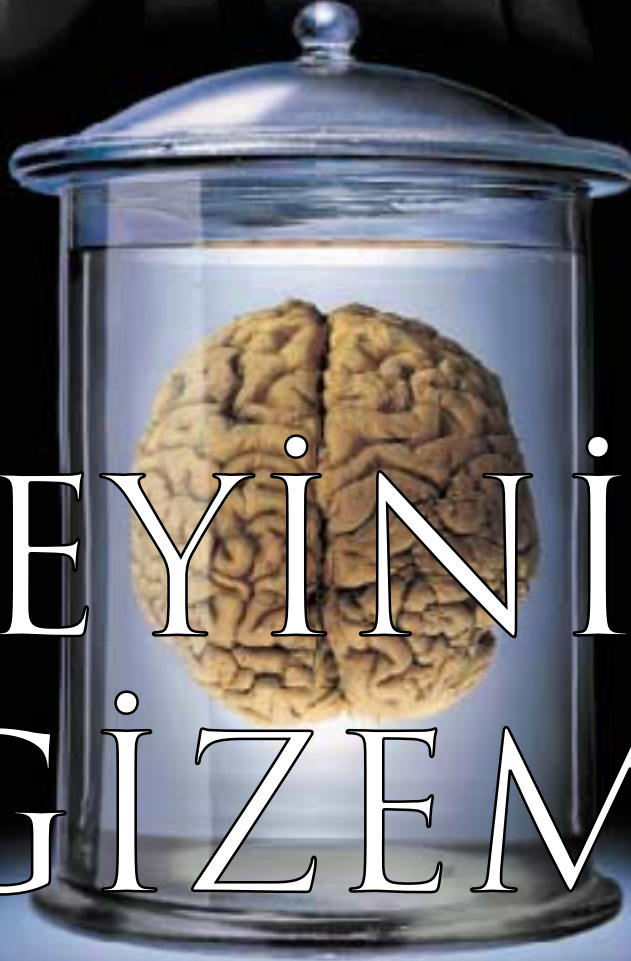


AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

# BİLİM ve TEKNİK



# YENİ UFUKLAR



# BEYİNİN GİZEMİ

EYLÜL 2003 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

HAZIRLAYAN : DOÇ. DR. FERDA ŞENEL  
Dr. Sami Ulus Çocuk Hastanesi

# BEYİNİN

**O** RTALAMA ağırlığı 1,4 kg olan ve insanı diğer türlerden farklı yapan insan beyni, kelimenin tam anlamıyla gizemli bir organ. İnsan beyni çok gelişmiş bir telefon santrali ya da bilgisayara benzetiliyor. Bunun da ötesinde, en gelişmiş bilgisayardan çok daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu ve daha hızlı çalıştığı düşünülüyor. Diğer organlardan çok farklı bir yapıya sahip olan insan beyninin çalışmasına ilişkin bilgiler halen yetersiz. Beynin nasıl çalıştığı, duyguların nasıl oluştuğu, hafıza ve öğrenmenin mekanizmaları tam olarak bilinmiyor. Beyin vücuttaki tüm organları kontrol etmekle kalmayıp duygularımızı, düşüncelerimizi ve hayallerimizi yönlendiriyor. Kısacası insanı insan yapıyor. Beynin önemi eski çağlarda bilinmiyordu. İnsan bilinci üzerindeki ilk söylemler MÖ 4000'li yıllara dayanıyor. Eski Sümer yazıtlarında, haşhaş bitkisinin özünü içen insanlardaki bilinç değişikliklerinden bahsediliyor. Ancak, eski zamanlarda insan bilinci ya da duyguların kaynağının kalp olduğu düşünülüyordu. Eski Mısırlılar kalbin hayatın özü, iyilik ve kötülüklerin kaynağı olduğunu düşünüyordu. Buna karşın beynin anatomisiyle ilgili ilk çizimler MÖ 2500 yılına ait Mısır papirüsle-

rinde bulunuyor. MÖ 2000'li yıllardan kalma kafataslarındaki deliklerse, ilk beyin ameliyatlarının bu çağlarda yapıldığını gösteriyor. Düşünce ve duyguların kaynağının kalp değil de beyin olduğunu, ilk olarak Alkmaeon adında bir bilim adamı MÖ 450 yılında gösterdi. Göz sinirlerini beynin içerisine kadar takip eden Alkmaeon, gözlerin ışığın kaynağı olduğuna inanıyordu. Onsekizinci yüzyıla kadar bu inanış devam etti. Romalı gladyatörlerin hekimi olan Galen, beynin dört farklı sıvıyı salgılayan bir organ olduğunu ve tüm vücut işlevlerinin bu salgıların arasındaki dengelere bağlı olduğunu düşünüyordu. Ortaçağda kilisenin insan vücudu üzerindeki çalışmaları yasaklaması nedeniyle, beyinle ilgili hiçbir ilerleme kaydedilemedi. Onyedinci yüzyılda Fransız filozof Descartes (Dekart) beynin çalışma prensibini hidrolik bir motorunkine benzetiyordu. Beynin anatomisiyle ilgili ilk kitapsa 1664 yılında yazıldı. Galvani adındaki bir bilimadamı 18. yüzyılda insan hareketlerinin elektrik akımı sayesinde olduğunu gösterdi. Bu buluş, sinir hücrelerinin işlevlerini araştıran modern nörofizyoloji biliminin temelini oluşturdu. 1800'lü yıllarda beyin ve sinir hücrelerinin yapısı daha iyi anlaşıldı. Beyinden çıkan sinir hücrelerinin omuriliğe,

ve oradan da organlara gittiği gösterildi. James Parkinson'un 1817 yılında "Parkinson hastalığı"nı tanımlamasıyla beynin çalışma mekanizmaları üzerindeki araştırmalar hız kazandı. Beynin gizeminin aydınlatılması açısından, bu hastalık halen en önemli araştırma konularından birisi. Gage adlı bir demiryolu işçisinin kafasının ön tarafına 1848 yılında saplanan bir kazık, beynin işlevlerinin anlaşılmasında çığır açtı. Beynin "frontal lob" olarak adlandırılan ön tarafına saplanan demir kazık, işçinin ölümüne yol açmamış ancak kişilik değişimine yol açmıştı. Bu gözlem, beyin cerrahisinde önemli bir gelişmeye neden oldu. Çeşitli davranış bozuklukları gösteren kişilerin frontal lobları çıkartılarak saldırgan ya da hastalıklı kişilik özellikleri tedavi edilmeye çalışılıyordu. Bunu izleyen yıllarda beyindeki çeşitli merkezlerin işlevleri daha iyi anlaşılmaya başlandı. Örneğin beyindeki konuşma merkezi, kasları yöneten hareket merkezi bulundu. 19. yüzyılın sonlarında şizofreni, depresyon gibi ruhsal hastalıklar tanımlanarak bunların beyinle ilgisi araştırıldı. 20. yüzyılın başlarında Sigmund Freud, beynin derinliklerine inerek bilinçaltı kavramını ortaya attı. Freud'a göre, insan beyni asıl özgürlüğe bilincin oluşturduğu baskılardan kurtulduğun-

# GİZEMİ

da kavuşuyordu. Uyku sırasında baskılardan kurtulan insan beyni iç karmaşalara karşı savaşıyor ve sorunlarından kurtulmaya çalışıyordu. Bu ilkeyi temel alan Freud, bilinçaltına inilerek psikolojik sorunların çözülebileceğini gösterdi. 1900'lü yılların başlarından itibaren beyin ve sinir hücrelerinin yapısıyla ilgili çok önemli gelişmeler kaydedildi. Beynin çalışması, hücreler arasındaki bağlantılar ve haberleşme yoğun olarak araştırıldı. Beynin işlevlerini ve çeşitli beyin hastalıklarını daha iyi anlayabilmek için beyin dalgalarını ölçen EEG, yapısını gösteren tomografi ve manyetik rezonans gibi yeni görüntüleme teknikleri geliştirildi. Beynin kan akımını ya da vücuda verilen bir maddenin beyindeki dağılımını gösteren sintigrafik görüntüleme yöntemlerinin geliştirilmesiyle, beyin çalışmasını anlama ve gizemini aydınlatmada oldukça önemli yararlar sağladı.

Beynin sırları, bilim adamları için yalnızca bir merak konusu değil. Beyin ve sinirlerle ilgili olarak bilinen 1000'den fazla hastalık var. Bu hastalıklar nedeniyle hastaneye yatan insanların sayısı, kanser ya da kalp hastalarının üzerinde. Beyin ve sinirler üzerinde yapılan çalışmaların en önemli hedefi, bu hastalıklara çözüm bulmak. Düşünce ve davranışların kökenini anlamak, öğ-



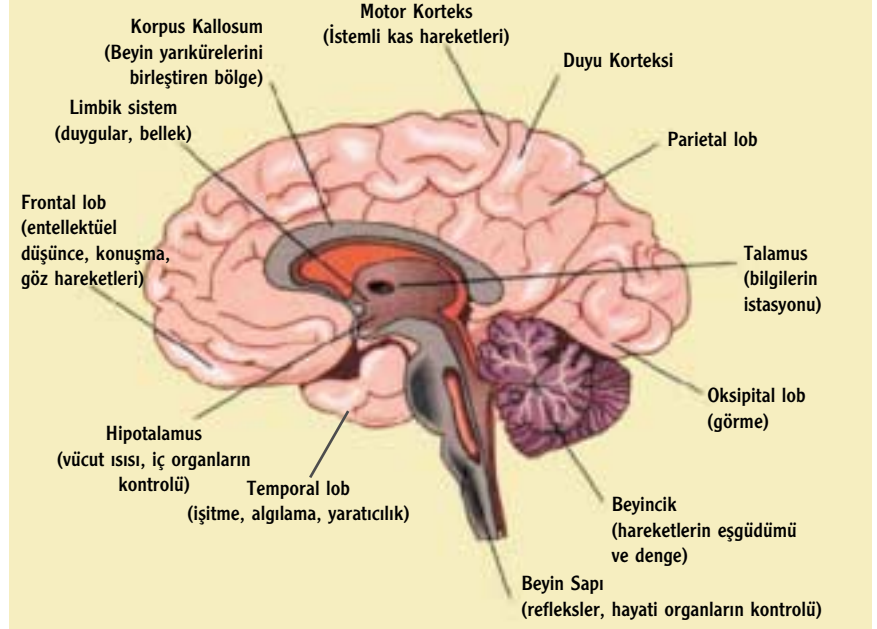
renme ve hafızanın sırlarını çözmek, araştırmaların diğer hedefleri arasında. İnsanlığın gelişimi büyük ölçüde zihinsel yeteneklere bağlı. Beynin düşünme, öğrenme ve hafıza gibi işlevlerini geliştirmek, bilim adamlarının hedefleri arasında. Son yıllarda genetik mühendisliğindeki gelişmelere paralel olarak genetik şifrenin sırları yavaş yavaş çözümlüyor. Alzheimer ve Parkinson hastalıklarına yol açan genler belirlendi. Sırada diğer hastalıklara yol açan genlerin deşifre edilmeleri var. Genetik çalışmalar kadar önemli diğer bir konuda, "beyin plastisitesi" denen durum. Beyin hücrelerinin, al-

dıkları uyarılara karşı kendilerini değiştirebilme yeteneği olarak bilinen beyin plastisitesi, öğrenme ve hafızanın temeli. Beyin kapasitesini artırmak ve öğrenmeyi hızlandırmak, toplumların gelişimi açısından da önemli. Beyin hücrelerinin ölüm mekanizmaları ve kök hücre araştırmaları birçok hastalık için yeni umut kaynağı. Kök hücreler sayesinde, eskiyen ya da ölen hücrelerin yerine yenilerini üretmek mümkün olabilecek. Beyin hasarlarını geri döndürmek, hücre ölümüne bağlı felçleri ve omurilik zedelenmelerini tedavi edebilmek, kök hücre araştırmalarının önemli hedeflerinden.

# BEYNİN YAPISI

İnsan beyni kıvrımlı bir yapıya sahip. Yaklaşık 2200 cm<sup>2</sup> olan beyin yüzeyinin üçte ikisi, kıvrımların arasında kalmış durumda. Bu kıvrımların arasındaki hücreler sayesinde, insan ince işleri yapmak üzere parmaklarını kullanyor, araç sürebiliyor, dilsel ve matematiksel sembollerle haberleşiyor. Bunlara benzer birçok beyinsel işlev, insanı diğer canlılardan ayırıyor. Bu şaşırtıcı özellikler beyinde bulunan 100 milyar civarındaki sinir hücresi (nöron), bir o kadar destek hücresi ve bu hücreler arasındaki sayısız iletişim ağının sonucu. Fosiller üzerinde yapılan çalışmalar, insan beyninin yapısında önemli bir değişiklik olmadığını gösteriyor. Olasılıkla, 50 bin yıl önce yaşamış olan insanla hemen hemen aynı beyni sahibiz.

1,3-1,5 kilogram ağırlığında olan beyin, vücudun en iyi korunan yerinde; kafatasının içerisinde. Beynin ağırlığı kişiden kişiye değişiyor. Yapılan araştırmalar insan beyninin ağırlığıyla işlevi arasında bağlantı gösteremedi. Örneğin, Einstein'ın beyni ortalamanın altında bir ağırlığa sahip. Dar bir rafın içerisine sıkıştırılarak yerleştirilmiş bir yorgana benzeyen beyin, kafatasının içinde bütün boşlukları en ekonomik şekilde dolduruyor. Zarla çevrilmiş durumda ve muhalebi kıvamında. Bir pipetle rahatlıkla emilebilir. Beyin hücrelerinin yoğun olarak bulunduğu dış kabuğa "korteks" deniliyor. "Gri cevher" olarak da bilinen bu kısım, yaklaşık 3-4 mm kalınlığında. Beynin bu bölümünde daha çok nöronlar ve aralarda bulunan destek hücreleri var. Beyin korteksi ve hemen altındaki doku, lob denilen çeşitli bölümlerden oluşuyor. Beynin ön kısmına "frontal", orta kısmına "parietal", arka kısmına "okspital" ve yan kısmına "temporal" lob deniliyor. Her bölümün kendine göre bir işlevi var. Beynin ön tarafındaki frontal lob, entelektüel işlevleri yürütüyor. Bu kısım içinde konuşma ve göz hareketlerinden sorumlu merkezler de var. Düşünme, planlama ve problem çözüme yeteneği beyin bu kısmına ait. Görme ve işitme, beyin yan ve arka kısımlarına ait yetenekler. Beynin üst orta kesiminde bulunan



"motor korteks" denen bölge, hareketlerimizi sağlıyor. İstemi hareketlerimiz için kaslara giden sinyaller burada oluşuyor. Bu bölgenin komşuluğundaysa, parietal bölgeye ait "duyu korteksi" var. Bu bölge uzuvlardan ve organlardan gelen uyarıları algılıyor. Örneğin acı, ağrı gibi duyarlar burada hissediliyor. Beynin arkasında bulunan oksipital bölgede görmeden sorumlu merkezler var. Beynin yanında yer alan temporal bölge işitme, hafıza, algılama, yaratıcılık ve bazı davranış biçimlerinden sorumlu. Ünlü ressam Vincent Van Gogh'un beyindeki temporal bölgeyi etkileyen epilepsi hastalığının, yaratıcılığında oldukça büyük etkisi olduğu düşünülüyor.

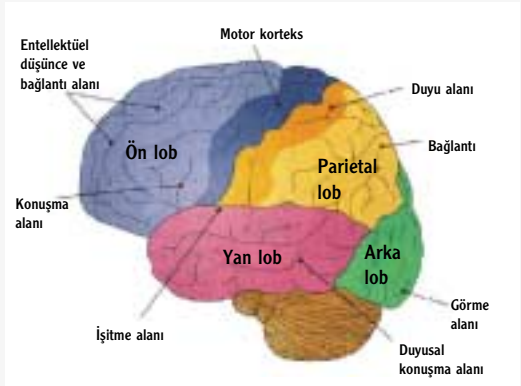
Beynin iç kesimlerinde bulunan "hipokampus" bellekten sorumlu bölge olarak kabul ediliyor. Bilgiler uzak belleğe gönderilmeden önce burada 2-3 hafta kadar saklanıyor. Beynin neredeyse tam orta-

sında bulunan "talamus" ise, adeta bir istasyon görevini görüyor. Vücuttan gelen tüm bilgiler, değerlendirilmeden önce buraya uğruyor ve beyin gerekli kısımlarına buradan gönderiliyor. Vücut ısısı, iç organların çalışmasının ayarlanması gibi bilincimizin kontrolünde olmayan bazı işlevlerin düzenlenmesi hipotalamus tarafından yapılıyor. Beynin altında bulunan beyin sapı, kalp ve solunum gibi hayati işlevleri kontrol ediyor. Bu bölgedeki hasarlar kalbin ve solunumun durmasına yol açarak ölüme neden oluyor. Ancak, beyin sapı tek başına bu işlevleri kontrol etmekte yetersiz kalabiliyor. Beyin sapının üst merkezlerle bağlantısı kesildiğinde, bir süre sonra kalp ve solunum durabiliyor. Beynin arka alt kesiminde bulunan "serebellum", diğer bir adıyla "beyincik"se hareketlerimizin koordinasyonundan sorumlu. Özellikle kıvrak hareketlerin denetiminde rol oynayan beyincik, elektrikli yılan balığı ve bazı köpek balıklarında çok gelişmiş. Beyincik, yaşamı sürdürmek için mutlaka gerekli bir bölge olmasa da, hasar gördüğünde denge bozuklukları, yürüme ve hareket güçlükleri oluşuyor.

Son yıllarda beyin sağ ve sol yarıları arasındaki farklılıklar araştırılıyor. Beynin sol yarısı, matematiğe yakın ve mantıklı, eleştirel düşüncenin kaynağı; sağ yarısıysa kavrayıcı, yaratıcı ve sanatkar. Konuşmadan sorumlu merkezler beyin sol yarısında bulunuyor. Konuşma için önemli iki merkez, temporal ve frontal bölgelerde yer alan "Wernicke" ve "Broca" alanları. Beynin sol tarafında meydana gelen bir hasar, vücudun sağ yarısını felç ettiği gibi konuşmayı da bozuyor. Buna karşın, kişinin, beyinin sağ tarafını kullanarak şarkı söyleyebilmesi gösteriyor ki, beyin içerisinde özel görevi olan bölgeler bulunsa bile, gerektiğinde diğer bölgeler bu görevleri kısmen de olsa üstlenebiliyor. Beynin ortadaysa, her iki yarısını birleştiren bir köprü var. Beynin her iki yarının birbirleriyle ne derece haberleştiği tam olarak bilinmiyor. Bazı kuramlara göre bu iki yarının birbirinden hemen hemen hiç haberi yok.

## Beynin Haritalanması

Çeşitli bedensel ya da zihinsel işlevlerin beyin tam olarak neresinden kaynaklandığını anlamak için sürekli yeni yöntemler geliştiriliyor. Halen en sık kullanılan yöntemler "pozitron emisyon tomografisi" (PET) ve "fonksiyonel manyetik rezonans" (fMRI) teknikleri. Beyindeki kan akımını çok duyarlı bir şekilde ölçen bu cihazlar, beyin işlevsel haritasını oluşturmada oldukça yardımcı oluyor. Bu teknikle beyin haritasını çıkarmak, o anda çalışan bölgenin kan akımının artması ilkesine dayanıyor. Örneğin şarkı söylerken, problem çözerken ya da yemek yerken beyin değişik yerleri daha aktif hale geçiyor. Bu hareketlenme, kan akımında artışa yol açıyor. Artan kan akımı, PET ya da fMRI ile görüntülenebiliyor. Örneğin, PET tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar, uyuşturucu bağımlılığının frontal bölgedeki dopa-

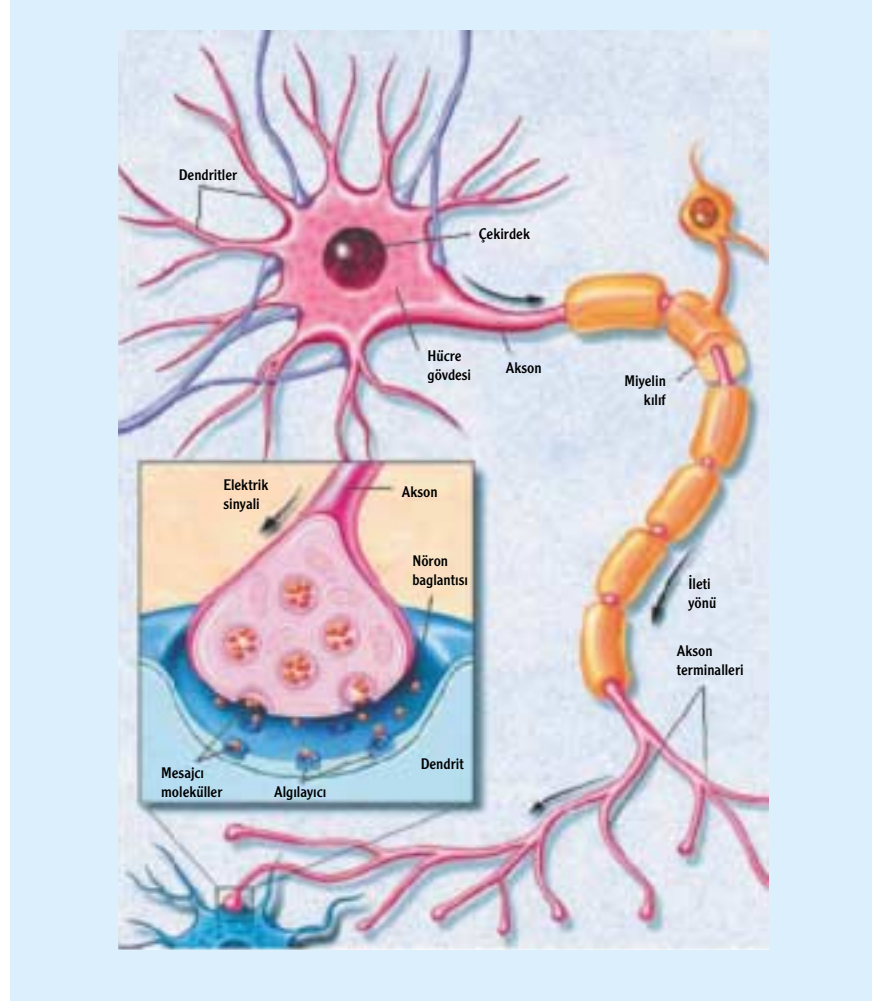


min düzeyinin değişmesiyle ilgili olduğunu gösterdi. Yakın bir gelecekte beyin tüm bölgelerinin görevi ortaya çıkarılabilecek. Beynin bazı bölgelerinin, hasarlı bölgelerin işlevlerini üstlenmesi ya da aynı işlevin değişik bölgelerde yapılabilmesi, beyin haritalamasını zorlayacağı benziyor.

