Çok sayıda farklı işlevleri olan bölgeler vardır. Belli işleri organize eden nöronlar beyin belirli bölgelerinde yoğunlaşmıştır. İştme merkezi, duyma merkezi, görme merkezi, dil merkezi, farklı kasların hareketlerinin koordine edildiği merkezler gibi. Bunlardan biri beyin ön lobunda bulunan ve hareketlerin koordine edildiği premotor bölgedir (6 numaralı alan). Bu bölgenin özelliği ise farklı işlevleri olan bir grup nörona ev sahipliği yapmasıdır: Ayna nöronlar.

Ayna Nöronlar

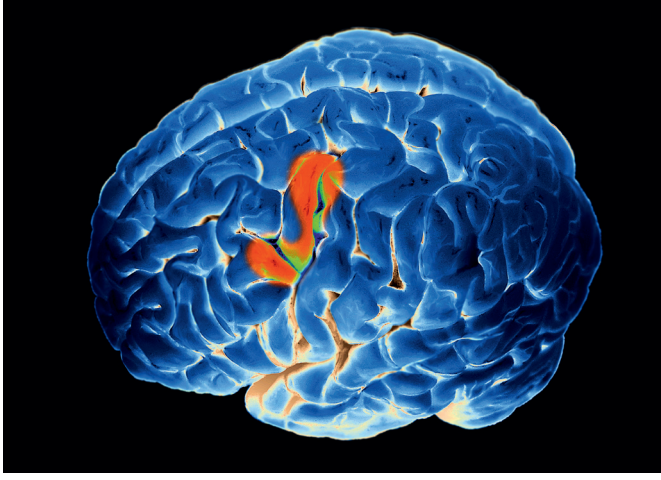
1990'lı yılların başında İtalya'nın Parma Üniversitesi'nde Giacomo Rizzolatti ve ekibi el ve ağız hareketlerinin beyinde karşılık geldiği bölgenin belirlenmesi amacıyla bir çalışma planladı. Çalışmada makak maymunları kullanıldı. Maymunlar bir cismi kavrayan beyinlerinde gerçekleşen elektriksel etkinlik artışı kaydedildi. Buraya kadar her şey yolunda gidiyordu ve herhangi bir sürpriz yoktu. Ancak çalışmanın devamında beklenmedik bir sürprizle karşılaşıldı. Maymunlar cismi kavramadıkları, sadece kavrayan maymunları izledikleri sırada da, sanki kendileri cismi kavıyor-

muş gibi, beyinlerinin aynı bölgesinde benzer düzeyde elektriksel etkinlik artışı meydana geliyordu. Örneğin bir maymun bir muz alırken beyinde etkin olan nöronlar, aynı maymun muz almadığı halde başka bir maymunun muz almasını gördüğünde de etkinleşiyordu. Aslında çalışmanın bu kısmı planlanmış değildi, durum tesadüfen fark edildi. Bu ilginç gözlemden sonra Rizzolatti ve ekibi bir dizi kontrollü çalışma gerçekleştirdi. Ayna nöronların varlığı artık kuşkuyla yer bırakmayacak şekilde ortaya koyulmuş oluyordu. İşin ilginç yönü, şimdiye kadar beyinde sayısız çalışma yapılmış olmasına rağmen kimsenin bu nöronların varlığını bilmemesiydi. Bunun muhtemel nedeni bu nöronların yerleşim yerleriydi. Ayna nöronlar görme ile ilgili bir bölgede değil, hareketle ilgili bir bölgedeydi. Bilim insanları da doğal olarak hareket bölgesinde görme ile ilgili bir çalışma yapmamıştı.

Bu nöronlara ayna nöronlar denmesinin nedeni, tıpkı bir aynanın görüntüyü yansıtması gibi, etkinleşen nöronların işlevlerinin sanki aynada yansıtılmış gibi karşıdaki kişide de gerçekleşmesi.



Nöronlarda etkinlik artışı, maymunlarda beynin ön lobunda-ki premotor korteks denilen ve hareketlerin koordine edildiği bölgede (F5 bölgesinde) tespit edildi. Maymunların beyinde F5 bölgesinin önemli bir yeri var. Buradaki nöronlarda, iletişimde kullanılan bazı jest ve mimikler sırasında -özellikle ağız ve dudak hareketleri- etkinlik artışı gözleniyor. Maymunlar hareketlerini taklit eden insanları izlerken sanki o hareketleri kendileri yapıyorlarmış gibi F5 bölgesindeki nöronlarda etkinlik artışı oluyor. Maymun beyindeki F5 bölgesi insanlarda konuşma alanına (Broca alanı) denk geliyor. Ayna nöronları bu denli ilginç kılan da konuşma alanının özelliğiydi. Dil, kültür, sosyalleşme gibi çok sayıda konunun biyolojik temellerine inen kapı aralanmıştı. Ancak ayna nöronlar beynin başka alanlarında da bulunuyor. Beyinde ayna nöronların oluşturduğu bir ağ sistemi var ve bu sisteme ayna sistemi deniyor.