# BEYİN HÜCRESİ “NÖRON”

Vücudumuzdaki kaslara, organlara ve salgı bezlerine bilgiler göndererek onların çalışmasını kontrol eden sinir hücrelerine "nöron" deniliyor. Nöronların çoğu beyin dış kabuğunda, yani gri cevherde. Beyinde 100 milyarın üzerinde nöron olduğu düşünülüyor. Bir milimetre küp beyin dokusunda 50 bin nöron var ve aralarında bunları besleyen ve temizleyen çok daha fazla sayıda (10-50 kat) "glia" hücresi bulunuyor. Nöronlar beyin en önemli hücreleri ve beyin işlevleri nöronların çalışmasına bağlı. Büyük bir gövde ve bunun uzun ince kuyruk şeklindeki uzantısı olan "akson"dan oluşuyorlar. Nöronlarda oluşan elektrik sinyalleri, aksonlar tarafından saniyede 100 metre hızla diğer hücrelere iletiliyor. Nöronlar, mesajlarını bazen vücudun çok uzak bölgelerine tek bir akson sayesinde iletebiliyorlar. Bazı aksonlar beyinden başlayıp omuriliğe kadar gidiyor ve uzunlukları bir metreyi bulabiliyor. Sinir gövdesinin uzantısı olan aksonlar, "miyelin" denen özel bir kılıfla çevrili. Bu kılıf, elektrik sinyallerinin çok hızlı iletilmesini sağlıyor. "Multiple skleroz" hastalığı gibi bu kılıfın hasar gördüğü durumlarda, bazı kasların kontrolü bozuluyor. Sinir hücrelerinin gövdesinden çıkan ve "dendrit" denen anten benzeri uzantılarsa diğer sinirlerden gelen sinyalleri algılıyorlar. Nöron gövdesindeki dendritlerin tümü, başka nöronlardan gelen aksonlarla bağlantı halinde. Nöronlar arasındaki "sinaps" denen bu bağlantılar sayesinde beyinde oluşan bir sinyal, çok kısa bir sürede vücudun istenen yerine ulaştırılıyor.

Bir beyin hücresinin yaklaşık 20-30 bin civarında bağlantısı olabiliyor. Beyindeki toplam bağlantı sayısının  $10^{15}$  olduğu sanılıyor. Beynin çalışmasını artırarak bağlantı sayısını değiştirmek, böylece beyin kapasitesini geliştirmek mümkün. Eskiden nöronlar arasındaki bağlantıların sabit olduğu düşünülüyordu. Yani, bir kere bağlantı kurulduğunda, bunun devamlı olduğu ve giderek bu sayının arttığı sanılı-



yordu. Yapılan son araştırmalar, bağlantıların sürekli değişebildiğini gösterdi. Toplam bağlantı sayısı genellikle sabit kalırken, bazı bağlantılar kopuyor; ancak bu arada yeni bağlantılar oluşuyor. Bu da beyin, değişen koşullara göre yapısını sürekli değiştirebildiğini gösteriyor.

Sinir hücresinde elektrik enerjisi, artı elektrik yüklü sodyum, potasyum ve eksi elektrik yüklü klor iyonlarının yer değiştirmesi sayesinde oluşuyor. Bu yer değiştirme sırasında hücre zarının iç ve dış tarafında oluşan zıt kutuplar voltaj değişikliklerine, böylece hücrede elektrik enerjisinin açığa çıkmasına yol açıyor. Bir nöron, saniyede birkaç yüz elektrik sinyali oluşturabiliyor.

Hücre zarında oluşan bu elektrik sinyalleri, aksonlar tarafından saatte 200-300 km hızla aksonun ucuna doğru iletiliyor. Elektrik sinyalleri aksonun ucuna ulaştığında buradan "nörotransmitter" denen çok özel kimyasal mesajcı moleküllerin salgılanmasına yol açıyor. Aksonun ucundan bu moleküllerin salgılanması, diğer nöron ya da kas hücresi gibi hedef hücreleri harekete geçirerek, görevlerini yapmalarını sağlıyor. Nörotransmitterler, bir bakıma sinir hücrelerinden gelen uyarıların diğer hücreler tarafından algılanmasını sağlayan elçi görevini üstleniyorlar. Salgılanan moleküllerin yapısına göre, hedef hücrenin gerçekleştirdiği görevler de değişiyor.

# BEYNİN MESAJCI

## "Nörotransmitterler"

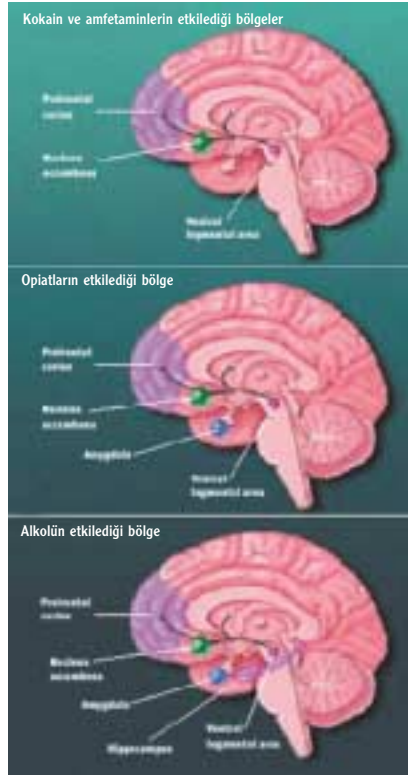
Sinirler arasındaki iletişimi sağlayan, sinirlerden gelen uyarıları diğer hücrelerin anlamasını sağlayan nörotransmitterler, nöronlardaki en önemli moleküller arasında. Bu mesajcı moleküller, sinir ucuna gelen elektrik uyarısının sonucu olarak salgılanıyor ve hemen diğer sinir, kas ya da benzeri hedef hücrelere yapışarak burada gerekli uyarının oluşmasını sağlıyorlar. Yani, nöronlardan gelen mesajı diğer hücrelere iletiyorlar. Yaklaşık 70 yıl önce ilk bulunan haberci molekül "asetilkolin". Bunun yanı sıra, "katekolamin" (dopamin, noradrenalin) denen bir grup mesajcı molekül de beyin ve sinirlerin işlevleri için çok önemli. Katekolaminler kalp hızı, solunum gibi işlevlerin yanı sıra çeşitli düşünce ve davranışları da kontrol edebiliyorlar. Beyinde bunların dışında, birçok farklı yapıda mesajcı daha var. Bunlar protein ya da bunların en küçük birimi olan aminoasit yapısında. Oldukça fazla sayıdaki hormonlar da beyin işlevlerinde önemli rol alıyorlar. Hem beyin içinde hem de salgı organları üzerinde etkili olan hormonlar, üreme işlevinden duygusal durumlara kadar birçok işlevi kontrol ediyorlar. Beynin mesajcı moleküllerinin anlaşılması, çeşitli hastalıkların tedavisi için de önemli. Son yıllarda üzerinde çalışılan moleküllerden biri, "naltrekson". Bu molekül beyindeki endorfin, enkefalin gibi opiat almaçlarını (reseptör) bloke ediyor. Bu almaçların bloke edilmesiyse iştahı azaltıyor. Obezitenin tedavisinde kullanılabilecek olan naltrekson, halen deney aşamasında. Beyinde bulunan diğer bir mesajcı molekül olan "kolesistokinin" in, iştahı keserek kilo kaybına yol açtığı saptanmış. Beynin birçok hastalığında etkili olduğu düşünülen mesajcı moleküllerin her gün yenileri keşfediliyor. Bunların yapılarının ve etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasıyla birçok hastalığa çözüm bulunabileceği düşünülüyor.

Asetilkolin, istemli kasları ve kalp ritmini kontrol eden sinirlerin ucundan salgılanıyor. Sinirlerdeki elektrik uyarıları sinir ucunun, yani aksunun sonuna geldiğinde burada asetilkolin salgılanarak hücrenin dışına atılıyor. Nöronlardan salgılanan asetilkolin, kas hücrelerinin yüzeyinde bulunan almaçlara yapışarak kasın kasılmasına yol açıyor. Bu sayede koşmak, konuşmak, göz açıp kapatmak gibi her türlü istemli hareketi yapabiliyoruz. Beyindeki asetilkolin hakkındaysa çok az bilgi mevcut. Alzheimer hastalığında asetilkolin üreten hücrelerin ölmesi, bu molekülün bellek, dikkat ve öğrenme işlevlerinde önemli bir rolü olduğunu düşündürüyor.

Proteinlerin yapıtaşı olan bazı aminoasitler de nöronlar arasında mesajcı moleküller olarak görev yapıyorlar. "Glutamat" ve "aspartat" adlı aminoasitler beyinde uyarıcı olarak görev yapan, yani diğer nöronları tetikleyen moleküller. Bu moleküllerin öğrenme ve bellekle yakından ilişkili olduğu düşünülüyor. Glisin ve GABA ise beyinde sinir uyarımını baskılayan moleküller. Diazepin grubu sakinleştirici ilaçlar, beyindeki GABA'nın etkisini artırarak işlevlerini yerine getiriyorlar.

Diğer önemli bir mesajcı molekülse "dopamin". Dopamin, hormonal sinyallerin ve hareketlerin kontrolünde görev alıyor. Hareket bozukluğuna yol açan Parkinson hastalığında beyinde neredeyse hiç dopamin olmuyor. Bu hastalığın tedavisinde, dışarıdan verilen dopamin kullanılıyor. Dopamin, beyinden bazı hormonların salgılanmasına yol açıp birçok organın işlevinin kontrolünü sağlıyor. Beyinde dopamin düzeyindeki değişiklikler, davranış ve düşünce bozukluklarına da yol açabiliyor. Dopaminin aşırı salgılanması, şizofreni gibi bazı psikiyatrik hastalıklara neden oluyor. Şizofreni hastalığının tedavisinde dopamin almaçlarını bloke eden, yani beyindeki dopaminin etkisini azaltan ilaçlar kullanılıyor.

İnsan psikolojisini etkileyen bir diğer molekülse "serotonin". Uyku, depresyon ve endişe gibi durumlar bu molekülün düzeyiyle ilişkili. Serotonin düzeyini etkileyen fluoksetin gibi ilaçlar, depresyon tedavisinde kullanılıyor. Öğrenme ve bellekle ilişkili bir mesajcı molekülse "noradrenalin".



lin". Adrenalin ve noradrenalin aynı zamanda stres molekülleri olarak da biliniyorlar. Aşırı stres, heyecan ve korku durumlarında salgılanan bu moleküller, kalp atışlarımızı ve nefes alışımızı hızlandırıyorlar. Beyinde yeni keşfedilen mesajcı moleküller arasında "trofik faktörler" sayılıyor. Bu moleküller, salgılandıktan sonra özel nöron gruplarına giderek bağlanıyor ve bu hücrelerin gelişme ve işlevlerini denetliyorlar. Trofik faktörleri kodlayan genlerin bulunması da bilim adamları arasında heyecan yarattı. Bu genleri aktif hale getirerek beyin Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklarının tedavi etmek mümkün olabilecekti.

Beyin hücrelerini etkileyerek birçok duyguyu ve

davranışı yönlendiren diğer mesajcılar da "hormonlar". Hormonlar sayesinde çeşitli organların çalışması denetleniyor. Strese karşı verdiğimiz cevap, çeşitli duygular, hatta cinsel davranışlarımız bile mesajcı hormonlara bağlı. Beyinde hipotalamus ya da hipofiz bezinden salgılanan çeşitli hormonlar, vücutta tiroid, yumurtalıklar ve böbreküstü bezleri gibi organlara mesaj iletiyor. Örneğin, beyin alt orta kısmında bulunan hipotalamus'tan salgılanan "gonadotropik" hormon, alt merkezlerdeki hipofiz bezinden "LH" denen başka bir hormonun salgılanmasına yol açıyor. LH, testislere giderek buradan erkeklik hormonu olan "testosteron" salgılanmasını sağlıyor. Belirli bir miktarda salgılandıktan sonra, testosteron, beyne giderek gonadotropik hormon ve LH salgılanmasını durduruyor. Böylece hormon mesajcılar sayesinde vücudun farklı organları arasında çok hassas bir denge oluşuyor. Hormonlar yalnızca belirli salgı bezlerini etkilemekle kalmayıp, insanların duygusal tepkilerini, moralini ve hatta kadın erkek arasındaki farklılıkları bile belirleyen moleküller arasında.

Son yıllarda bulunan en şaşırtıcı mesajcı moleküller "gaz"lar. Bu gazlar bilinen mesajcı moleküllerin özelliklerini taşıyor. Yani, bunlar sinir uçlarında depolanıp elektrik uyarısı geldiğinde salgılanmıyor. Gerektiğinde belirli enzimler tarafından oluşturulan bu gaz mesajcılar, hücre duvarından difüzyon yoluyla geçerek hedef hücreye ulaşıyor. Gazlar, diğer mesajcılar gibi hedef hücredeki özel almaçlara bağlanmıyorlar. Hedef hücrenin zarından kolaylıkla geçen gaz mesajcılar, hücre içerisindeki hedef moleküllere bağlanıyorlar. Genellikle protein yapısında olan hedefe bağlanan gazlar, bu molekülü aktif hale geçiriyorlar. Gaz mesajcılarının başında "nitrik oksit" ve "karbondioksit" gazları geliyor. Nitrik oksit, nöronlarda girerek sertleşmeyi sağlıyor. Sindirim sistemindeyse normal bağırsak hareketlerinden sorumlu. Beyindeki nitrik oksitse "siklik GMP" denen bir molekülü kontrol ederek, nöronlar arası eşgüdümü sağlıyor.

## "Nöropeptidler"

### (Beyin Sakinleştirici Molekülleri)

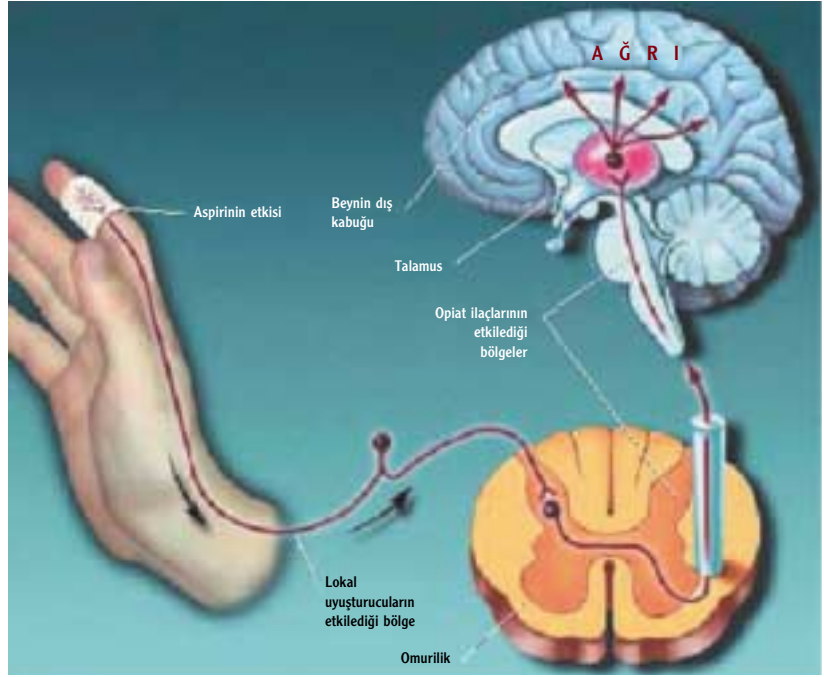
Eskiden beyin, çalışma biçimi bakımından bilgisayara benzetiliyordu. Nöronlar uyarılmayınca bilgi akımı olmuyor, ateşlendiklerindeyse tek bir mesajcı molekül salgılayarak diğer hücreyi uyarıyorlar. Buna bağlı olarak beyin çalışma prensibinin bilgisayarlardaki "0" ya da "1" sistemi gibi olduğu düşünülüyordu. Uzun yıllardır, beyinde hücreler arasındaki iletişimi sağlayan moleküllerin yalnızca nörotransmitterler olduğu sanılıyordu. Son yıllarda işlerin bu kadar basit olmadığı, nöronlarda elektrik uyarısının ve beyin kontrolünün yalnızca nörotransmitterler yoluyla oluşmadığı anlaşıldı. Son 30 yıl içerisinde yapılan beyin araştırmaları, başka iletişim moleküllerinin de varlığını ortaya çıkardı. En önemli gelişmelerden biri, "nöropeptid" denen moleküllerin keşfi. Araştırmacılar ilk olarak beyin hücrelerinin yüzeyinde morfin benzeri moleküllerin bağlandığı bölgeler buldular. Bunlara "opiat" almaçları denili-

# MOLEKÜLLERİ

yor. Morfin gibi kuvvetli ağrı kesiciler, bu opiat almaçlara yapışarak etkilerini gösteriyor. Daha sonra yapılan araştırmalar beynin içerisinde morfin benzeri maddelerin salgılandığını gösterdi. Uzun aminoasit zincirlerinden oluşan bu büyük protein moleküllerine "nöropeptid" adı verildi. İlk keşfedilen nöropeptid, "kafanın içinde" anlamına gelen "enkefalin". Enkefalinlerden kısa bir süre sonra bulunan "endorfin" de morfin benzeri bir madde. Nöropeptidler arasında en kuvvetli etkiye sahip olanıysa "dinorfin".

Bütün bu nöropeptidlerin farklı alt gruplarına bağlı olarak, çok sayıda enkefalin ya da dinorfin çeşidi var. Yapısındaki aminoasitlerin diziliş farklılığına göre her molekül, farklı bir işleve sahip. Örneğin bir endorfin çeşidi ağrıyı keserken, diğeri stresi azaltıyor; bir diğeryse belleği güçlendiriyor. Halen yirmiden fazla nöropeptid çeşidi keşfedilmiş olmasına karşın, bunların sayılarının yüzlerce olduğu düşünülüyor. Bu nöropeptidlerin salgılanmasının da birçok enzimin kontrolünde olduğu düşünülecek olursa, beyinsel işlevlerin yalnızca nöronların elektrik uyarıları gönderip göndermemelerine dayanmadığı anlaşılıyor.