Yapılan eylemin türüne göre beynin farklı bölgelerinde etkinlik artar. Şekilde konuşan bir kişinin beyindeki etkinlik artışı olan bölge (kırmızı-yeşil) gösteriliyor.

Peki, neden bu nöronları tanımlamak için ayna sözcüğü kullanıldı? Aynaların temel işlevi ışığı yansıtma. Yansıtma ile ilgili bir işlevden bahsedilince aklımıza hemen aynalar gelir. Bu nöronlara ayna nöronlar denilmesinin nedeni, başkası bir hareket yaparken onu gözlemleyen kişinin beyinde de aynı bölgedeki nöronların etkinleşmesi. Yani gerçek işlevi yapan kişinin nöronları karşıdaki kişinin nöronlarını da dolaylı olarak etkinleştiriyor. Etkinleşen nöronların işlevleri sanki aynada yansıtılmış gibi karşıdaki kişide de gerçekleşiyor. Tıpkı bir aynanın görüntüyü yansıtması gibi, kişi kendisi yapmadığı halde, karşısındakini bir hareketi yaparken izlerken, aynı hareketi sanki kendisi yapıyormuş gibi beyinde etkinlik artıyor.

Ayna nöronlarla ilgili çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre, bu konuda cevaplandırılması gereken pek çok soru var. Eylemin yapılması ve izlenmesi sırasında aynı nöronlar etkinleştiğine göre, şu soru sorulabilir: Gözlem sırasında kişinin beyindeki ayna nöronlar bir iş yapıyormuş gibi etkinleştiği halde gözlemci neden hareket etmiyor? Burada ayna nöronların bağlantı kurduğu diğer nöronların işlevi önemli gibi görünüyor. Muhtemelen eylemin gerçekleşmesi ve gözlenmesi sırasında bağlantı nöronları aktif ya da pasif olabilir.

Ayna Nöronlar Sadece Hareketle İlişkili Değil

Ayna nöronlarla ilgili çalışmalarda bu nöronların sadece yapılan bir hareketi gözlemlerken etkinleşmediği, hareketin yapıldığına dair bir ses duyulduğunda da etkinleştiği gösterilmiş. Eğer yapılan eylemle ilgili işitsel bilgimiz varsa, bu nöronlar yine etkinleşiyor. Örneğin odun kesen birinde etkinleşen nöronlar, o kişi odun kesme sesini duyduğu zaman da etkinleşiyor.

Koku ve tat alma duyuları da ayna nöronlarda etkinlik artışına neden oluyor. Yapılan çalışmalarda tiksindirici bir koku ya da farklı bir tatla ilgili videolar izletilen deneklerde, sanki o kokuyu ve tadı alıyorlarmış gibi, beyinlerinin ilgili bölgelerindeki nöronların elektriksel etkinliğinde artış olduğu tespit edildi. Ancak video görüntülerin canlı görüntüler kadar etkili olmadığı anlaşıldı. Yapılan bir deney canlı olarak deneklere gösterildiğinde beyinde gözlenen etkinlik artışı, o deneyin video görüntüleri izletildiğinde gözlenen artıştan daha fazlaydı. Olaylara canlı tanıklık yapmak da, örneğin televizyonda seyretmekten daha çok iz bırakır. Canlı müziği radyodan ya da televizyondan yayımlanan müziğe tercih etmemiz gibi.

Daha da ilginç olan nokta, yapılan bir işin tarif edilmesinin de ayna nöronlarda etkinlik artışına neden olması. Ancak burada, duymanın görmeye dayalı olduğu, kişinin bazı sesleri duyduğunda bu seslerin daha önce gördüğü olaylarla ilgili olmasından yola çıkarak, ayna nöronların etkinleşebilmesi için görme sisteminin mutlaka sağlam olması gerektiği şeklinde bir yorum yapılabilir. Ancak bu değerlendirme doğru değil. Yapılan çalışmalarda doğuştan görme yeteneği olmayan kişilerde de ayna nöronların gelişim gösterdiği tespit edilmiş.

Öğrenme ve Ayna Nöronlar

Gözlenen hareketin algılanması ve taklit edilmesi ayna nöronların temel işlevleri arasında. Taklit, yani yapılan bir işin gözlenmesi ve bu gözleme dayanarak gerçekleştirilmesi, daha çok gelişmiş canlılarda görülür. Yapılan bir işin taklit edilmesi öğrenmede önemli yer tutar.

Ayna nöronların beynin farklı bölgelerinde bulunması çok farklı işlevlere sahip olduklarını ve pek çok işlevin koordinasyonuna katılabileceklerini düşündürüyor. Öğrenme, dil, empati, başkasının yaptığı bir hareketi izlerken sanki kişi o hareketi yapıyormuş gibi hücrelerin etkilenmesi, ayna nöronların insani değerlerin oluşumunda da önemli rol aldığı düşündürüyor. Ayna nöronların tüm işlevleri birlikte değerlendirildiğinde, kültürel değerlerin oluşumunda ve iletiminde anahtar rol üstlendiğini, bu açıdan bakıldığında nasıl DNA biyolojik bilgilerin temelini oluşturuyorsa ayna nöronların da psikoloji biliminde benzer bir yere sahip olduğunu söyleyebiliriz. Ayna nöronların ve çevresel etkenlerin sinir sisteminin gelişimine katkıda bulunduğunu ifade etmek de mümkün. Zengin bir çevresel ortamda bulunan kişilerin daha çok uyarıcı aldığı ve bu uyarıcıların sinir sisteminde ayna nöronların etkinliğini artırarak kişinin dil, kültür ve diğer alanlardaki gelişimi

mine katkıda bulunduğu söylenebilir. Çevresel etkiler sadece kişilerin değil, toplumların gelişiminde de belirleyici rol oynar. Kaliforniya Üniversitesi'nden Jared Diamond *Tüfek, Mikrop ve Çelik* isimli kitabında çevresel etkilerin toplumların tarihinde ne denli etkili olduğunu somut kanıtlarla ortaya koyar.

Ayna Nöronlar ve Akıl Okuma

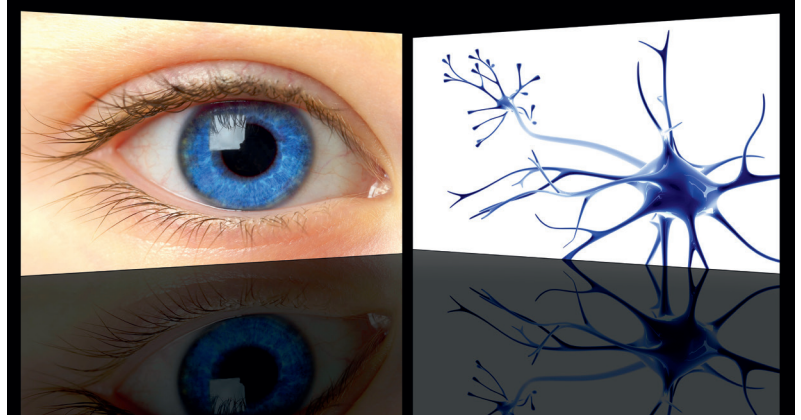
Yapılan bir eylemin arka planını bilmek ve gereken tepkiyi oluşturmak yaşama gücümüzü önemli oranda artırır. Ayna nöronlar insan hareketlerini ve bu hareketlerin arka planını (yani niyetleri) değerlendirmede önemli rol oynar. Eylemin ne amaçla yapıldığını ve sonraki adımın ne olabileceğini kestirmeye çalışırken ayna nöronların yardımına ihtiyacımız var. Ayna nöronlar ile mekanik yapıdan sosyal yapıya geçmiş oluyoruz. Böylece sosyal olayları anlamamız ve gereken değerlendirmeyi yaparak geleceğimizi kurmamız mümkün oluyor. Sosyal psikoloji alanında çalışan bilim insanlarının, pek çok sorunun yanıtını ayna nöronların işlevlerinde bulacağını düşünüyorum.