Nöropeptidler, beynin ağrı kesici, sakinleştirici ve zevk verici molekülleri. Herhangi bir olayın hoşumuza gitmesi ya da yiyecek, içecek gibi maddelerin bize zevk vermesi, bu morfin benzeri moleküllerin salgılanması sayesinde oluyor. Güzel bir resim gördüğümüzde, hoş bir melodi dinlediğimizde ya da lezzetli bir yemek yediğimizde endorfin, enkefalin ya da dinorfin gibi moleküller, nöronlardaki özel almaçlara yapışarak zevk almamızı sağlıyorlar. Beyin, bir süre sonra belirli aralıklarla salgılanan bu moleküllerin yarattığı zevk duygusuna alışıyor. Bundan sonra vücut, nöropeptid salgılanmasına yol açan maddeyi tüketerek ya da olayı tekrarlayarak bunların beyindeki düzeyini artırmaya çalışıyor. Örneğin, lezzetli bir çikolata ya da hamburgerin damakta bıraktığı lezzet, aslında beyindeki belirli nöropeptidlerin düzeylerinin artmasına bağlı. Salgılanan nöropeptidlerin verdiği haz duygusunu tekrar yaşa-

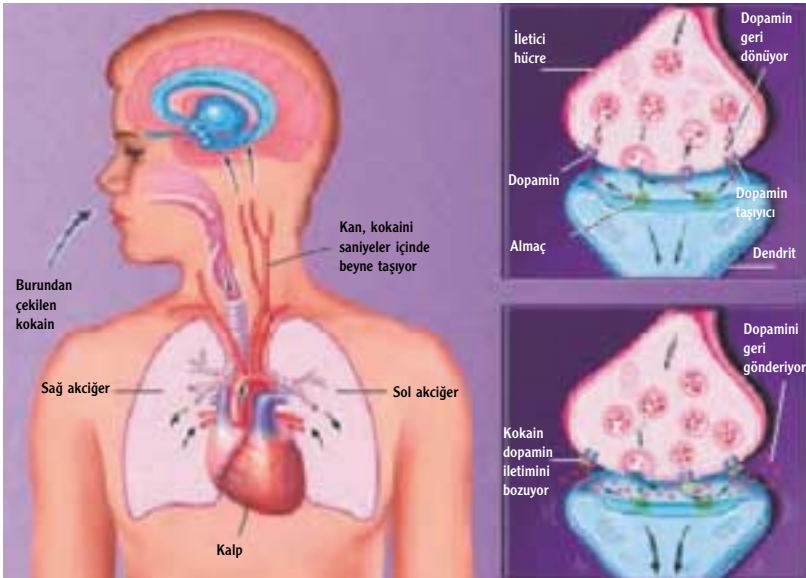


mak için, kişide yine aynı gıdayı tüketme isteği oluyor. Aşırı şişmanlık hastalığı olarak bilinen obezitenin temelindeki mekanizmalardan birinin bu olduğu düşünülüyor. birçok zararlı madde ve ilaç bağımlılığının temelinde de endorfin ya da enkefalinler yatıyor. Nöropeptidler yalnızca haz duymaya yaramıyor. Bunlar, aynı zamanda oldukça etkili ağrı kesici özelliğe sahipler. Özellikle dinorfin, beyne zarar veren uyarıları ve ağrıyı bloke edebiliyor. Genellikle ameliyatlardan sonra ya da kanser hastalarının ağrısını kesmek için kullanılan morfin gibi ağrı kesiciler de, beyinde nöropeptid almaçlarına bağlanarak etki gösteriyorlar. Normal koşullarda bir insanı öldürebilecek kadar yüksek dozda morfinin bile, ağrı durumlarında yetersiz kaldığı olabiliyor. Bunun nedeni aşırı ağrı durumlarında, beyindeki endorfin ve dinorfin

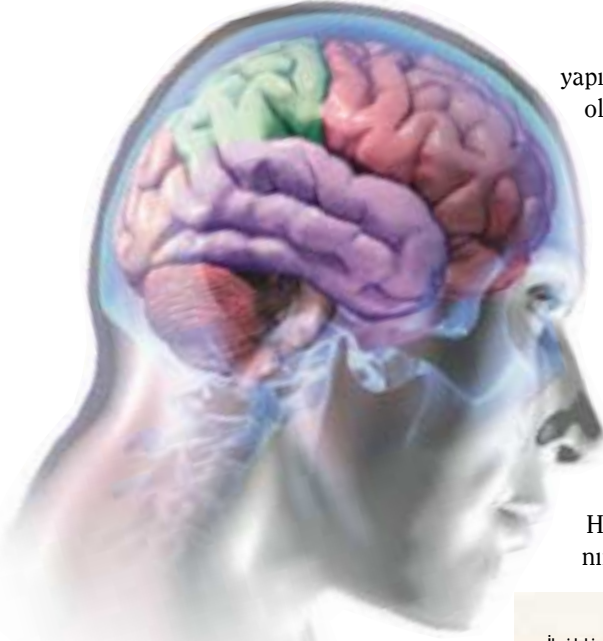
almaçlarının sayısının artması. Her türlü ağrı ve stres durumunda morfin ya da benzeri sakinleştiriciler kullanmak pratik bir çözüm değil; ayrıca çeşitli sakıncaları da var. Beynin kendi ürettiği bu nöropeptidler, genellikle ağrı ve stresi azaltmakta yeterli oluyor. Yani beyin, kendi ağrı kesicisini ve sakinleştiricisini üretebiliyor.

## İkincil mesajlar

Mesajcı moleküllerin hücre yüzeyine yapışarak, ilettikleri mesajı hücre içine taşıyan "ikincil mesajcılar" da var. Sinir hücrelerinde daha uzun süreli ve kalıcı değişiklikleri bu ikincil mesajcıların yaptıkları düşünülüyor. Nörotransmitterlerin etkisi, oldukça kısa süreli. Sinir hücrelerinden salgılanıp diğer hücreyi uyardıktan sonra hemen parçalanıp, tekrar sentezlenmek üzere salgılandıkları hücreye geri dönüyorlar. Ancak, ikincil mesajcıların etkisi o kadar kısa süreli değil. Nörotransmitterlerin hücre zarını uyarısından sonra harekete geçen bu moleküller, hedef hücrede birçok kimyasal olayın başlamasına yol açıyor. İkincil mesajcılara bir örnek, "adenozin trifosfat" (ATP) molekülü. Aynı zamanda hücre içi enerji kaynağı olan bu molekül, birçok hücre içi reaksiyonda ikincil mesajcı rolü oynuyor. Mesajcı molekül olan noradrenalin hücre yüzeyine bağlandığında, hücre içindeki ATP, AMP'ye (adenozin monofosfat) dönüşüyor. Diğer bir ikincil mesajcı olan AMP molekülünün, hücre içinde değişik görevleri var. Çeşitli iyonların geçirgenliğini artırarak ya da azaltarak hücre içerisindeki elektrik yükünü değiştirebiliyor, ya da hücre çekirdeğindeki genleri aktif hale geçirerek çeşitli enzimlerin sentezlenmesini denetliyor. Öğrenme ve hafıza gibi kalıcı beyin işlevlerinin, beynin gelişiminin bu hücre içi ikincil mesajcılara bağlı olduğu düşünülüyor.



# BEYNİN GELİŞİMİ



yapısıysa 6. haftada görülüyor. İlk oluştukları yerden daha sonra görev yapacakları yerlere giden beyin hücreleri, zamanla kendilerine özgü işlevlerini kazanıyorlar. Her nöron kendine özgü mesajcı moleküllerini salgılamaya başlıyor. Hücre gövdesinin uzantıları olan aksonlar uzayarak diğer hücrelerle temas haline geçiyorlar. Bu hücrelerarası bağlantılar beynin gelişimi açısından çok önemli. Hücreler arasındaki bilgi akışının miktarı ve hızı, "sinaps" de-

"glia" (destek) hücresi olduğunu da yine proteinler belirliyor. Proteinleri belirleyense, genetik şifre. Beyin hücrelerinin oluştuktan sonra görev bölgelerine gitmesi, yine çeşitli proteinler ve glia hücreleri tarafından oluşturulan lifler sayesinde. Hamilelik sırasında kullanılan alkol, uyuşturucu ya da benzer maddelerin tüketimi, bu liflerin oluşumunu engelleyerek anne karnındaki bebeğin beyin gelişimini olumsuz etkiliyor. Görev yerlerine giden nöronlar, akson denilen uzantılar çıkararak diğer hücrelerle haberleşiyorlar. Aksonların nereye, ne kadar gidecekleri de kontrol altında. "Semafo-

İnsan beyninin gelişiminin ilk aşamaları, kurbağa, maymun, fare gibi birçok hayvan türüne benzerlik gösteriyor. Spermle yumurta birleştikten 2-3 hafta sonra sinir sisteminin ilk hücreleri oluşmaya başlıyor. Bu hücreler birkaç gün içerisinde çoğalarak birbiri üzerine katlanıyor ve ileride beyin ve omuriliği oluşturacak bir tüp meydana getiriyorlar. Bu tüpün içerisinde gelişen nöronlar, daha sonra kalıcı olacakları yerlere göç ediyorlar. Dördüncü haftada beynin ön, orta ve alt bölümleri oluşuyor. Beynin kıvrımlı

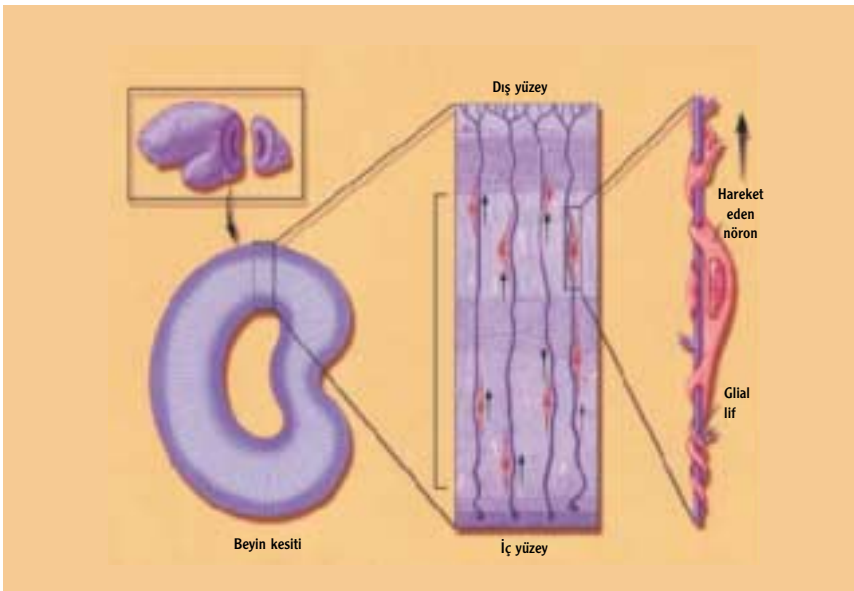


nen bu bağlantılarla orantılı. Şizofreni gibi, sonradan ortaya çıkan ruhsal hastalıkların sinaps oluşumundaki bozukluklardan kaynaklandığı düşünülüyor.

Yeni oluşan bir embriyoda hangi hücrenin beyin hücresi olacağını çok özel proteinler belirliyor. Beyin hücrelerinin hangisinin nöron, hangisinin

rin" ya da "efrin" denilen çeşitli moleküller, aksonlara yol gösteriyorlar. Zamanla nöronlar arasındaki bağlantılar geliştikçe, çocuğun zihinsel yetenekleri artıyor. Beynin gelişimi sırasında oluşan nöronların yalnızca yarısı erişkin beyninde bulunuyor. Diğer yarısıysa bir tür intihar mekanizmasıyla kendini yok ediyor. Bu intihar mekanizması erişkin beyninde de var. Herhangi bir nedenle hasar alan hücreler, kendilerini öldürüyorlar.

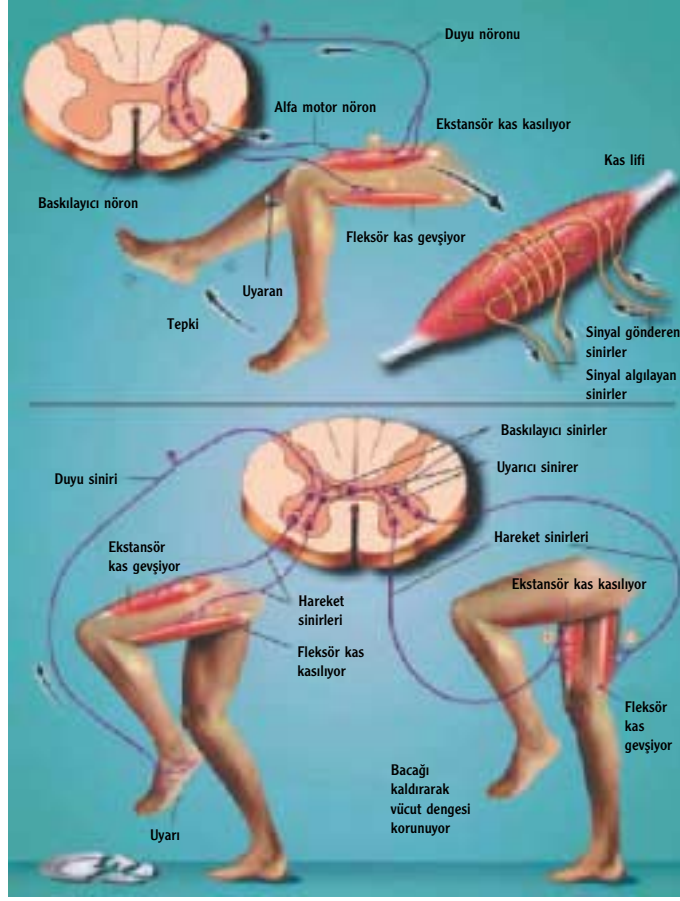
Beyin gelişiminde çevresel faktörlerin de önemi var. Vücut dışından gelen sinyaller beynin gelişimi için önemli. Doğduktan sonra tek gözü kapatılıp diğer gözü açık bırakılan bir maymunun kapalı gözü, belirli bir süre sonra açılabilir diğerk gözü gibi görmüyor. Kullanılmayan görme sinirleri bir süre sonra işlevlerini kaybediyorlar. Bunun nedeni, araştırmacılara göre, göz hücreleriyle görme sinirleri arasındaki bağlantının oluşmaması. Bu ve buna benzer deneyler, çevresel etkenlerin nöronlar arasındaki bağlantıları, yani beynin gelişimini etkilediğini gösteriyor.





# HAREKET

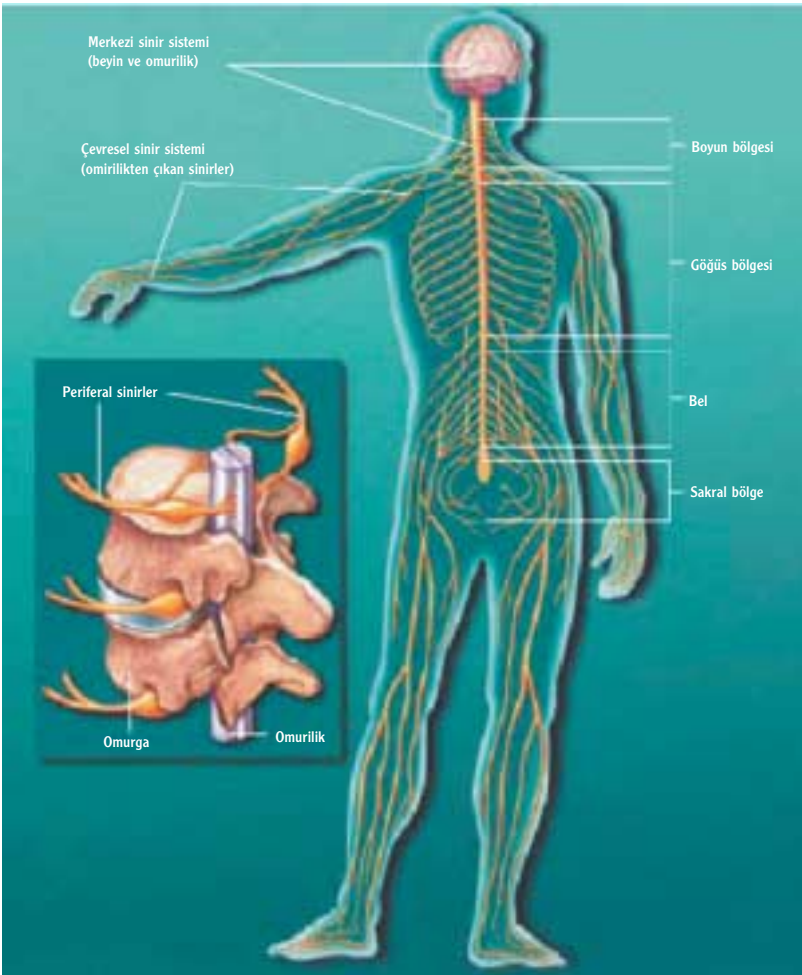
Gün içinde yaptığımız birçok etkinlik aslında çok ince bir şekilde denetlenen karmaşık bir sistemin sonucu. Beyin ve omuriliğin yönetimi altındaki hareketler, sinir uyarılarının kasları denetlemesiyle mümkün oluyor. Hareketlerin en üst komuta merkezi, beynin dış kabuğunun orta kesiminde bulunan "motor korteks". Buradaki nöronlar vücuttaki tüm istemli kasları denetliyorlar. "Alfa" nöronlardan gelen elektrik uyarıları, kasılmaya yol açıyor. Beynin bu bölümündeki nöronlar hasar gördüğü zaman, denetledikleri kaslar çalışamaz hale geliyor. Karanlıkta yürümek, dolu bir çay bardağını taşımak gibi beceri gerektiren hareketlerse, "gama" nöronlarının denetimi altında. Günlük hayatımızda yaptığımız yürümek, çay içmek ve gülmek gibi birçok hareket, istemli kaslarımız tarafından yapılsa da aslında bir



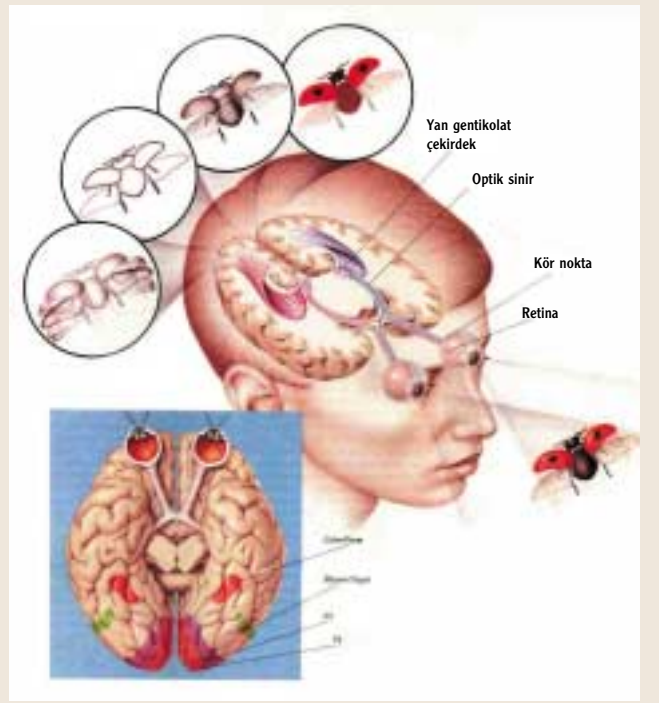
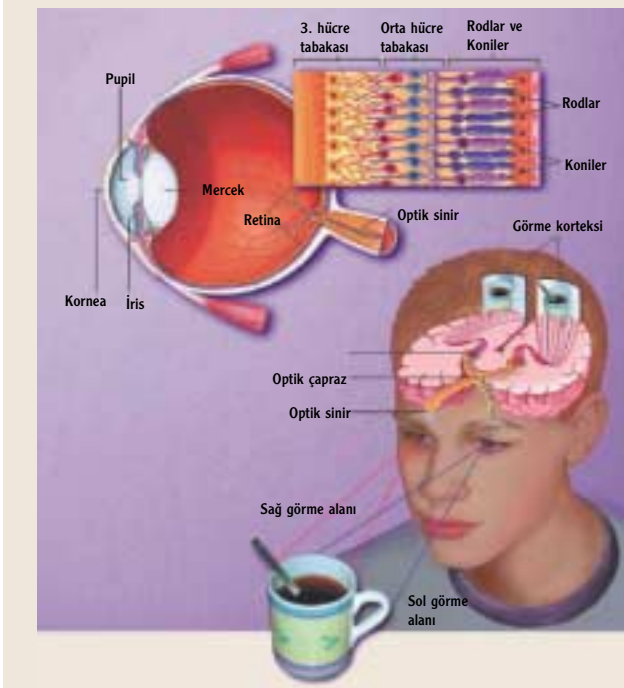
Kaslarımızdan ya da dışardan gelen bazı uyarılar, hiç beyni iletilmeden omurilik sayesinde çok hızlı bir şekilde harekete dönüştürülebilir.

bakıma farkında olmadan gerçekleşiyor. Beyin yürüme komutunu verdiği zaman bacaklarımız hareket etmeye başlıyor, ancak hangi kası ne şekilde kullanacağımızı düşünmüyoruz. Yani bilinç düzeyinde yalnızca yürüme işlevi gerçekleşiyor. Geri kalan kısmı, yani hangi kasın hangi sırayla kasılıp gevşeyeceğini beynin alt merkezleri kontrol ediyor. Yürürken, bacak kasları dışında başka kaslar da, biz hiç farkında bile olmadan kasılıyor. Bunu anlamak için yürürken elimizi sırtımıza koymamız yeterli. Her

adım atışımızda omurganın iki yanındaki kasların sırayla kasıldığını hissedebiliriz. Vücudun dengesini sağlamak için gerekli olan bu kasılmaların, genellikle farkında bile değiliz. Beynin orta ve alt kesimlerinde bulunan talamus, serebellum ve "bazal ganglionlar", bu hareketlerin eşgüdümünden sorumlu. Bu bölgelerde bulunan dopamin adlı molekülün eksikliği, hareket güçlüğüyle kendini gösteren Parkinson hastalığına yol açıyor. Vücudun dengesini sağlayan ve müzik aleti çalmak gibi beceri gerektiren hareketleri, serebellum denetliyor. Serebellum sürekli olarak kaslardan ve iç kulağın sinyallerini alıyor. Bu sayede kolların, bacakların ve vücudun hangi pozisyonda olduğunu biliyor. Bu bilgiler, yapılacak hareketlerin eşgüdümü için de çok önemli. İnce işleri yapmak için gerekli bilgiler, serebellumda depolanıyor. Gerekli olduğundaysa beynin dış kabuğu bu bilgileri serebellumdan geri çağırabiliyor.