Empati ve Ayna Nöronlar

Empati yani kendimizi başkasının yerine koyabilmek, birbirimizi anlamamızın belki de en etkin yolu. Empati Yunanca kökenli bir sözcük ve "içinde hissetmek" anlamına geliyor. Günümüzde empati ile kendimizi karşıdakinin yerine koyarak onu anlamaya çalışıyoruz. Ancak bunu sadece şeklen değil duygu, düşünce ve tutum açısından yapıyoruz. Empatide kişiyi entelektüel olarak anlamaktan ziyade duygusal olarak anlamak ön plana çıkar

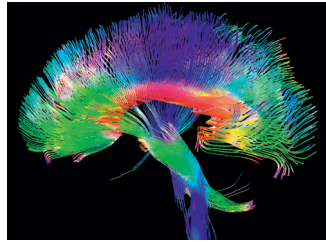
Empatinin moleküler mekanizması hakkında fazla bir şey bilinmese de ayna nöronların keşfi empatinin biyolojik mekanizmalarını anlamak yönünde atılmış en büyük adımlardan biri. Kimi bilim insanları ayna nöronlara "empati nöronları" olarak da bakıyor. Empati duygusu güçlü olan kişilerin ayna nöronlarında daha güçlü etkinlik olduğu görülüyor. Ayna nöronların bulunduğu bölgelerdeki beyin hasarında empati duygusu önemli oranda zarar görüyor. Bu hastaların başkasının yaklaşımını anlama becerileri ve daha da önemlisi bilişsel esneklikleri azalıyor.

Ayna nöronların empatideki rolünü açıklayan çalışmaların belki de en ilginç olanları otistik hastalardan elde edilen bulgulara dayanıyor. Otistik hastalarda empati duygusu sağlıklı bireylere göre çok zayıf. Bu hastalarda ayna nöronların bulunduğu beyin bölgelerindeki sinirsel etkinlikler de çok zayıf.



Sonuç olarak nöronlar bilim insanlarını en çok şaşırtan hücrelerin başında geliyor. Her nöron adeta sürpriz dolu birer kutu; açtığımız zaman çok farklı şeylerle karşılaşabilirsiniz. Son 20 yılda nörofizyoloji alanında yapılan çalışmaları önem sırasına göre sıralayacak olursak iki keşfin altını çizebiliriz: Nörogenesis ve ayna nöronlar. Nörogenesisle beyindeki kök hücrelerin yeni nöronlar oluşturabileceğini ve yeni nöronların pek çok hastalığın tedavisi için umut kaynağı olacağını şimdiden söyleyebiliriz. İnsan beyninde yeni nöronlar oluşabiliyor. Hem de bellekle ilişkili hipokampus bölgesinde. Beyindeki kök hücreler olgunlaşarak nöronlara dönüşebiliyor.

Yaklaşık 20 yıldır ayna nöronlarla ilgili çalışmalar yapıyor. Bu nöronların hastalıkla ve tedaviyle ilişkisi yepyeni çalışma alanları doğuruyor. Bazı nöronların gözlemlenmesi ya da diğer duyuyla etkinleştiğinin ve bunun başka nöronları etkilediğinin öğrenilmesi, pek çok hastalık için şimdiden bir umut ışığı oldu. Örneğin felçli hastalarda rehabilitasyon sırasında ayna nöronların etkinleşmesiyle olumlu klinik sonuçlar alındı. Ancak olayın daha başında olduğumuzu söylemiyorum. Bu nöronların biyokimyasıyla ilgili fazla bir şey bilmiyoruz. Bu alanda sayısız çalışma yapılabilir. Yani biz araştırmacıları heyecan dolu çalışmalar bekliyor.



Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) yöntemi ile elde edilen bu görüntüde beyindeki iletişim yolları gösteriliyor.

Kaynaklar

- Cattaneo, L., Rizzolatti, G., "The Mirror Neuron System", *Archives of Neurology*, Cilt 66, Sayı 5, s. 557-560, 2009.
- Demir, E. A., Gergerlioğlu, H. S., "Ayna Nöron Sistemine Genel Bakış", *European Journal of Basic Medical Sciences*, Cilt 2, Sayı 4, s. 122-126, 2012.
- Eslinger, P. J., "Neurological and neuropsychological bases of empathy", *European Neurology*, Cilt 39, s. 193-199, 1998.

- Price, B. H., Daffner, K. R., Stowe, R. M., Mesulam, M., "The compartmental learning disabilities of early frontal lobe damage", *Brain*, Cilt 113, s. 1383-1393, 1990.
- Decety, J., Jackson, P. L., "The functional architecture of human empathy", *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, Cilt 3, s. 71-100, 2004.
- Altınbaş, K., Gülöksüz, S., Özçetinkaya, S., Oral, E. T., "Empatinin biyolojik yönleri", *Psikiyatrie Güncel Yaklaşımlar*, Cilt 2, Sayı 1, s. 15-25, 2010.