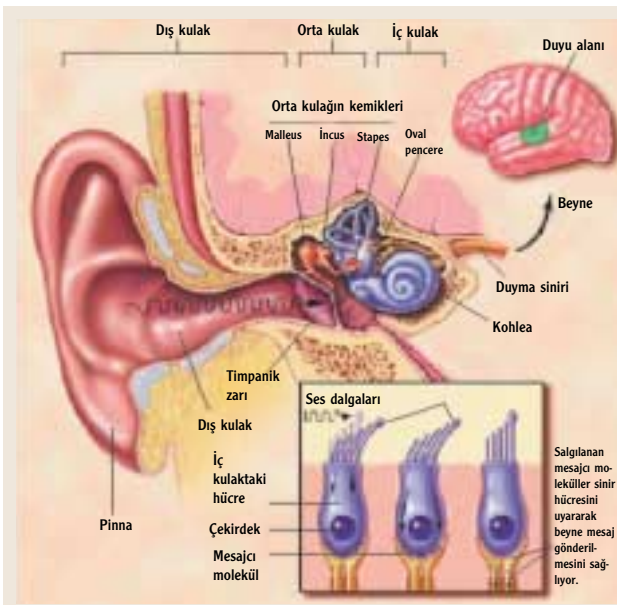
# DIŞ DÜNYAYI ALGILAMA



## Görme

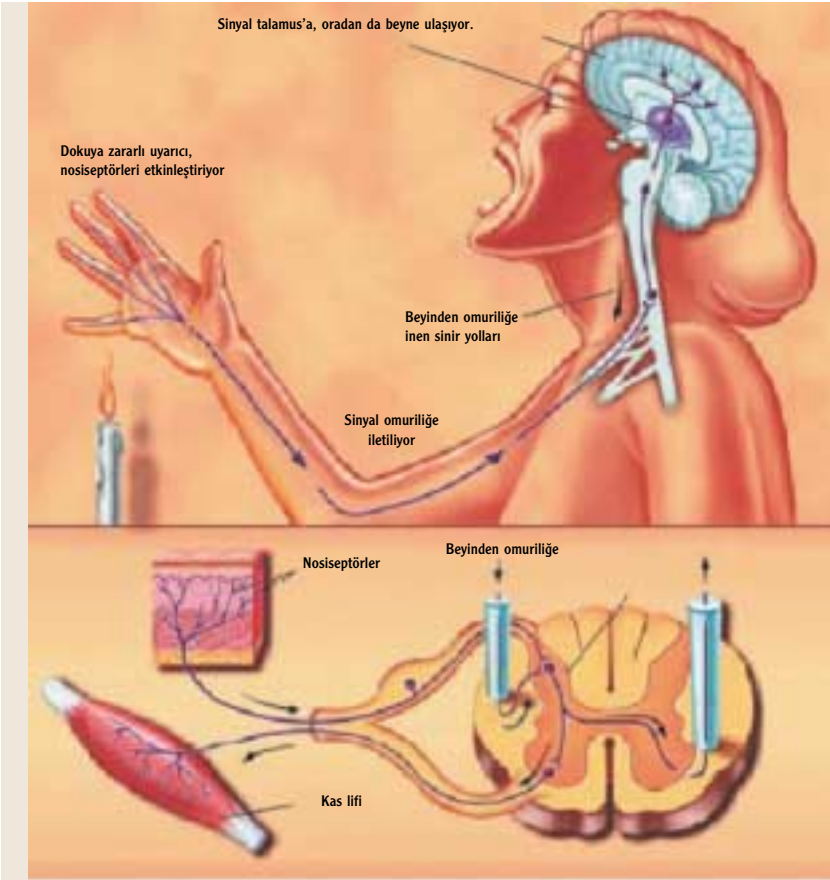
Dışımızdaki dünyayı algılamada en önemli duylardan biri görme. Dünyadaki güzelliklerin algılanmasının yanı sıra, görme duyusu hayatta kalmak için de önemli mekanizmalardan. Görmek, duylar arasında en karmaşık olanı. Görme için beyinde ayrılan alan, tüm diğer duyların alanlarının toplamından fazla. Dış dünyadan gelen ışınlar, ilk önce gözün dış kısmındaki kornea ve bunun altındaki mercek tarafından kırılıyor. Kırılarak tepe taklak olan ışınlar, "göz dibi"ndeki retina üzerine yansıtılıyor. Göz dibinde bulunan yaklaşık 125 milyon özel sinir hücresi, gelen ışığı elektrik enerjisine çeviriyor. Bu hücreler kabaca iki tip: "çubuk" ve "koni"ler. Çubuk hücreleri, loş ışığı algılıyor. Renkleri algılamamızı sağlayan hücrelerse koniler. Koniler,

parlak görüş sağlamanın yanı sıra siyah beyaz ayrımı da yapıyorlar. Renkleri görebilmemiz, konilerin üç farklı rengi algılamasına bağlı: kırmızı, yeşil ve mavi. Bu renklerin karışımıyla tüm renkler algılanabiliyor. Bu algılamada cisimlerden yansıyan ışığın şiddeti de çok önemli. Cisimlerin şekilleri, renkleri ve hareketleri, bunlardan gelen ışığın şiddetine göre beyinde değişik görüntüler yaratıyor. Göz dibindeki hücreler tarafından alınan uyarılar, sinir lifleriyle beyne taşınıyor. Beynin her iki yarısına da bilgi ulaşıyor. Sinir liflerinin çaprazlaşmasına bağlı olarak görüntünün sağ yarısı beyin sol yarısından, sol yarısısa sağ yarısı tarafından algılanıyor. Tüm bilgiler beyin arka bölümünde bulunan "oksipital" bölgeye gidiyor. Yaklaşık 2 mm kalınlığında bir hücre tabakasıyla kaplı olan bu bölge, asıl görme merkezi. Bu bölgeye gelen bilgiler sayesinde cisimler algılanıp analiz ediliyor.



## İşitme

Hayat kurtarıcı duylardan biri de işitme. Birçok hayvan türü, tehlikeyi ilk önce duyarak algılıyor. Duymak, haberleşme için de çok gerekli bir özellik. İşitme sorunu olan çocuklar konuşmayı da öğrenemiyorlar. İşitme duyusu için ilk koşul hava titreşimi. Sesler, cisimlerin titreşiminin hava yoluyla ilk önce dış kulakla iletilmesiyle oluşuyor. Dış kulaktan geçen ses dalgaları orta kulaktaki kulak zarını titreştiriyor. Seslerin şiddetine ve frekansına göre değişik hızlarda titreşen kulak zarı, orta kulaktaki üç küçük kemiği harekete geçiriyor. Hareket eden bu kemiklerin sonuncusu iç kulaktaki bir zarı titreştiriyor bu da iç kulaktaki sıvının hareketine yol açıyor. Bu hareket iç kulaktaki özel hücreler tarafından algılanarak elektrik sinyallerine çevriliyor. Değişik frekanslardaki ses dalgaları, değişik nöronların uyarılmasına yol açıyor. Böylece farklı sesler algılanıyor. Algılanan sesler, nöronlar yoluyla beyin temporal bölgesindeki duyma merkezine taşınıyor. Konuşmalar da ilk önce aynı şekilde algılanarak temporal bölgeye aktarılıyor. Ancak daha sonra bu bilgiler, çözümleme için beyin sol yarısındaki konuşma merkezine gönderiliyor.



## Dokunma ve Ağrı

Dış dünyayı algılamamızda en önemli yardımcılarımızdan biri de dokunma duyumuz. Cisimlerin yapısını, kıvamını ve boyutlarını algılamamıza yarıyor. Dokunma duygusu ciltteki sinir uçları sayesinde gerçekleşiyor. Kıl köklerinin komşuluğundaki sinir uçları, kılların en ufak hareketini bile algılıyor. Bu mekanizma, zararlı bir etkeni, daha cildimize dokunmadan hissetmemizi sağlıyor. Bir maddeyi dokunarak algılamada en önemli nokta, o bölgedeki sinir liflerinin sayısı. Parmak uçları ve dudakta çok sayıda sinir lifi bulunurken bu sayı sırtta çok daha az. Bir cismin ay-

rıntılarını algılamada parmaklar ve dudaklar çok önemli. Bebeklerin cisimleri tanımak için onları ilk önce eline alıp sonra da ağızına götürmesi dış dünyayı algılamalarında çok önemli. Vücuda aynı anda temas eden iki cismin ayrımını (iki nokta ayrımı) yapmak, o bölgedeki sinir ağının sıklığıyla ilgili bilgi verebiliyor. Kendi üzerimizde uygulayabileceğimiz bir deney, bunu anlamamıza yardımcı olabilir. Sırtımıza, birbirine çok yakın mesafede olan iki kalem ucu aynı anda değiştirilince bunu tek bir kalem ucu gibi algılıyoruz. Bu kalem uçları arasındaki mesafeyi yavaş yavaş açarak sırtta dokundurmaya devam edersek, uçların birbirine olan mesafesi ancak 6-7 cm olduğunda bunun

iki ayrı kalem ucu olduğunu algılayabiliyoruz. Dudaklarımızda, bu iki nokta ayrımını 1-2 milimetre aralık içinde yapabiliyor. İnsan neslinin devamlılığını sağlayan seks güdüsünün en önemli tatmin bölgelerinden birinin dudaklar olmasının nedeni, belki de bu.

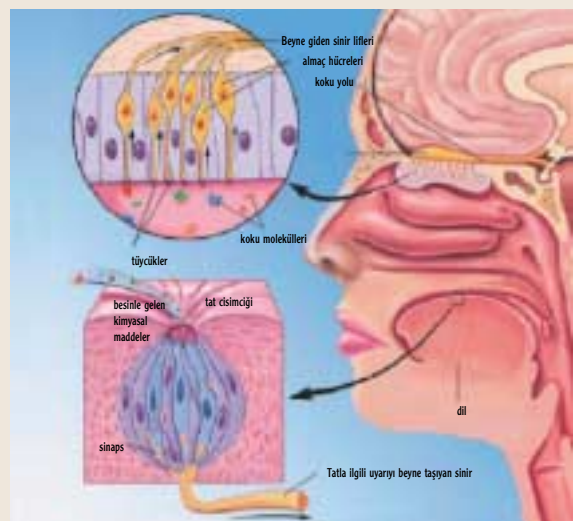
Acı ve ağrı duyuları, vücudun savunma mekanizmasının en önemli bileşeni. Hastalanan organımızdan yayılan ağrı duyusunun beyne taşınması, hastalıkların erken tanısı için çok önemli. Vücudun herhangi bir bölgesinde meydana gelen bir hasar, kendisini ağrı ya da acı olarak belli ediyor. Örneğin elimiz ateşle temas ettiğinde, acıyı oluşturacak uyarılar, buradaki "nosiseptör" denen özel sinir lifleri tarafından alınıyor. Bu sinyaller ilk önce omuriliğin arka bölümüne gidiyor. Ağrı duygusu omuriliğe ulaştığında, bu sinyaller daha beyne ulaşmadan, omurilik tarafından elimizi çekmek için kol kaslarımıza komut veriliyor. Bu kestirme sinyal ileti yoluna "refleks" deniyor. Refleksler, en basit sinir iletim yoluyla gerçekleşiyor. Tüm canlıların hayatta kalabilmesi, bu reflekslere bağlı. Örneğin, gözümüze yabancı bir cisim temas ettiğinde hemen göz kapağımızı kapatırız. Diğer bir örneğe, boğazımıza yemek ya da su kaçtığı zaman nefes borusunun hemen daralıp öksürüğün başlaması. Bu refleks sayesinde yemeğin nefes borusuna kaçması engelleniyor. Bu ve bunlara benzer refleksler, birçok kez hayat kurtarıcı oluyor. Beynin dış kabuğuna ulaşan sinyallerse ağrı ve acının bilinçli algılanmasına yol açıyor. Beyinde algılanan ağrı, burada endorfin ve enkefalin gibi kuvvetli ağrı kesicilerin salgılanmasına yol açıyor. Bazı insanlar bu morfin benzeri maddelerin salgılanmasına o kadar alışıyor ki, bu yüzden kendilerine acı çekirtmeyi bir yaşam biçimi haline getirebiliyorlar.

Eskiden ağrı ya da acının yalnızca hasarlı bölgedeki sinirin elektriksel uyarısı ve bu uyarının beyne iletilmesiyle hissedildiği düşünülüyordu. Son yıllarda yapılan çalışmalar ağrının mekanizmasının bu kadar basit olmadığını gösterdi. Ağrı ya da acı veren etken ortadan kalksa bile günler, hatta aylar süren acının hissedilmesinin, o bölgede salgılanan mesajcı molekül benzeri kimyasalların etkisi sonucu olduğu gösterildi.

## Koku ve Tat Alma

Bu duyarlar birbirinden farklı organların aracılığıyla ve farklı sinirler tarafından algılanıyor. Buna karşın bu duyarlar birlikte çalışıyor. Her ikisinin ortak çalışması sayesinde doğadaki binlerce kokuyu algılayıp birbirinden ayırt edebiliyoruz. Tek başına tat alma duygusu yalnızca tatlı, acı, ekşi ve tuzlu tatların ayırımına yarıyor. Ancak koku duygusuyla birleşince binlerce farklı lezzet algılanıyor. Ağızın içerisinde, çoğu dil üzerinde olmak üzere 5 binden fazla tat alma tomurcuğu var. Her bir tomurcuğun üzerindeyse 50-100 bin kadar tat alma siniri bulunuyor. Ağızdaki tatlar bu sinirler tarafından algılandıktan sonra ilk olarak beyin sapına gönderiliyor. Çok acı ya da ekşi bir gıdanın ağızdan atılması ya da yutulması gibi, tada karşı verilen ilk tepki, burada oluyor. Daha sonra sinyaller beynin ortasındaki talamus bölgesine ve beynin dış kabuğuna gönderiliyor. Buralarda tat değerlendirilip, bilinçli olarak algılanması sağlanıyor.

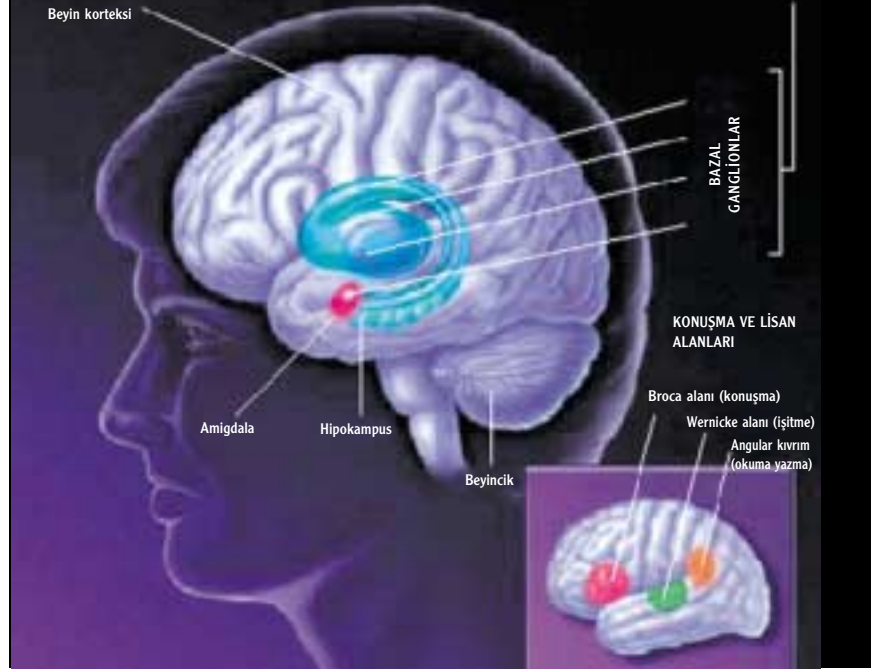
Kokunun algılanmasında ilk durak, burun mukozası. Burnun iç yüzeyini kaplayan burun mukozasında koku uyarıları alan özel hücreler var. Hava yoluyla buruna giren değişik moleküller, bu hücrelerin yüzeyine yapışarak kimyasal uyarılar meydana getiriyorlar. Bu uyarılar sinir hücreleri tarafından elektrik uyarılarına dönüştürülerek koku algılanıyor.



# ÖĞRENME VE BELLEK

Beynin hangi bölümlerinin öğrenme ve hafızaya ilgili olduğu, ilk zamanlarda rastlantılarla anlaşıldı. Bilim adamları, epilepsi tedavisi için beynin bir kısmı alınan ya da kaza sonucunda beynin bazı kısımlarını kaybeden kişileri inceleyerek, öğrenme ve hafıza gibi işlevler hakkında bilgi edindiler. Bu araştırmalar sırasında, orta temporal bölgede bulunan hipokampus ve çevresindeki hücrelerin hafızada çok önemli rolü olduğu gösterildi. Bilgiler belirli bir süre hipokampusta kaldıktan sonra daha uzun süreli depolanma için dış kabuktaki bölgelere aktarılıyor. Hipokampus, beynin öğrenme, konuşma ve düşünce merkezleriyle de çok yakın ilişkide. Bu bölge ameliyatla alındığında kişiler uzak hafızalarını kaybediyor ve yalnızca 1-2 dakika önce olan olayları hatırlıyorlar. Bazı ruhsal hastalıkların tedavisinde kullanılan "elektrokonvulziv tedavi" (elektroşok) bu bölgeye geçici hasar verebiliyor. Bu hastalarda geçici süreyle hafıza kaybı ve öğrenme güçlüğü oluşuyor.

Öğrenme, beyinde bilginin depolanmasıyla gerçekleşiyor. Bilgi kabaca ikiye ayrılıyor. Bunlardan ilki "deklaratif" bilgi. "Türkiye'nin başkenti Ankara'dır" gibi bilgilere deklaratif deniliyor. Bu tür bilgi, kişinin daha önce okuyarak ya da deneyimleriyle elde ettiklerinden oluşuyor. Deklaratif bilgi (açıklanan, tebliğ edilen), orta temporal bölge ve talamusta depolanıp değerlendiriliyor. Deklaratif olmayan bilgiyse, farkında olmadığımız bilgiyi içeriyor. Becerilerimiz ve alışkanlıklarımız, bu bilgilerin sonucu. Günlük hayatımızda kullandığımız bilginin yaklaşık %90'ı deklaratif olmayan türden. Deklaratif olmayan bilginin değerlendirilmesi bazal gangliyonlar denen bir bölgede yapıyor. Bilginin duygusal kısmının değerlendirildiği yere amigdala. Bilgilerin depolanmasında en önemli unsur, yararlı olup olmaması. Beynin bilgiyi tutmadaki en önemli güdülerini ödüllendirilme ya da cezalandırılma. Yani herhangi bir bilgi sonucunda bir kazanç ya da kayıp elde edildiği zaman, o bilgi daha uzun süre saklanıyor. Beynin orta alt kısmında bulunan amigdalanın bu tür öğrenmede önemli rolü var. Uzun süredir yapılan çalışmalar, hafızanın nöronlar arasındaki bağlantıların değişmesiyle ilgili olduğunu gösteriyor. Nöronların bağlantı sayısının ve kuvvetinin değişmesi, anahtar nokta. Kalıcı bilgi bu bağlantıların yapısını değiştiren moleküllere bağlı. Her ne ka-



dar amigdala ve hipokampus gibi yapılar, kalıcı bilginin depolanması, yani bellek için önemli merkezler olsa da beynin her bölgesi bilgi depolayabiliyor.

Belleğin çok değişik sınıflandırmaları var. Bazı araştırmacılar belleği "olay belleği", "sınıflandırıcı bellek" ve "işlemsel bellek" olarak ayırıyor. Olay belleği, olayların tüm ayrıntılarıyla hatırlanmasına yarar. Örneğin, seyrettiğimiz bir filmin hatırlanması gibi. Sınıflandırıcı bellek, bilgileri sınıflandırarak hatırlamamızı sağlıyor. Hangi sözcüğün ne anlam ifade ettiğini sınıflandırıcı bellek söylüyor. Bir aygıtı kullanmak ya da araba sürmek, işlemsel belleğin görevi. Bilgilerin beyinde tutulma süresine göre bellek, kısa ve uzun süreli olarak ikiye ayrılıyor. Bunların sınırlarını ayırmak zor. Kısa süreli bellek, birkaç saniyeden başlayıp birkaç haftayı kapsayabiliyor. Uzun süreli bellekse birkaç ayla başlayıp bir ömür boyu sürebiliyor. Çok kısa süren görsel belleğe "ikona belleği" deniliyor. Bir yazıyı gördüğümüzde, bu önce ikona belleğine kaydediliyor. Eğer bu

bilgiler daha uzun süreli belleğe aktarılmazsa, derhal siliniyor. İkona belleğinin biraz daha uzun süreli olanına "çalışma belleği" deniliyor. Telefon numaralarını ve isimleri hatırlamamız bu sayede mümkün oluyor. Tüm bu bellek türleri, öğrenmenin temelini oluşturuyor. Görsel yolla elde edilen bilgiler ilk olarak bu belleklerde depolanıp, daha sonra gerekli olanlar uzun süreli belleğe aktarılıyorlar.

Okuma ve konuşma, en çok bellek gerektiren işlevlerden. Bu iki işlev, her ne kadar beynin farklı bölgeleri tarafından gerçekleştirilse de, birbirleriyle oldukça bağlantılı. Konuşma merkezleri beynin sol yarısında. Konuşma, temel olarak, beynin sol ön kısmındaki Wernicke alanında düzenlenerek biçimleniyor. Burada düzenlenen bilgi, temporal bölgedeki Broca alanına gönderiliyor. Burada ayrı bir konuşma programı yapılarak gereken bilgi, konuşma için gerekli kaslara emir verilerek üzere beynin üst kısmında bulunan bir bölgeye gönderiliyor. Bir yazıyı okumak için, görme ve konuşma merkezlerinin çok duyarlı bir eşgüdümünde çalışması gerekiyor.

## Bellek ve Öğrenmeyi Geliştirmek

Öğrenmeyi geliştirmek için belleğin de geliştirilmesi gerekiyor. Bu yeteneklerimizi geliştirmenin ilk yolu beynimizi korumak. Beynimizi etkileyen en önemli olumsuz etkenler, beyin hasarı ve stres. Çeşitli çarpmalara bağlı beyin hasarları zihinsel yetenekleri olumsuz etkileyebiliyor. Çarpma sonucu bellek merkezlerinde hasar oluşabiliyor. Kafa travmalarından sonra bellek kaybı oldukça sık görülebiliyor. Bu nedenle beynimizi dış hasarlardan korumak, ilk basamak. California Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada kokain kullananların beyin kan akımının, kullanmayanlara göre %23 daha az olduğu gösterildi. Esrar kullananlardaysa, beyinin temporal bölgesindeki

kan akımı, diğer insanlara göre %85 daha düşük. Yorgunluk ve uykusuzluk, beyni olumsuz etkileyen diğer faktörler. Günde 7 saatten az uyumak beynin öğrenme, bellek, dikkat gibi işlevlerini yavaşlatıyor. Stres de beyni etkileyen bir durum. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, uzun süreli stres sonucunda ortaya çıkan bazı zehirli moleküllerin, nöronların ölümüne yol açtığı gösterildi. Yaşantımızdan stresini bütünüyle atmak mümkün olmasa da en aza indirebilmek için çaba göstermek gerekiyor. Buna, küçük şeyleri dert etmemekle başlayıp her anın değerini bilmekle başlayabiliriz. Olumsuz düşünceler beynin büyük düşmanları. Başka bir insanın bakışlarını

yorumlayarak beynini okumaya çalışmak, gelecekle ilgili sürekli olumsuz tahminlerde bulunmak, sürekli genellemeler yapmak, kendini aşırı suçlamak gibi olumsuz düşünceler, beyin işlevlerini yavaşlatıp azaltıyor. Fiziksel ve ruhsal rahatlama beyin kapasitesini artırarak dikkat ve hafızayı kuvvetlendiriyor. Beyni olumsuz düşüncelerden arındırıp rahatlamak için önerilen başlıca yöntemler müzik dinlemek, müzik aleti çalmak ya da spor yapmak.

Düzenli cinsel ilişki zihinsel ve ruhsal durumu olumlu yönde etkiliyor. Haftada en az bir kez yapılan düzenli seks kadınların üretkenliğini artırıyor, adet kanamalarını düzenleyip miktarını azal-

# BELLEK BOZUKLUKLARI

Lisan, düşünce ve deneyimlerin sözcük denilen sembollerle ifade edilmesidir. Sol yarımkürede Silvius yarığı bölgesinde yoğunlaşan bir sinir ağının ürünüdür. Sözcükleri anlama merkezi şakak lobu üst kıvrımının arka ucu ve yan lob lobulusunu içeren Wernicke alanıdır. Burada duyulan sözcüklere anlam verilir. Alın lobu alt kıvrımının arka ucu ve ona komşu ön alın alanları söz söylemeyi sağlayan Broca alanını oluşturur. Bu alan sözlerin söylenmesinden ve doğru dizilmesinden (sentaks ya da gramer) sorumludur. Bu sinir ağının bir yarinin tahriri afazi denilen konuşma bozukluğunu yapar. Afazide söz söyleme, söz anlama, doğru sözcük seçme ve sözcük sırasını doğru sıralama (gramer, sentaks) bozulmuştur.

Sağ elle yazanların %90'ında ve sol elle yazanların %60'ında konuşma merkezleri sol yarımkürededir. Az sayıda insanda konuşma merkezleri sağ yarımkürededir. Sağ elle yazan birinde sağ yarımkürede hasar oluşuna bağlı afaziye çapraz afazi denir.

**Afazi belirtileri:** En sık görülen belirti hastanın gösterilen bir cismin ismini söyleyememesidir (anomi= isimlendirememek); örneğin silgi gösterilince silgi diyemez; "silme için birşey" diyebilir ya da sözcüğü yanlış söyler: Sili ya da salgi diyebilir (parafazi). Hastaya "silgiyi göster" dersek gösterebilir; fakat bazılarını bunu da yapamaz. Hastanın konuşmayı anlayıp anlamadığı evet-hayır ile yanıtlanan şu gibi sorularla test edilir. "Köpek uçar mı?" ya da "Bu odada ışık veren şeyi" göster. Afazisi olanlar aynı sözcüğü ya da kısa cümleleri 4-5 kere tekrarlayamaz. Hasta yazı yazamayabilir (agrafi) ve yüksek sesle okuyamayabilir (aleksi).

**Wernicke afazisi:** Hasta söylenen sözleri ve okuduğunu anlayamaz. Konuşma akıcıdır; fakat sözcüklerin çoğu yanlış söylenir (parafazi); öyleki hasta yeni bir lisan yaratmış gibidir; söylediklerini anlamak zordur (jargon afazi) [jargon; bir mesleğe özgü başkalarına anlamsız gelen sözcükler]. Konuşması bir akıl hastasınınkini andırır.

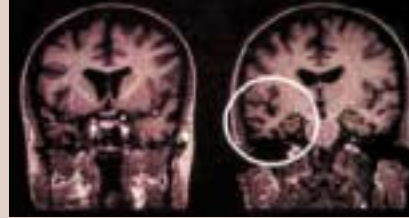
Hasta anlamsız konuştuğunun farkında değildir; sözlerini anlamayanlara kızır ve bu nedenle şüpheli ve saldırgan olabilir. Wernicke afazisi olanlar iyi okuyamaz, yazamaz, cisimlere isim veremez ve sözcükleri tekrar edemez.

**Broca afazisi:** Hasta az sözcük kullanır; dura du-

ra konuşur (söyleyeceği sözcüğü aramaktadır), sözcüklerin sırası ve söylenişi yanlıştır. Tekrarlama ve isimlendirme yapamaz. Konuşma "evet", "hayır"a, hatta bir iniltiyi indirgenebilir. Söyleneni ve okuduğunu anlar; şarkı söyleyebilir. Wernicke afazisinin aksine hasta konuşamadığının bilincindedir ve buna çok üzülerek ağlar.

Wernicke ve Broca afazileri beyin damar tıkanmalarına, beyin kanamasına, kafa travmalarına ya da beyin tümörüne bağlı olabilir. Wernicke ve Broca afazilerinin birlikte görülmesine tam afazi (global afazi) denir.

Afazinin daha az görülen başka çeşitleri de vardır: **a) İletim afazisinde** Broca ve Wernicke alanları arasındaki birleştirici yollar tahrir olmuştur. Broca afazisine benzer; fakat konuşma akıcıdır. **b) Bazı Broca ve Wernicke tipi afazilerde** sözcükleri tekrar yeteneği bozulmaz. Bunlara "beyin kabuğu ötesi afaziler" (transkortikal afaziler) deniliyor. **c) Anomik afazide** hasta yalnız gördüğü cisimlerin adını hatırlayamaz; kafa travmalarında ve Alzheimer hastalığında en sık görülen afazi, anomidir. **d) Şakak lobu üst kıvrımının tahririnde** saf sözcük sağlığı olur; hasta işitir; fakat kendi lisanını yabancı bir lisanmış gibi anlayamaz. **e) Sol artkafa lobu harabiyetinde** saf aleksi olur; yani hasta kendi lisanında yazılmış bir kitabı, yabancı dilde yazılmış gibi, okuyup anlayamaz.



Wernicke tipi afazisi olan bir hastada nükleer manyetik görüntüleme ile sol şakak lobunda atrofi (beyaz daire içindeki siyahlık). Hasta duyduğu veya okuduğu sözcükleri anlamıyor, gördüğü cisimlere anlam veremiyordu. Söylenen sözleri tekrar edemiyor, gördüğü cisimlerin ismini söyleyemiyordu. Beyninde dejeneratif bir sinir hastalığı vardır.

iyor. Buna ek olarak östrojen düzeyini artırıyor, menopozu ve yaşlanmayı geciktiriyor. California Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada, düşük östrojen düzeylerinin beyin kapasitesini azaltıp hafızayı zayıflattığı gösterildi. Tek başına orgazm, yani mastürbasyon, başka bir partnerle yapılan seksin beyindeki olumlu etkilerini yaratmıyor. Partnerler arasındaki hoşlanma, beğenme ve sevmeye gibi duygular, seksin beyindeki olumlu etkilerini artırıyor.

Tüketilen gıdalar da beyin işlevleri için çok önemli. Vücutun enerjisinin %20'si ve kandaki oksijenin %25'i beyin tarafından kullanılıyor. Beynin asıl enerji kaynağı karbonhidratlar. Proteinler ve omega 3 yağ asitleri de oldukça önemli. Özellikle tatlı su balıkları, zeytinyağı, kanola yağı beyin için önemli gıdalar. Uzmanlar haftada 3 gün balık eti yenilmesini öneriyor. Vitaminlerin,

özellikle B, C ve E vitaminlerinin düzenli tüketilmesi, beyin hücreleri için oldukça yararlı. Bu vitaminler, beyin işlevlerini desteklerken nöronları hücre içinde oluşan zehirli atıklardan koruyor. Fazla karbonhidrattan kaçınmak da önemli. Çok fazla tüketilen ekmeğe, nişasta gibi besinler, beyin gelişimini olumsuz etkileyebilir. Uzmanlar, gün içerisinde en önemli öğünün sabah kahvaltısı olduğunu belirtiyorlar. Güne, az yağlı, düşük karbonhidratlı ve bol proteinli bir kahvaltıyla başlamak gerekiyor. Dengeli ve sağlıklı beslenme, beynin iyi performans göstermesi için gerekli unsurlardır.

Ünlü beyin cerrahı Prof. Dr. Gazi Yaşargil'in de belirttiği gibi beyni geliştirmenin en önemli yöntemi, onu çalıştırmak. Aynı kaslar gibi, beyin de çalıştıkça gelişiyor. Beyin çalıştıkça, yeni şeyler öğrendikçe nöronlar arasında yeni bağlantılar

Bu hastalar renklerin adını da unuturlar (renk anomisi). **f) Afemide** hasta dilsiz gibidir; bu hal bir süre sonra fısıltıyla konuşmaya döner. **g) Gertsmann sendromunda** hasta basit aritmetik işlemleri yapamaz (akalküli); iyi yazamaz (disgrafi); parmaklarının adını (işaret parmağı vb.) söyleyemez ve sağla solu karıştırır. Bu sendrom sol yarımkürenin yan lobunda açılal kıvrım (girus angularis) lezyonlarında görülür. **h) Sözlereki vurguları algılayamamak aprosodiya**ya neden olur. Bu hastalar vurgusuz sözcüklerle, monoton bir tarzda konuşurlar. Sağ yarımküre Silvius yarığı etrafındaki patolojiler aprosodiya neden olur. **i) Sol yarı kürenin derin çekirdeklerinin (talamus, kuyruklu çekirdek) tahriri** de klasik olmayan afazi nedenidir. **j) Bazı afazilerde gramersizlik (agramatizm) ya da telegrafik konuşma** görülür; yazılı ya da sözlü dilde edat ve bağlaçlar kullanılmaz. Böyle bir hasta 1968 Paris olaylarını şöyle anlatıyordu: "Grevler, ah grevler... ah kırmızı bayrak... ah, ah coplar... ah yine coplar... Fakülteler; ah evet yüzde on... ah ücret". **k) Hasta soyut sözcükleri (adalet, şeref, iyilik vb. gibi) ve icat edilmiş anlamsız sözcükleri (hecelerin rastgele sıralanması) okuyamaz ve tekrar edemez;** somut sözcükleri kolayca tekrarlar; fakat bunu anlamca yakın sözcükler kullanarak yapabilir; örneğin "tiyatro" yerine "bale" der. Sol şakak lobunda lezyon olan bir hasta şöyle diyor: "Cisimlerin adlarını söyleyebilirim, diğer sözcükleri asla" **l) Somut sözcük afazisi** çok nadirdir; bu güne dek 10-20 olgu görülmüştür. Bu hastalar bir sözcüğün kendisi yerine ona anlamca yakın bir sözcük kullanırlar; örneğin "ağaç çileği" yerine "böğürtlen" derler. Bu gibi hastalar söyleyemedikleri sözcükleri rahatlıkla okuyabilirler. Bu zorluklar kısa vadeli bellek kusuruna bağlıdır (kafa travması, beyin damar tıkanması, kanaması, beyin tümörü vb.) Soyut ve somut sözcüklerin beyinde temsil edildikleri alanlar farklı olmalıdır. **m) Bazı afazilerde hasta doğayla ilgili sözcükleri (çiçekler, hayvanlar vb) hatırlar, cansız şeylerin adını (masa, koltuk, kalem vb) hatırlayamaz.** **n) Bazı afazilerde hasta vücudun çeşitli bölümlerinin, bir evin içinde bulunan eşyaların, sebze ve meyvaların isimlerini ya da özel isimleri (Ahmet, Ayşe vb) unutmuştur.** **o) Bazı afazilerde yalnız isim ve fiiller unutulur; bazılarında isimler hatırlanıp fiiller unu-**

oluşuyor. Uzun süre öğrenme sürecine ara verildiğinde beyindeki bazı bağlantılar kaybolmaya başlıyor. Buna bağlı olarak da öğrenme zorlaşıyor, bellek geriliyor. Uzun süre kitap okumayan bir öğrencinin ders çalışmaktan soğuması ve okulun açıldığı ilk haftalarda zorlanması, nöronlar arasındaki bağlantıların zayıflaması ya da azalmasına bağlı. California (Berkeley) Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada rahat bir yaşam süren ve yeni bilgi öğrenme gereği olmayan farelerin beyin yoğunluğunun, sürekli yeni bilgiler öğrenen farelerin beyne göre azaldığı gösterildi. Her gün az da olsa yeni bilgiler öğrenmek, beyni geliştiriyor. Einstein'ın "bir kişi günde 15 dakika düzenli olarak bir konuda çalışırsa bir yılda o konuda uzman olur, 5 yıl çalışırsa ülke çapında uzman olur" sözünü hatırlatmakta yarar var.

tulur ya da bunun aksi olur. Fiil merkezi sol alın, isim merkezi sol şakak lobundadır.

#### Diğer Bellek Bozuklukları

**Yarıy ihmal (hemineglect)** sendromunda baş sağa dönmüştür; hasta vücudunun sol yarısını yıkamaz, traş etmez ve giydirmez; tabağın soluna konulan yemekleri yemez; sayfanın sol yarısını okumaz, yazar-ken kağıdın sol yarısını boş bırakır ve saat resminin yalnız sağ yarısına rakamlar koyar, yüzün sağ yarısını çizer. Sol kolunun ve bacağının kendine ait olduğunu kabul etmez; bir yabancıya ait addettiği kolunu ya da bacağını yataktan dışarı atmak isterken kendini yerde bulur. Solundaki kişi ve binaları farketmez. Bu sendrom kişiyi dış çevreden haberdar edici sistemin bozukluğuna bağlıdır. Bu sisteme çevre kıvrım (girus cingularis) kabuğu, yan lob kabuğunun arka bölümü, alın lobu göz alanları, çizgili cisim (corpus striatum) ve talamusun pulvinar çekirdeği dahildir. Bu bölgeler çevremizin üç boyutlu (uzay) haritasını, duyu haritasını ve hareket haritasını saklar. Sol yarıya sağ alanımızı, sağ yarıya hem sol, hem sağ alanımızı haritalar. Bu nedenle, sol yarıya hasarı sağ yarıya ihmal yapmaz; çünkü sağ yarıya sağ ihmali telafi eder. Sağ yarıya hasarı sol yarıya ihmale neden olur.

Aprakside hasta emredilen bir hareketi yapamaz; örneğin "düğmeni ilikle" deyince iliklemez. Saç tarama, diş fırçalama gibi basit hareketleri pandomim olarak yapamaz. En sık rastlanılan apraksi, düşünce hareket apraksisidir. Bu hastalıkta, beyinde düşünce sistemiyle hareket sistemi arasındaki bağlantılar kopmuştur; hasta düşündüğü bir hareketi taklit edemez. Bu tip apraksi sıklıkla afaziyle beraberdir. Apraksi yüzde, kol ve bacaklarda olabilir. Düşünce apraksisinde hasta hareketlerin sırasını şaşırır; örneğin kalemin yazmayan ucuyla yazmaya çalışır. Bu duruma bunamalarda rastlanır. Beynin premotor alan ya da beyin kabuğu-bazal gangliyonlar bağlantılarının hasarında, hasta bir aleti doğru dürüst kullanamaz.

Giyinme apraksisinde hasta elbisesini giyemez; onunla uğraşır durur (iki taraflı veya sağ yan lob harabiyeti). Konstrüksiyon apraksisinde hasta basit geometrik şekilleri kopya edemez (sağ yan lob harabiyeti). Balint sendromunda hasta çevreyi incelemek için gözlerini gerektiği gibi çeviremez (göz hareketleri apraksisi); gördüğü şeyi elle yakalayamaz (görsel dengesizlik, optik ataksi) ve merkezi görmeyle çevresel görmeyi bütünleştiremez (simültanagnozi); örneğin görüşü masa lambasının yalnız dibine yoğunlaşır ve gördüğü şeyin kültabağı olduğunu söyler; baktığı cisim birden kaybolabilir; bir kağıda çok büyük ve çok küçük A harfleri çizilirse yalnız küçük A'ları görür. Simültanagnozi iki taraflı yan lob hasarına bağlıdır. Yüzlerle ilgili anılar artkafa lobundaki birincil (çizgili) görme alanında ve ona komşu birleştirme alanında saklanır. Artkafa-şakak loblarının lingual ve füziform kıvrımlarındaki iki taraflı hasar yüzlerin tanınmasını önler (prosopagnozi) ya da hastanın gördüğü şeyleri tanımamasına engel olur (görsel cisim agnozisi). Bu gibi hastalar bazen aynada ya da fotoğrafta kendi yüzlerini de tanıyamazlar. Hastalar kendi ev hayvanlarını tanıyamaz, otomobillerin markasını anlayamaz.

#### Limbik Sistem Amnezileri

Limbik sistem, bazı talamus çekirdekleri, çizgili cismin bir bölümü ve hipotalamustan oluşur. Burası duyu, güdülenme, iç salgı bezleri ve organ sinirleri merkezidir. Limbik sistem ayrıca kişisel anıların saklandığı merkezdir. Limbik sistemin iki taraflı hasarı

ağır bir amneziye neden olur. Amnezi geriye doğru (retrograd) ya da öne doğru (anterograd) olabilir. Retrograd amnezi, amnezi oluşmadan önceki anıların yok olmasıdır. En uzak anılar en iyi saklanır; örneğin bir çok amnezik insan çocukluğunu iyi hatırlar, fakat amnezinin az öncesindeki olayları hatırlayamaz. Anterograd amnezi amneziden sonraki anıları unutmak, yeni bir şey öğrenememek demektir. Hasta az önce ne yediğini hatırlayamaz. Amnezik hasta amnezisi olduğunu inkar eder ve belleğindeki boşlukları uydurma olaylarla doldurur (fabülasyon). Amnezik hasta, bulunduğu yeri ve özellikle zamanı bilemez. Bunamalar, beyin damar tıkanmaları, beyin tümörleri, kafa travmaları, beyin iltihabı (ensefalit), kronik alkolizme bağlı beyin hastalığı (B1 vitamini eksikliğine bağlı Wernicke-Korsakoff ensefalopatisi) vb amnezi yapabilir. Korsakoff sendromunun en ağır şekli, iki taraflı şakak lobu tahribinde görülür. Böyle bir hasta olan H.M. 1953'ten bu yana yeni hiçbir şey öğrenememiştir. Migrenli bir genç kız, krizin ertesi günü 2 sene geriye giderek bir süre o günlerdeymiş gibi yaşamıştır.

Renk duyumunun kaybında, hasta herşeyi grinin tonlarında görür. Yemek yiyemez; çünkü domatesler ona kömür gibi gözükür. Eşini fare renginde gördüğünden terk edebilir. Rüyaları bile renksizleşir.

Hareket belleğinin bozukluğunda hasta hareketli bir cisim belli aralarla gözden kaybeder; caddede karşıya geçerken otomobil altında kalabilir; çünkü otomobil bir uzaktayken, bir de yanı başına gelince görmüştür. Çay bardağını taşırır; çünkü çayın yüksekliğini izleyemez. Bazı beyin hasarlarında hasta dünyayı bir düzlem olarak görür; 3 boyutlu göremez. Anton hastalığında (körlük yadsınması) hasta kör olmasına rağmen bunun farkında değildir; imgeleri hayalinde üretir.

Belleğin aşırı kuvvetli olmasına hiperamnezi denir; bu duruma genellikle akıl hastalarında rastlanır. Rain Man filminin Dustin Hoffman tarafından canlandırılan kahramanı otistik ve çok kuvvetli bir belleği vardı.

Amnezilerin ilginç ve bazen inanılmaz yönleri vardır. Örneğin mükemmel tenis oynayan birisi, ona bu oyunu öğretene hatırlayamaz; ama oyunda yapacağı hamleleri unutmamıştır. Piyano, keman vb. çalmak, bisiklete binmek, dans etmek, gibi otomatik hareketlerde de aynı şey olabilir. Kafa travmasına bağlı anterograd amneziye hasta kahvaltıda ne yediğini hatırlamaz; fakat kafa travmasından önceki anılarını ve hayatını hatırlar; lisanı da normaldir. 1911'de Dr. E. Claparède bir amnezik hastanın elini sıkarken ona avucunda sakladığı diken batırdı. Ertesi gün aynı hastanın elini sıkarak istedi; hasta buna izin vermedi; fakat 1 gün önceki olayı hatırlamıyordu. Aslında hasta o olayı biliyor, fakat bildiğini bilmiyordu.

Amnezili hasta, belleğini kaybetmeden önceki kişiliğiyle eski yıllarda yaşamış gibi yaşar. Örneğin 25 yıldır amnezik olan yaşlı bir hanım genç bir kız gibi giyinip öyle davranabilir.

Görme korteksi V1 (çizgili kabuk) hasarlarında "kör görüş" vardır. Bu Anton hastalığının tersidir. Hasta bazı şeyleri görür; fakat gördüğünü kabul etmez (Anton hastalığında kör bir hasta gördüğünü iddia eder). 1981'de Roger Sperry'ye Nobel Ödülü kazandıran çalışmalar da çok ilginçtir: Bir kedi ya da maymunda iki beyin yarıküresini birbirine birleştiren "büyük birleşik" (corpus callosum=naşırı cisim) kesilirse hayvan iki ayrı beyni varmış gibi davranır. Aynı durum insan için söz konusu olduğunda, örneğin elleri karşıt işler yapmaya çalışabilir: Biri düğme iliklerken öteki çözmek ister. Uyarılara karşı beyin bir ya-

rısına başka, öteki yarısına başka türlü tepki göstermek öğretilir. İnsanların sol beyni çevrenin sağ yarısını, sağ beyni sol yarısını görür. Corpus callosum'u hasar görmüş "yarık beyin"li hastalarda çevrenin sağ ve sol yarısına ait görsel bilgiler birleştirilemez. Konuşma merkezleri genelde soldadır. Sağdan göstereceğimiz bir resim hastanın sol beynine gider; konuşma merkezi burada olduğundan hasta resimde gördüğü cismin ismini söyleyebilir ya da sol beynin kontrol ettiği sağ eliyle o cisim gösterebilir. Resim soldan tutularak sağ beynine gösterilirse hasta bunları tam yapamaz; çünkü sağ beyin cisim görür; fakat tanıyamaz. Beynin bir yarısı öteki yarısından habersizdir (ayrık beyinler). Büyük birleşik kesilmiş ya da hasar görmüş hastalarda "yabancı el" hastalığı görülür. Hastanın ellerinden biri hastayı boğmaya çalışır; hasta eline hükmedemez ve ancak diğer eliyle karşı koyarak boğulmayı önler. Yabancı el hastanın çocuğunun ya da kedisinin boynuna yapışıp sıkabilir. Bu hastalar sürekli korku içinde yaşarlar.

Beyin lezyonlarında cisimleri tanıma: İnsanda ve maymunda şakak lobunun iç (mesial) bölgesinin çıkartılması, ameliyattan sonraki olayların hatırlanmasına neden olur (anterograd amnezi).

Maymunlarda şakak lobu iç kıvrımının ön ucunun (bademsi çekirdek ve koku kabuğu) hasarı, cisimleri dokunma ve görme yoluyla tanımanın birbirinden kopmasına neden olur; maymun karanlıkta yokladığı cisimleri aydınlıkta gözleriyle tanıyamaz. Limbik sistemin bir başka bölgesinin (denizati) lezyonları da benzer sonuçlar verir. Bir maymun bir muz bir defada bir iskemlenin üzerinde görmüşse hep o iskemle üzerindeki muzları almaya eğilimlidir; hem iskemle, hem masa üzerine muz konulsa yalnız iskemle üzerindeki muzları yer. Denizati lezyonlarında cismin yerini tanıma yeteneği kaybolur; maymun hem iskemle, hem masa üzerindeki muzları yer.

His ve hareketin eşgüdümünde beyin derin çekirdeklerinden (çizgili cisim), kuylu çekirdek ve putamen rol oynar. Bir maymuna 20 çift farklı cisim gösterilir ve bunlardan yalnız birinin içine şeker konulursa, maymun hep şekerli cisim seçer. Bu cevapta çizgili cisimle beraber beyin sapındaki dopaminerjik siyah madde (substantia nigra) rol oynar.

#### Yüzleri Hatırlamak

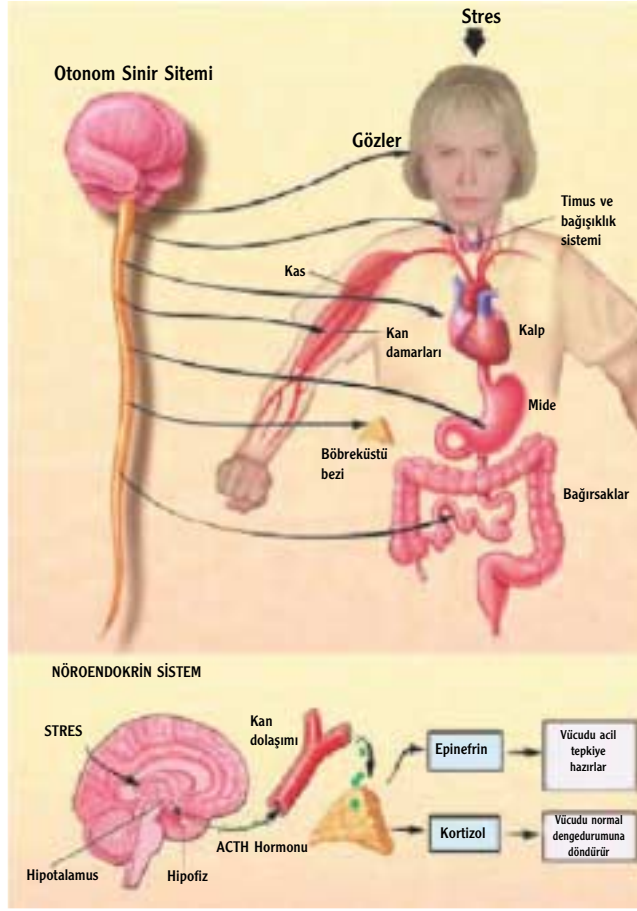
Tanıdık bir yüzü görür görmez hatırlarız. Beynimizin yüz tanıma alanları cisim tanıma alanlarından farklıdır. Bir yüzü inceleyen beyin, derhal o yüzle ilgili bir çok ayrıntıyı kaydeder; cinsiyet, yaş, ırk, duyu içeriği (neşeli, hüzünlü, asık vb), fizyonomik değişimler (bir yüzü kendine özgü yapan anatomik ayrıntılar), yüzün tanıdık olup olmadığı, o kişinin sesi, adı, o kişiyle ilgili anılar (sevmediğimiz bir yüzü görünce yüzümüz asılır) vb. Beynin öyle hastalıkları vardır ki hasta tanıdığı yüzleri, aynada gördüğü kendi yüzü dahil, tanıyamaz olur. 1980'lerde Marsilya'da La Timon hastanesinde M. Ponce'tin bir hastası, kendisine gösterilen fotoğrafların kendi yüzüne ait olduğunu farkedemiyordu. Tıpta bu hastalığa "prosopagnozi" deniyor. Prosopagnozi daima sağ yarı kürenin hastalıklarında görülür; sorumlu lezyon bir tümör, kafa travması, beyin kanaması vb. olabilir. Sol yarı kürede de yüz tanıma merkezleri varsa da bunlar önemli bir rol oynamazlar.

Selçuk Alsan\*

\* Merhum Bilim ve Teknik yazarı Dr. Selçuk Alsan'ın bu yazısı daha önce Temmuz 2000 sayısında yayımlanmıştır.

# STRES

Stres belki de insanlığın tarihiyle aynı yaşta. Tehlikeli ve zorlu durumlarda vücudu gerekli eylemin yapılması için hazırlayan stres, vücudun eski savunma mekanizmalarından. Kısa süreli stres vücuda fazladan enerji veriyor ve performansı artırıyor. Ancak günümüzde stresin yarardan çok zararı var. Kalp hastalıkları, kanser ve yaşlanmanın stresle ilişkili olduğu düşünülüyor. Tüm hastalıkların üçte ikisi stres kökenli. Strese karşı vücutta üç önemli sistem harekete geçiyor. İlk harekete geçen sistem, istemli kasları kontrol eden nöronlar. Bu nöronların ateşlemesiyle istemli kaslar harekete geçiyor. Örneğin, karşımızda bize doğru dişlerini göstererek koşan bir köpek görünce beyin, bacak kaslarımıza komut veriyor ve derhal kaçmaya başlıyoruz. Stres durumlarında harekete geçen diğer bir sistem de istemsiz kasları, organları ve salgı bezlerini denetleyen "otonomik sinir sistemi". Bu sistemin iki parçası var: "Sempatik sistem" ve "Parasempatik sistem". Sempatik sistem, temelde tehlike ve stres durumunda harekete geçiyor. Stres durumunda bu nöronlar ateşlenerek kalp hızı artıyor, solunum hızlanıyor ve vücut her türlü tepkiye hazır hale geçiyor. Yani sempatik sistem vücudun alarm konumuna geçmesini sağlıyor. Parasempatik sistem-



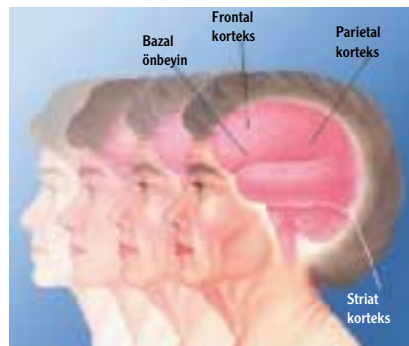
se vücudu rahatlatan ve işlevlerin devamını sağlayan uyarıları gönderiyor. Stresle harekete geçen üçüncü sistemse "nöroendokrin sistem" ya da başka deyişle "hormonal sistem". Bu sistem devreye girdiğinde bol miktarda adrenalin ve steroid hormonları salgılanıyor. Adrenalin, temelde kalp, solunum ve dolaşım sistemlerini strese hazırlarken steroidler kaslara gerekli enerjinin gitmesini sağlıyor. Sınırlendiğimizde, korktuğumuzda yüzümüzün kızarması, kan şekerimizin fırlaması, temelde adrenaline ve steroidlere bağlı. Steroidler gıda alımımızı düzenleyen hormonlardan. Sabahın ilk saatlerinde adeta alarm saati gibi kandaki düzeyleri artırıyor ve uyanma için ilk sinyalleri gönderiyorlar. Steroidler, iştahımızın açılması ve enerjik hale geçmemizi sağlıyor. Okyanus aşırı yolculuklardan sonra meydana gelen ve "jet lag" olarak bilinen olay, saat farkı nedeniyle biyolojik ritim bozulması ve bu hormonun gece-gündüz düzeylerini ayarlayamamasına bağlı. Kısaca sinir sisteminin bilinçli ve bilinçsiz işleyen bölümleri ve bazı hormonlar, strese karşı savaşta bize yardımcı oluyor.

# YAŞLANMA

Yaş ilerledikçe beyinde de bazı değişiklikler meydana geliyor. Tüm organlar gibi beyin de yaşlanıyor. Ancak beyin diğer organlardan farklı bir yönü var. Tüm organların verimliliği yaşla azalırken beyin verimliliği devam edebiliyor, hatta artabiliyor. Ünlü ressam Picasso, fizikçi Einstein, müzisyen Verdi en önemli eserlerini yaşlılıkta verdi. Beynin performansını etkileyen önemli faktörlerden biri, depolanan bilgiler. Zamanla artan bilgiler yeni nöron bağlantılarına ve mesajcı molekül salgılanmasına yol açarak beyni yeniden yapılandırıyor. Beyin, kendisini koşullara göre değiştirebilme ve her an yapılandırma özelliğine sahip. Bu özellik sayesinde insan beyni kendini her an geliştiriyor. Beynin yaşlanmasıyla bazı işlevler gerilerken bazıları da gelişiyor. Yeni bilgiler öğrenmek zorlaşırken, artan bilgi dağarcığına bağlı olarak eski bilgiler daha iyi değerlendirilebiliyor. Bu nedenle yaşlı insanların değerlendirmeleri birçok kez gençlere göre daha doğru olabiliyor.

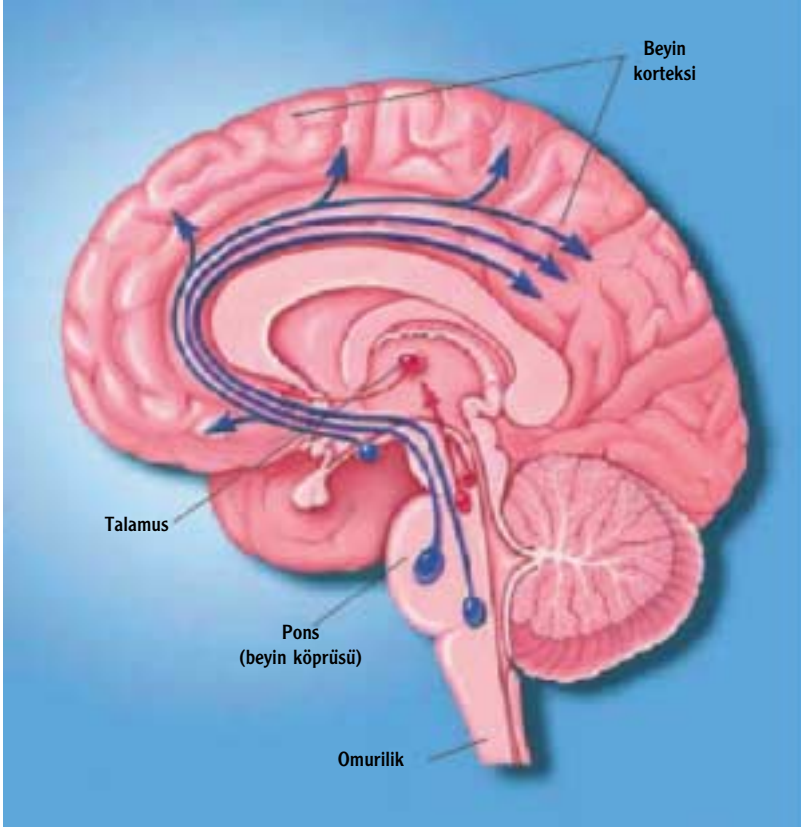
Yaşın ilerlemesiyle beyin işlevlerinde gözlenen ilk değişiklikler, unutkanlık. Özellikle yakın hafızada zayıflama oluyor. Yaşla birlikte görülen unutkanlık bir hastalık değil. Zamanla yeni nöron bağlantıları oluşturmak güçleşiyor ve buna bağlı

olarak öğrenmek zorlaşıyor. Yapılan çalışmalarda, gerekli koşullar oluşturulduğunda yaşlı farelerde yeni nöron bağlantılarının gelişebildiği gözlemlendi. Yeni oluşan bu bağlantıların sayısı ve beyin kanlanması, genç farelerdeki kadar olmasa da, beyin her yaşta kendini geliştirebileceğini gösteriyor. Yaşa bağlı olarak beyinde görülen "demans" (bunama) ve Alzheimer gibi hastalıklar, beyin işlevlerini ciddi ölçüde bozuyor. Bu hastalıklar unutkanlık ve düşünce bozukluğuna yol açıyor. Genellikle ileri yaşlarda görülen bu hastalıklar 65 yaşın altındaki insanların %1'ini etkilerken 85 yaşın üzerindekiilerin yarısını etkiliyor.



Beyin yaşlanmasının mekanizması tam olarak bilinmiyor. Zamanla bazı yaşlanma genlerinin aktif hale geçerek hücre ölümüne yol açtığı düşünülüyor. Hücre DNA'sında meydana gelen bozulmalar ya da hücre içinde biriken zehirli atıklar, yaşlanmanın diğer nedenleri olabilir. Neden ve mekanizma ne olursa olsun sonuçta nöronlarımız yaşlanıyor. İnsan beyni, ağırlığının en üst düzeyine 20 yaşlarında ulaşıyor. Yaş ilerledikçe bunun yaklaşık %10'unu kaybediyor. Ancak nöron kaybı yaşlanmayı açıklayan bir mekanizma değil. Genç insanlarda da nöron kaybı görülüyor; ancak bu beyin işlevlerini önemli ölçüde etkilemiyor. Nöron, gövdesi ciddi bir hasar görmediği sürece kendini onarıp, akson denenen uzantılarını geliştirebiliyor. Eğer gövde yok olursa diğer nöronlar yeni bağlantılar oluşturarak onun işlevini üstlenebiliyorlar. Kaslarımız gibi, beynimizin düzenli olarak çalışması bu bağlantıların korunması ve çoğaltılması açısından önemli. Beynimiz için en iyi egzersiz, yeni bilgiler edinmek ve düşünmek. Yani, kitap okumak, araştırmak beyni zorlamak önemli. Düzenli yapılan egzersizler de beyin damarlarının daralmasını geciktiriyor ve beyin kan akımını artırıyor.

# BEYNİN KUVV



Uyku, hâlâ gizemini koruyan bir araştırma konusu. Yıllardır sırları çözülemedi. Tüm ömrümüzün neredeyse üçte birinin uykuda geçmesine karşın, yararları konusundaki bilgimiz neredeyse yok denecek kadar az. Uyku bozuklukları, belki de en sık karşılaşılan toplumsal sağlık sorunu. ABD'de yaklaşık 70 milyon insanın çeşitli düzeylerde uyku sorunu var. Eskiden uyku sırasında beyin çalışmasının yavaşladığı ya da durduğu, böylece beyin dinlendiği sanılıyordu. Ancak 1950'lerden sonra durumun böyle olmadığı anlaşıldı. Uyku, beyin yavaşladığı ve hızlandığı çeşitli evrelerden oluşuyor. Bu evreler çok karmaşık bir sistem içinde, gece boyunca birbirini izliyorlar. Anında değişebilen hormon düzeyleri ve vücut ısısındaki oynamalar, bu evrelere eşlik ediyor. Uykunun ilk saatlerinde, yani uykunun ilk evresinde beyin dalgaları yavaşlıyor. Yavaş dalga evresinde, kaslar gevşiyor ve göz hareketleri duruyor. Bu süre içerisinde kalp hızı yavaşlıyor, kan basın-

## Uykunun Denetimi

Uyanık kalmak beyindeki iki farklı sistemin salgıladığı mesajcı moleküllere bağlı. Uyanık kalmayı sağlayan ilk sistem, "asetilkolin" adlı bir mesajcı molekülün, beyin alt kesimlerinde bulunan talamusu uyarmasıyla işlevini yürütüyor. Uyarılan talamus, korteks denen beyin dış kabuğuna, yani bilinç düzeyine uyarılar yolluyor. Bu uyarılar sayesinde beyin dalgaları değişerek uyanıklık durumundaki dalgalar oluşuyor. Uyanık kalmamızı sağlayan bu sisteme "kırmızı yol" deniliyor. Uyanık kalmamızı sağlayan diğer sistemse "mavi yol". Bu sistemde, noradrenalin ve serotonin gibi mesajcı moleküller beyin korteksini uyarıyor. Bu uyarılar bilinçli kalmamızı sağlıyor. Uyanırken bu moleküller sürekli salgılanarak beyne uyarı gidiyor. Uykunun yavaş dalga evresinde her iki sistem yavaşlıyor ve bu mesajcı molekülleri salgılayan nöronların ateşlemesi duruyor. REM uykusu sırasında asetilkolin uyarısı devam ediyor ancak noradrenalin ve serotonin ateşlemesi tümüyle kesiliyor. Uykuyu kontrol eden diğer bir merkezse "hipotalamus". Bu bölgede bulunan iki grup nöronun salgıladığı mesajcı moleküller uykuya dalmamızı denetliyor. Buradan salgılanan "GABA" adlı mesajcı, uyanık kalmamızı sağlayan mer-

kezleri baskılayarak uykumuzu getiriyor. Bu bölgede meydana gelen bir hasar, uykusuzluğa yol açıyor. Hipotalamusun yan tarafında bulunan



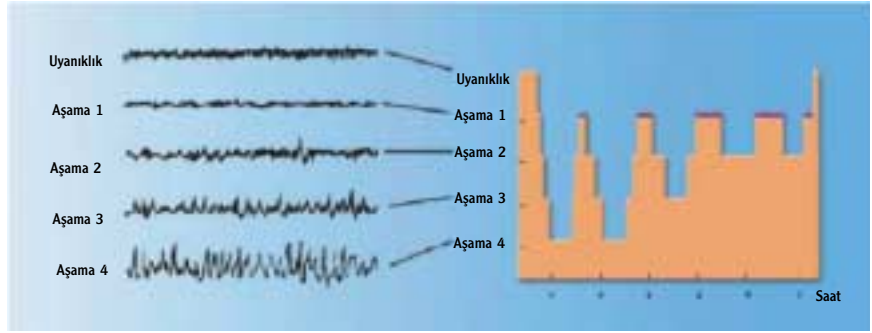
ikinci grup nöronlara hipokretin ve dinorfin denen uyarıcı molekülleri salgılayarak uyanık kalmamızı sağlayan merkezleri aktif hale geçiriyorlar.

İnsanın uykuya dalmasını sağlayan mekanizmaları devreye sokan sinyallerin ne olduğu tam olarak bilinmiyor. Bazı kuramlara göre, zamanla beyinde biriken "adenozin" adlı bir molekül, uyku sürecini başlatıyor. Kahvenin içinde bulunan kafein, bu molekülü baskılayabiliyor. Belki de kahvenin uykuyu geciktirmesinin nedeni de bu. Uyku adeta bir alacaklı gibi. Mutlaka gerekli sürenin uyunması gerekiyor. Eğer eksik uyursak daha sonra borcunu geri alıyor. Örneğin, genellikle 7 saat uyuyan bir kişi eğer 5 saat uyursa, ertesi gün 9 saat uyuduğunda tam olarak uykusunu alıyor. Uyumanın yararları tam olarak bilinmiyor. Vücuttaki birçok hormonun salgılanması ve organların çalışması, biyolojik bir ritim eşliğinde gerçekleşiyor. Bu düzen içerisinde uyku çok önemli yere sahip. Uyku düzenini bozan durumlar, vücut dengesini de olumsuz etkiliyor. Beyin de dahil olmak üzere birçok organ uyku sırasında çalışmaya devam ediyor. Yani uyku, yalnızca organların dinlenmesi için gerekli bir mekanizma değil; belki de organların kendilerini tamir etmek için bir bakıma vücudun kendisini rölatiye alması.



# ET AŞISI: UYKU

cı ve vücut ısısı düşüyor. Bu sırada uyandırılan kişiler rüya tanımlamıyor, ancak bazı imajlar gördüklerini ifade ediyorlar. Bu evrede yavaş olan beyin dalgaları, evrenin sonunda hızlanmaya başlıyor. Yeni evrede beyin dalgalarının hızı, uyanıklıktaki dalgaların hızında. Göz hareketleri hızlanıyor, vücutta tam bir gevşeme oluyor ve solunum kasları dışındaki kaslar adeta felç durumuna geçiyor. Hızlı göz hareketlerinin olduğu bu evreye "REM" uykusu deniliyor. Rüya temelde bu evrede görülüyor. REM uykusu sırasında kan basıncı, vücut ısısı ve kalp atışlarında oynamalar oluyor. Erkeklerin cinsel organında ereksiyon, yani sertleşme bu evrede görülüyor. Bu evre ilk olarak 15 dakika sürüyor. Bunu



tekrar yavaş dalga evresi izliyor. Gece boyunca bu evreler birbiri ardına geliyor. Bu evreler ortama 100 dakikada bir tekrarlayarak devam ediyor. Gidererek yavaş dalga evresinin derinliği azalıyor ve REM'in süresi uzuyor; ta ki uyanana kadar. İnsan hayatının değişik dönemlerinde, bu uykuyu evreleri

değişime uğruyor. Örneğin, bir bebek genellikle günün 18 saatini uyuyarak geçiriyor. Bu uykunun çoğu derin bir yavaş dalga evresinde geçiyor. Erişkinlerse genellikle günde 6-7 saat uyuyorlar. Bu uykununsa çok az bir kısmı yavaş dalga evresinde geçiyor.

## Uyku Sorunu

En sık görülen uyku sorunu, "insomni" denen uykusuzluk hastalığı. Bu kişilerin bir kısmı hiç uykuya dalamazken bazıları gecenin bir yarısında uyanıp bir daha uyuyamıyor. Bu tür rahatsızlıkların tedavisinde anti-depresan denen ve depresyon, yani bunalım durumlarında verilen ilaçlar kullanılıyor. Bu ilaçlar uykuyu sağlasa da yavaş dalga evresinin derinliğini azalttığı için tam olarak kaliteli bir uykuyu sağlayamıyor.

Gün içerisinde sürekli uyku eğilimi de, diğer bir uyku sorunu. Bu kişilerin gün içerisinde uykularının nedeni, gece boyunca derin uykuya geçilememesi.

"Uyku apnesi" denen başka bir hastalıkta kişinin hayatını tehdit edebilen bir rahatsızlık. Bu hastalıkta, uyku sırasında solunum kaslarında o derece gevşeme oluyor ki, bir süre için nefes almak bile mümkün olmuyor. Bu nedenle kişiler derin uykuya evresine hiç geçemiyor. Uykusu apnesi, ani kan basıncı yükselmelerine yol açarak uykuda kalp krizi riskini artırıyor. Gece uykusunu alamadığı için bu kişiler gün içinde sürekli uykuluyor ve çeşitli kazalara yol açabiliyorlar. Bu nedenle uyku apnesi olanların, gün içinde araba kullanması da oldukça sakıncalı. Bu hastalığın tedavisi çok kolay değil. Genellikle aşırı kilolu kişilerde görüldüğü için, ilk yapılması gereken, kilo vermek. Uykü öncesi alkol ya da sakinleştirici ilaçların kesinlikle alınmaması gereki-

yor. Uykü sırasında hava yollarını açık tutabilmek için genellikle bu kişilere bir maske yoluyla basınçlı hava vermek gerekiyor.

Diğer bir bozukluksa, uyku sırasında ani kasılmaların olması. Bu kişiler, kasların gevşediği derin uykuya evresine giremiyor ve gece boyunca ani kasılmalarla uyanıyorlar. Tedavisindeyse Parkinson ya da epilepsi (sara) hastalığında kullanılan ilaçlar veriliyor.

Beynin ilginç bir hastalığı da "narkolepsi". İn-

sanın gün içinde çok kolay uykuya girmesine yol açan bu hastalık, REM evresini kontrol eden merkezlerdeki sorunlardan kaynaklanıyor. Bu kişiler gün içinde çok hızlı bir şekilde REM uykusuna dalıp rüya görmeye başlayabiliyorlar. Oturdıkları yerde, ayakta ya da araba kullanırken rüya görüyorlar. Bu durum çok ciddi sosyal ve hayati sorunlara yol açıyor. Narkolepsi hastalığı olanların kasları, uyanırken bile aniden REM uykusundaki gibi gevşeyebiliyor. Tüm kasların bu ani ve geçici felç durumuna "katapleksi" deniyor. Oldukça tehlikeli olan bu durum, gülmek, üzülme gibi herhangi bir duygusal anda ya da yürürken oluşabiliyor. Yapılan yeni bir çalışma narkolepsi hastalığının mekanizmasını bir ölçüde aydınlatmış. California Üniversitesi'nde yapılan bu çalışmada narkolepsi hastalarının beyininde "hipokretin" denen bir mesajcı molekülün düzeyinin, normale göre %85 oranında daha az olduğu bulundu. Normal insan beyininde hipokretin salgılayan yaklaşık 70 bin hücre var. Narkoleptiklerdeyse bu hücrelerin sayısı 3-10 bine kadar düşüyor. Bu hücreler beynin hipotalamus denen bir bölgesinde bulunuyor. Bu hücrelerin neden azaldığı tam olarak bilinmiyor. Çeşitli çevresel faktörler ya da vücudun kendi ürettiği bir zehirli madde, bu hücreleri yok etmiş olabilir. Diğer bir olasılıksa bu hücrelerin vücudun kendi bağışıklık sistemi hücreleri tarafından öldürülmesi.



# YENİ TEDAVİ YÖNTEMLERİ

## Kök Hücreler

Her derde deva olan kök hücreler, beyin hasarında da yararlı. Anne karnındaki bebekle anne arasındaki bağlantıyı sağlayan göbek kordonu, kök hücre elde etmek için kullanılıyor. Göbek kordonundan elde edilen kök hücrelerin bir kısmı tüm hücre çeşitlerine dönüşebilecek potansiyele sahip.

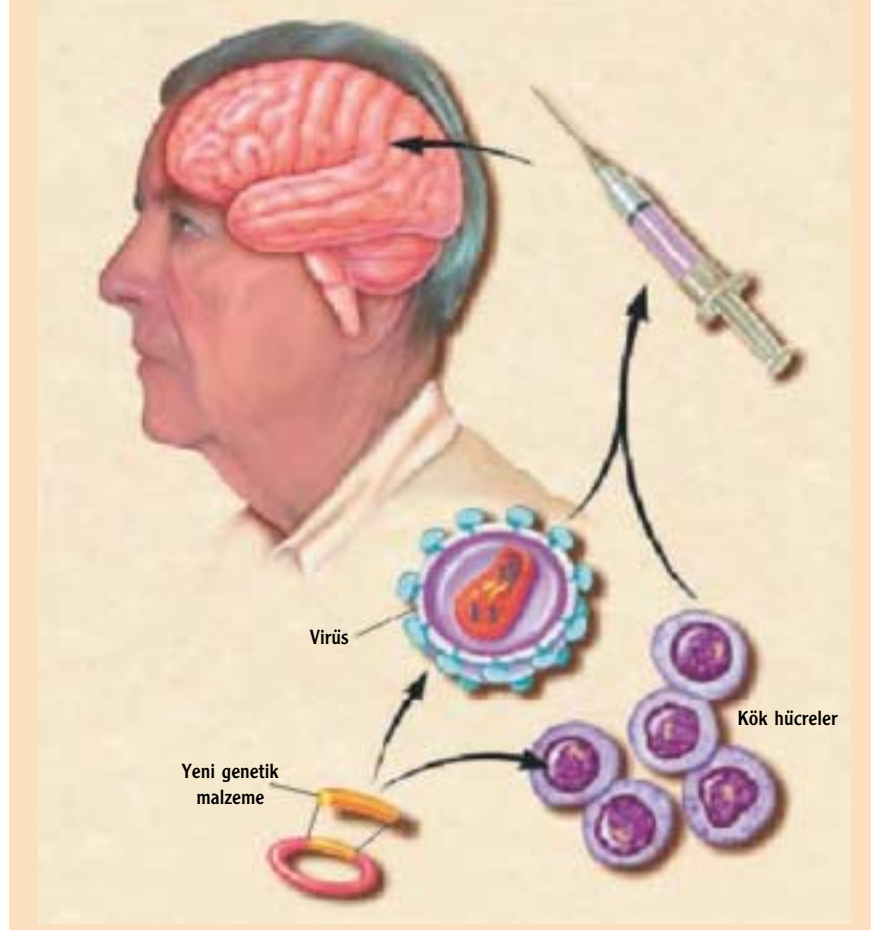
Kordondan elde edilen kök hücreler, ilk önce özel büyüme faktörleriyle, farklılaşmamış beyin hücrelerine dönüştürülüyor. Bu hücreler de üç farklı beyin hücre tipine dönüşebiliyorlar: sinir hücreleri olan nöronlar, nöronların beslenme ve korumasını sağlayan "astrozitler", ve nöron uzantılarını sarıp iletinin düzgün gitmesini sağlayan "oligodendrositler". Laboratuvarında üretilen yaklaşık 3 milyon kadar hücre daha sonra kan dolaşımına veriliyor. Farelerde yapılan deneylerde, kök hücre enjeksiyonu sayesinde, hasara uğramış hücrelerin %80'i onarılabilir. Bu hücrelerin hasarı nasıl onardıkları tam olarak bilinmiyor.

Olasılıkla kök hücreden elde edilen farklılaşmamış hücreler, gittikleri bölgenin gereksinimlerine göre yapılıyor ve hasarlı hücrelerin yerini alıyorlar.

Kök hücrelerden elde edilen sinir hücrelerinin, beyin hasarından sonraki ilk 24 saat içerisinde verilmesi gerekiyor.

Bu süre içerisinde verilen hücreler çok daha çabuk ve etkili bir şekilde hasarlı hücrelerin yerini alıyor, böylece tedavi başarısı artıyor.

Deney aşamasında olan bu yöntem henüz klasik tedavi programına alınmadı. Belki de önümüzdeki 10-20 yıl içerisinde beyin ve omurilik zedelenmelerinde, ya da hücre hasarına yol açan diğer sinir sistemi hastalıklarında kullanılabilir.



## Gen Tedavisi

Beyin hücrelerindeki hastalıkların bir kısmı genetik şifredeki bozukluğa, yani hücre DNA'sındaki değişikliklere bağlı. Genetik şifredeki bozulmalar yanlış kodlamalara, sonuçta yanlış protein sentezine yol açıyor. Ya da tam tersine hiçbir kodlama yapılamıyor ve gerekli protein sentezlenemiyor. Hasarlı DNA bölümünü yenisiyle değiştirmek, yeni bir tedavi yöntemi. Görevini tam yapan yeni DNA, hücrelere gönderilerek hasarlı DNA'nın yerini alması sağlanıyor. Bu DNA'yı taşımak için kullanılan teknikte yeni DNA parçası bir virüsün içerisine yerleştiriliyor ve virüs kan dolaşımına veriliyor. Beyin hücrelerine ulaşan bu virüs, hücre

içine giriyor, kendi genetik şifresini hücre çekirdeğine göndererek bunun hücre DNA'sıyla bütünleşmesini sağlıyor. Hücre DNA'sının arasına sızan bu DNA, artık istenilen yeni proteini kodluyor. Bu teknikle DNA taşıyıcısı olarak adeno ve herpes virüsler kullanılıyor. Laboratuvar koşullarında Parkinson hastalığı oluşturulan maymunlarda yapılan bir çalışmada, gen tedavisinin yararları gösterildi. Bu maymunlara enjekte edilen bir genin, Parkinson hastalığından sorumlu bölgelere giderek buradaki hücrelerde dopamin sentezini artırdığı gözlemlendi. Kanser de dahil olmak üzere birçok hastalık için umut kaynağı olan gen tedavisi, beyin ve sinir hastalıklarının tedavisi için de önem taşıyor.

# Hipnoz

Sigmund Freud'a göre beynin farkında olduğumuz bilinç düzeyinin altında çoğunlukla hiç farkında olmadığımız bir bilinçaltı var. Farkında olmasak da bilinçaltı, davranışlarımızı, duygularımızı, arzularımızı, yani kısaca yaşantımızı derinden etkiliyor. Hipnozla ilgili çalışmalar çok öncelere dayanıyor. Franz Anton Mesmer adında bir araştırmacı 18. yüzyılda, hayvanlardaki manyetik dalgaların havaya yayıldığı ve bunların insan tarafından algılanıp diğer insanlara aktararak hastalıkların iyileştirileceği hipotezini ortaya attı. Daha sonraki yıllarda beyin gücü ve benzeri güçlerle hastalıkların tedavisi araştırılırken hipnoz konusunda ilk yazılar yazıldı. İkinci dünya savaşında yaralanan askerlerin acılarını dindirmek için gerekli ilaç bulunamadığında hipnoz uygulanması bu yöntemi popüler hale getirdi.

Hipnoz esas olarak derin bir gevşeme hali. EEG elektrotlarıyla ölçülen beyin dalgaları bedenin gevşeme evresine benziyor. Bu dalgalar uykudaki evrelerden farklı. Hipnozun etkileri, onu uygulayana göre değil, hipnotize olan kişinin özelliklerine göre değişiyor. Hipnoza yatkın olmak ve uyum en önemli ön şartlar. İnsanların. %10-15'i hipnoza oldukça dirençli. Bir diğer %10-15 kadarına da oldukça kolay hipnoz yapılabiliyor. Toplumun geri kalan %70-80'lik bölümüyse hipnoza orta derece

duyarlı. Hipnoz bir bakıma telkin yöntemi. Temelinde telkin yoluyla kişinin tam olarak gevşemesi ve zihnini hipnoz yapan kişiye açması. Hipnoz yapmakla onun tedavi amaçla kullanılması farklı. Birçok kişi hipnoz yapabiliyor ancak bunu yararlı amaçlar, yani tedavi için kullanabilmek belirli bir eğitim ve deneyim gerektiriyor.

Hipnozun esas amacı tedavi. Ağrı ve acıların hipnozla dindirilmesi II. Dünya savaşı yıllarından beri oldukça popüler bir tedavi yöntemi. Bazı dış hekimleri ve tıp doktorları küçük cerrahi girişimlerde hipnozu kullanıyor. Yapılan birçok çalışmada plasebo, yani yalancı ilaçlara göre hipnoz önemli oranda ağrıyı azaltıyor. Hipnozun diğer bir kullanım alanıysa kişinin bilinçaltındaki bazı düşünceleri ve gerçekleri ortaya çıkartmak. Freud'a göre ruhsal hastalıkların çoğunun temelinde bilinçaltındaki çözümlenmemiş çatışmalar yatıyor. Bilinçaltındaki bu iç çatışmalar hipnoz yardımıyla bilinç düzeyine çıkartılarak burada çözümlenebiliyor. Hipnozun bu özelliği polis soruşturmalarında, sorgulamalarda da kullanılıyor. Ancak hipnoz sırasında açığa çıkan düşünceler her zaman gerçekleri yansıtmıyor. Kişinin hipnoz sırasında hatırladıkları



bazen hayalleri olabiliyor. Yani, gerçek ve gerçek dışı olayları her zaman ayırt etmek mümkün değil. Bu nedenle hipnozla elde edilen bilgiler başka somut kaynaklarla doğrulanmadıkça kanıt olarak kullanılmıyor. Hipnozun diğer bir özelliği de kişinin o anı hatırlaması. Hipnoz sırasında konuştuğu ya da yaptığı bir şeyi hatırlaması için kişiye o sırada önceden belirli bir sinyal verilmesi gerekiyor. Bu sinyal bir kelime olabiliyor. Daha sonra bu kelime hipnoz yapılan kişiye söylendiğinde o anı hatırlıyor. Bu yöntemle kişilere hipnoz sırasında çeşitli telkinlerde bulunup, kişi uyandıktan sonra belirli sinyalleri kişiye söyleyerek telkin edilen görevlerin yapılması sağlanıyor. Örneğin, hipnoz yapılan bir kişiye "elma" denildiğinde kalkıp su içmesi telkin ediliyor. Uyandıığında kişi bunu hatırlamıyor. Herhangi bir zamanda o kişiye "elma" denildiğinde nedenini bilmeden kalkıp su içiyor. Bu yöntemin herhalde en yararlı kullanım alanlarından biri, ders çalışmasını sevmeyen öğrencilerin belirli komutlarla kitap okumaya teşvik edilmesi olur. Tabi bu yöntem oldukça zararlı işler için de kullanılabilir. Örneğin belirli bir komut verilerek bir kişinin diğer bir kişiye zarar vermesi de sağlanabilir. Bütün bu nedenlerden dolayı hipnozun yalnızca bu işin uzmanları tarafından bilimsel olarak yapılması ve bunun kurumsal kontrol altında tutulması gerekiyor.

# Beyin Nakli

Beynin, halen tedavisi tam olarak yapılamayan birçok hastalığı bulunuyor. Beynin bazı bölümlerinde "dopamin" salgılayan hücrelerdeki bozukluğa bağlı ortaya çıkan Parkinson hastalığı günümüzde birçok orta yaş üzeri insanı etkiliyor. Beyindeki bir proteinin anormal yapımına bağlı olarak bazı nöronların ölümüne yol açan Huntington hastalığı, henüz tedavisi tam olarak mümkün olmayan hastalıklardan. Beyin hasarına yol açan durumlar yalnızca hastalıklar değil. Beyin kanamaları ve kafa yaralanmaları da beyin işlevlerinin kaybolmasına ve felce yol açabiliyor. Bu tür durumların ve beyin hastalıklarının tedavisi için denenen yöntemler arasında, beyin hastalıklı kısmının sağlam bir beyin dokusuyla değiştirilmesi insanların belki de en büyük hayallerinden birisi oldu. Bir canlının beynini diğer bir canlıya nakletme fikri oldukça eskilere dayanıyor. Fransız hekimler 1887 yılında giyotinle idam edilen insanların kasını köpeklerle nakletmişler, ancak bu pek işe yaramamış. 1900'lü yılların başlarında bilim adamları, suni kan dolaşım makinesi sayesinde kesik köpek kafasını kısa bir süre için yaşatmayı başardı. Kafatasından ayrılan beyin laboratuvar ortamında belirli koşullar sağlanarak suni olarak bir süre yaşatılabiliyor. Bu şekilde yaşatılan beyin elektrik dalgaları yaymaya, şeker ve su tüketmeye devam ediyor. Maymunlar arasında yapılan kafa naklinden sonra hem beden hem de beyin iki haftaya varan sürelerle yaşayabiliyor. Ancak nakledilen beyinle gövdenin omuriliği arasında bağlantı kurulamadığı için hayvanlar felçli olarak yaşıyor. Henüz kafa nakli ya da bütün olarak beyin nakli pratikte uygulanamıyor. İleride de bunun ne derece uygulanabile-

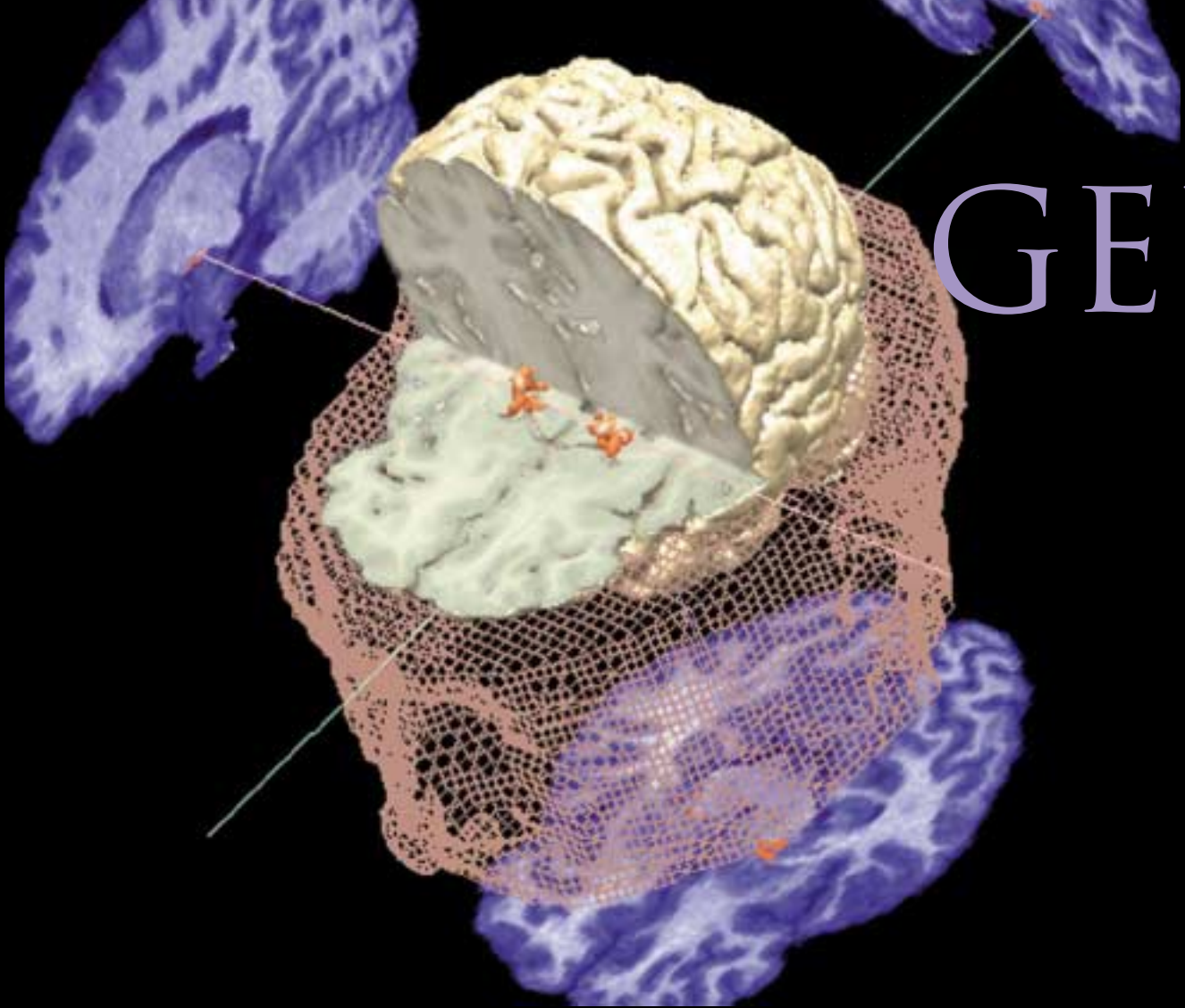
ceği tartışma konusu. Bir insanın beyni çıkartılıp yerine yeni bir beyin yerleştirildiğinde artık o insan kendi benliğini kaybediyor, yani kendisi olmaktan çıkıyor. Bu nedenle, beyni tümden değiştirmek yerine, hastalıklı ya da hasarlı kısımları değiştirmek modern tıbbın hedefi.

Son yıllarda sinir hücre nakli üzerinde yoğun çalışmalar var. Geçmişte en fazla 20 yıl öncesine dayanan bu çalışmalar, nöronların gerekli şartlar sağlandığında büyüyebileceğini ve bağlantılar oluşturabildiğini gösterdi. Bu yöntem için gerekli olan insan beyni hücreleri diğer insanlardan ya da hayvanlardan elde ediliyor. Epilepsi ya da başka bir nedenle beyinlerinin bir kısmı alınan kişilerin sağlıklı hücreleri ayrılarak depolanıyor. Alınan bu beyin hücreleri laboratuvar şartlarında çeşitli büyüme hormonların tabi tutularak çoğaltılıyor. Belirli bir sayıya geldiğinde bu hücreler alınarak felçli hastanın kan dolaşımına veriliyor. Bu hücreler hasarlı bölgelere ulaştığında buraya yerleşerek diğer hücrelerle birlikte görev yapmaya başlıyor. Mikroskop altında incelenen bu hücrelerin, nakledildiği bölgedeki ev sahibi hücrelerle bağlantı kurdukları gösterildi. Yani nakledilen hücreler, nakledildikleri kişinin hücreleriyle koordine çalışıyor. Deneme aşamasında olan bu yöntem halen bazı felçli hastalar üzerinde uygulanıyor. Bu yöntemin uygulandığı bazı felçli hastaların omuriliğinde 6 ay sonra bu hücreler tespit edilebiliyor.

Beyin hücre nakli için her zaman insan beyin hücreleri bulmak mümkün olmayabiliyor. Bu nedenle hayvan beyin dokusu da nakil işlemine kullanılabilir. Domuzların beyinlerinden alınan hücreler deney ortamında yaşatılıp çoğaltılabiliyor. Ancak bu hücrelerin nakli çeşitli etik ve tıbbi sorunları da beraberinde getiriyor. Domuz beyninin insanda kullanımına bazı dini ve toplumsal kurumlar karşı çıkıyor. Domuz beyin hü-

relerinin işlevlerinin insanınkinden farklı olması da ayrı bir sorun olarak gösteriliyor. Domuz nöronları insan beynine uyum sağlayamayabilir. Hayvandan insana yapılan naklin, yani "ksenotransplant" işleminin aslında en önemli sorunu organ ya da dokuların reddi. Hayvanlardan elde edilen nöronların insan beyni tarafından reddedilme ihtimali de kuvvetli. Beyindeki bağışıklık sistemi hücreleri bu yabancı hücrelere saldırarak onları yok ediyor. Bu engeli aşmak için sürekli yeni ilaçlar geliştiriliyor.

Son yıllarda kök hücrelerden elde edilen sinir hücrelerinin nakli gündeme geldi. Başka bir beyninden alınan hücrelerin çoğaltılması yerine kök hücreler kullanılarak sinir hücresi oluşturulabiliyor. Embriyodan ya da kordon kanından elde edilen kök hücreler deney ortamında çeşitli büyüme hormonlarıyla sinir hücresine dönüştürülebilir. Daha sonra çoğaltılan sinir hücreleri kan yoluyla kişiye veriliyor. Bu hücreler gerekli yerlere gittiğinde hasarlı hücrelerin yerini alıyor. Bu yöntemin önündeki en önemli sorunlardan biri, hücreleri farklılaştırmak için hangi sinyallerin verilmesi gerektiğinin tam olarak bilinmemesi. Beynin görme bölgesine gidecek nöronla, ısı kontrol merkezine ya da denge merkezine gidecek nöronların önceden deney ortamında belirlenmesi için çeşitli büyüme sinyalleri vermek gerekiyor. Fakat, bu sinyallerin tam olarak neler olduğu, hücrelerin nasıl olup da çok değişik görevler aldığı ve farklı mesajcı moleküller salgıladığı tam olarak bilinmiyor. Kişinin kendi kök hücreleri de nakil amaçla kullanılabilir. İnsanın kendisinden elde edilen ve üretilen hücreler kişiye geri verildiğinde bu hücreler belirli bölgelere gidip işlev görmeye, yani bağlantılar oluşturmaya başlıyor. Kişinin kendi kök hücrelerini kullanmanın en büyük avantajı bunlara karşı bağışıklık sisteminin hiçbir reaksiyon göstermemesi.



**Y**APILAN fosil incelemelerinde, insan beyninin en az 50 bin yıldır önemli bir yapısal değişikliğe uğramadığı gösterildi. Kafatası içine en ergonomik şekilde sıkıştırılmış olan insan beyninin sırları, henüz tam anlamıyla aralanabilmiş değil. İnsan beyninin işleviyle, görüntüsü ya da ağırlığı arasında bağlantı ku-

rulamadı. Mağara devri insanıyla günümüz insanı arasında, beyin yapısı bakımından moleküler farklılıklar bilinmiyor. Ancak, mağara devrindeki insanın herhangi bir organının yapısındaki değişimden daha büyük bir değişime uğradığı sanılmıyor. İssız bir adada mahsur kalan ve yaşamayı başaran çocuklar yıllar sonra kurtarıldıklarında, yaşam şekillerinin mağara

adamlarından fazla bir farkı olmadığı görülmüş. Yani, ilerlemenin sırrı beyin anatomisinin değişimi ya da kapasitesinin artması gibi görünmüyor. Uygarlığın ilerlemesini bazıları beyin kapasitesinin artmasına bağlarken yeni nesil bilim adamları buna karşı çıkıyor. Klasik bir inanç olan beynin %10'unun kullanıldığı savı her geçen gün sarsılıyor. Son yıllarda geliştiri-

## Değişik Bir Duyu: Telepati ve 6. His

Düşüncelerin, duyguların yazı ya da söz olmaksızın beyinler arasında gidip gelmesine "telepati deniliyor". Telepati bir tür duyular ötesi hissetme. Telepati özelliği yalnızca düşüncelerin ve duyguların aktarılması değil, çeşitli olayların önceden hissedilmesini de kapsıyor. İşitme, görme, dokunma, koklama ve tat alma gibi 5 duyuya ek olarak, altıncı bir duyu kabul edilen bu özellik, zaman içerisinde körelmiş olabilir. İlkel canlılardaki koklama duyusunun sonradan insanlarda azalması gibi. Telepati sözcüğü, eski Yunanca'daki "tele" (uzak) ve "pati" (duygu) terimlerinden geliyor. Ünlü psikiyatrist Sigmund Freud'a göre, telepati baskılanmış eski bir özellik ve ancak belirli koşullarda ortaya çıkıyor. İlkel canlılarda telepatinin tehlikelerden korunmak için gerekli bir mekanizma olduğu düşünülüyor. Bazı durumlarda

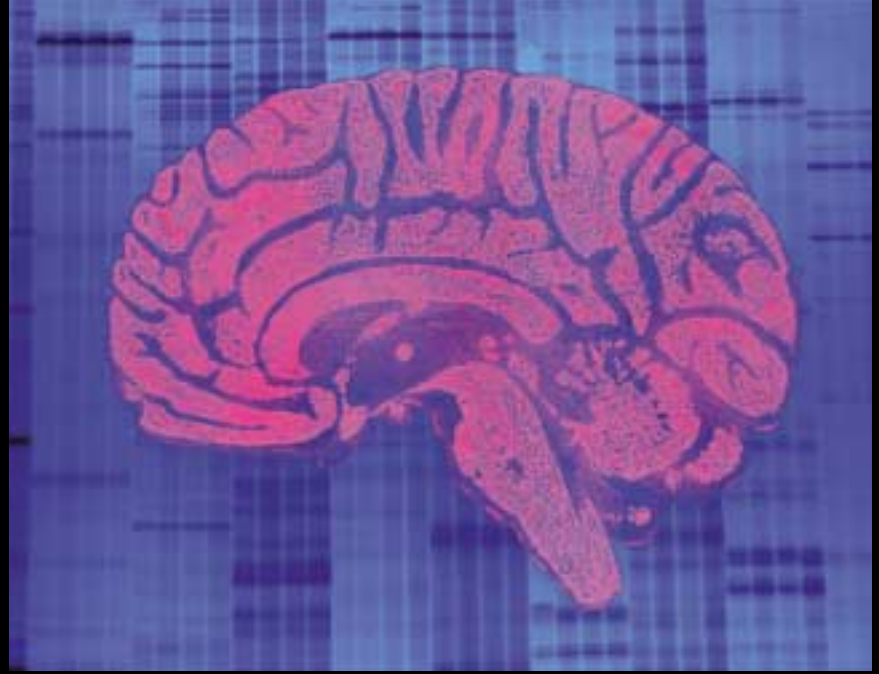
kişilerin algılama özelliklerinde değişiklik olabilir. Örneğin, bir yakınına kazada, savaşta ya da hastalıktan kaybetmiş kişiler bazı olayları ya da tehlikeleri önceden hissedebiliyorlar. Beyinde anlık bir düşünce ya da imaj olarak ortaya çıkan bu durum, kişinin günlük programını ya da önemli kararlarını bile etkileyebiliyor. Telepati, kişinin duygusal durumuyla yakından ilgili. Bu tür özellikler genellikle kadınlarda bulunuyor. Bunun nedeni, belki de kadınların davranış ve düşüncelerinin, erkeklere kıyasla duygusal temellere daha çok dayanması. Aile bireyleri, birbirini çok seven aşıkler ya da ikizler arasında da telepatik iletişim kurulabiliyor.

Modern bilim, telepatinin mekanizmasını tam olarak açıklayabilmiş değil. Bu olgu, kimi kuramlara göre insanın iç dünyasında yayılan

bazı ses dalgalarının öteki kişi tarafından algılanması. Bazı kuramlara göre ise bizden yayılan manyetik dalgalara bağlı. Sonuç olarak telepati, beyinden yayılan dalgalarla ilgili görünüyor. Bilimsel temelleri şimdilik tam açıklanamamış olsa da, hiçbir enformasyonun olmadığı ve beyin evrimleşmesinin daha ilk zamanlarında insanın kendini savunması için belki de en önemli duyulardan biriydi. Kullanılmayan özelliklerin zayıflaması ya da kaybolması kuralına uygun olarak, telepati de bazı duyular gibi zayıfladı ve kayboldu. Yakın bir gelecekte bilimsel temellerinin ortaya konulabileceği düşünülüyor. Belki de beyin diğer duyulardan bağımsız bir haberleşme sistemi mevcut olabilir. Diğer insanların beyninden yayılan bazı dalgaların bu merkez tarafından algılanması, telepatinin temeli olabilir. Bu merkez yalnızca insan

# GELECEĞİN BEYİNİ

len "beynin plastisitesi" modeli uygarlık tarihindeki gelişmeyi daha iyi açıklayacak gibi görünüyor. Bu teze göre, her geçen gün beyinin daha büyük kısmı kullanıldığı için değil, beyin kendisini gereken koşullara uydurduğu için insanlık tarihinde gelişme sağlanıyor. İnsan beynindeki nöronların yapısı klasik görüşlerin aksine sabit değil; her an değişebiliyor. Nöron, dışarıdan aldığı uyarılara göre her an yeni bağlantılar oluşturuyor, gereksiz bağlantıları koparıp atıyor. Bağlantıların kalıcılığı, alınan bilgilerin ne kadar tekrarlandığına, yani ne kadar kullanıldığına bağlı. Nöronlar, çok kullanılan ve işe yarayan bilgileri daha kalıcı olmak üzere beyne kazırken, kullanılmayan gereksiz bilgileri beyin siliyor. Yani bir bakıma beyin, kapasitesinin ne kadarını kullanacağını kendisi belirliyor. Beyin bu belirlemeyi, dışarıdan algıladığı sinyaller, yani bilgiler ve vücudun gereksinimleri doğrultusunda yapıyor. Bilgilerin bu organizasyonunda, nöronların bağlantılarında etkili olan birçok molekül keşfedildi. Bir hücre büyüme faktörü olan GAP-43 adlı proteinin öğrenmede çok önemli olduğu gösterildi. Hipokampusun hafıza ve öğrenmeden sorumlu CA1 bölgesindeki nöronların üzerinde bulunan NMDA almaçları-



nın sayısının artırılmasıyla, belleğin güçlenebildiği gözlemlendi. Beynin bu plastik yapısı irdelendikçe, belki de birçok sırrı aydınlatılabilecek.

Beyin araştırmalarının en önemli hedeflerinden biri, hastalıkların iyileştirilmesi; diğeryse işlevlerin geliştirilmesi. Öğrenme ve hafızanın geliştirilmesi bu işlevlerin en önemlisi kabul ediliyor. Bir sayfa dolusu bilginin top-

lamı 300 birim kabul edilecek olursa, 20 milyon kitabın bulunduğu bir kütüphanedeki bilgi 2 trilyon, beynin bilgi kapasitesi ise 2,5 trilyon kabul ediliyor. Geleceğin beynini oluşturmak için milyonlarca yıllık evrimi beklemek gerekmeyecek. Beyindeki hafızadan sorumlu merkezlerin ve moleküllerin keşfiyle, öğrenmenin moleküller yapısı aydınlatılıyor. Bu hücrelerin

beyninden yayılan elektriksel dalgaları değil, çeşitli doğa olaylarının meydana getirdiği elektromanyetik enerji dalgalarını da algılayabilir. Volkan patlaması, deprem gibi bazı doğa olayları çok kısa süre önceden belli olabiliyor. Deprem öncesi, altıncı hissi insanlardan daha kuvvetli olduğu düşünülen birçok hayvanda meydana gelen huzursuzluk, olasılıkla deprem öncesinde yayılan bazı sinyallerin, hayvanlar tarafından algılanmasına bağlı. Doğadan yayılan bu tür sinyallerin beyinde algılandığı bir merkeze henüz gösterilebilmiş değil. Beyindeki birçok bölgenin işlevinin daha aydınlatılamamış olduğu düşünülecek olursa, telepati ve altıncı hissten sorumlu, olasılıkla çok az gelişmiş ya da tam aksine çok karmaşık olan bir merkezin bulunması, daha uzun bir süre alacağına benziyor.

#### Feromonlar

İnsanlar arasında, bilinen 5 duyuyu kullanmadan oluşan iletişim ve etkileşimi araştıran

bilim adamları, oldukça ilginç noktalara ulaştı. Hem hayvanlar, hem de insanlar arasında, cinsel etkileşimi sağlayan bir kimyasal molekül ve bunu algılayan bir merkez bulundu. Türlerin devamlılığı açısından çok önemli olan bu kimyasallara "feromon" adı veriliyor. Feromonlar, havada kolaylıkla dolaşabilen küçük moleküller. Yakın bir geçmişe kadar bu moleküllerin yalnızca hayvanlar tarafından salgılandığı ve algılandığı sanılıyordu. Ancak son yıllarda insanlar tarafından da salgılandığı gösterildi. İlk olarak bu molekül koltukaltında saptandı. Feromonların, karşı cinsin ilgisini çeken ve kadın-erkek ilişkisini düzenleyen önemli bir molekül olduğu gösterildi. Bu molekül birçok hayvanda seks güdüsünü doğrudan tetikliyor. Bazı deniz hayvanları bu molekülü suya bırakarak yakınındaki karşı cinsleri çekiyor ve hemen çiftleşiyorlar.

Feromonlar, burunda bulunan "vomeronazal" organ tarafından algılanıyor. Farelerde, fe-

romon almaçlarını kodlayan genler bulundu. Bu tür bin gen, henüz insanlarda bulunmadı, ancak bu, ilgili almaçların olmadığı anlamına gelmiyor. Yapılan bazı çalışmalar bu moleküllerin kadınlarda adet kanamalarını düzenlediğini gösterdi. Bu moleküllerin algılanmasıyla adet gecikebiliyor ya da daha çabuk başlıyor. Feromonların insan cinsel dürtülerini de etkilediği gösterildi.

Feromon yalnızca cinsel iletişim için kullanılan bir molekül değil. Birçok hayvan bunlar sayesinde haberleşiyor. Hayvanlar arasında gıda alış veriş, yerleşim sınırlarının çizilmesi gibi birçok mesele bu moleküller sayesinde çözüme kavuşturuluyor. İnsanlar arasındaki telepatik haberleşme, bazı doğa olaylarını önceden sezinleme gibi olayların temelinde bu feromonlar yatıyor olabilir. İnsan vücudu, yaydığı sinyaller ve salgıladığı moleküller ne kadar anlaşılırsa, bugün bize doğa üstü görünen birçok olay o kadar aydınlatılabilecek.

yüzey almaçlarını artırmak, bağlantılardan sorumlu moleküllerin sentezini çoğaltarak bağlantı sayısını ve gücünü artırmak, belleği güçlendirme yolundaki önemli hedefler. Belki de ileride, ağızdan alınan bir ilaç sayesinde nöron bağlantıları önemli ölçüde kuvvetlenecek, yeni bağlantılar çok daha hızlı kurulacak. Beyin kapasitesinin artırılması yalnızca moleküller sayesinde değil, elektronik teknolojideki ilerlemeye paralel geliştirilen mikroçiplerle de olabilecektir. Beyne entegre edilen bir mikrobilgisayar, belki de kapasiteyi milyonlarca kez artıracak, öğrenmeyi yüzlerce kez hızlandıracak. Bir insanın belirli bir meslek sahibi olmak için hayatının ne kadarlık bir bölümünü eğitime geçirdiği düşünülürse, bu tür gelişmelerin insana ne kadar zaman kazandıracacağı ortada. Günümüzde, öğrenmeyle harcadığımız zamanı azaltmak için, uyku bile değerlendiriliyor. Uyku sırasında beyne gönderilen sinyallerle, öğrenme ve belleğin geliştirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılıyor. Önümüzdeki yıllarda yeni bilgiler edinmek için kitap okumaya gerek kalmayabilir. Gerekli bilgi beyne uyku sırasında gönderilerek gün içinde uyanık kaldığımız süre, öğrenilen bilgilerin kullanılması ve hedeflerin gerçekleşmesi için değerlendirilebilir.

Henüz beyine bilgisayar yerleştirmek gibi değişiklikler yapamasa da, artık beyin dalgalarını kullanabiliyoruz. Cisimlerin beyin dalgalarıyla hareket ettirilmesi olarak bilinen "telekinez", bilgisayarlar ve ileri teknoloji sayesinde herkesin sahip olabileceği bir özellik olacak. Henüz deney aşamasındaki çalışmalarda insan ve hayvan beyin dalgaları kullanılarak cihazlar kontrol edilebiliyor, cisimler hareket ettiriliyor. Kafaya yerleştirilen elektrotlar sayesinde, algılanan beyin dalgaları harekete dönüştürülüyor. İleride hiçbir elektrot yerleştirmeden de bu dalgalar algılanabilecek. Çok değil, 50-60 yıl önce, sokakta yürürken elimizdeki cep telefonu sayesinde deniz aşırı ülkedeki yakınımızın sesini duymak ya da İnternet sayesinde yazdığı mektubu çok uzaktaki dostumuzun anında okuması, birer hayaldi. Benzer şekilde, henüz kablo sistemiyle algılanan beyin dalgaları da kablo-suz ortamlarda algılanıp çok uzaklara iletilebilecek. Belki cebimizde taşıdığımız bir cihaz, beyin dalgalarımızı algılayıp tüm düşüncelerimizi harekete çevirecek. Bu teknoloji sayesinde kişiler konuşmadan ya da yazışmadan birbiriyle haberleşebilecek. Düşüncelerimizin anında yazıya, söze ya da harekete dönüştürülmesi, insanlığa büyük za-

man kazandıracak. Böylece geleceğin beyini, tüm gücünü düşünceye vererek kendisini daha fazla geliştirebilecek. Tabii, şimdilik bütün bunlar birer hayal gibi görünse de beyinle ilgili olarak elde edilen bilgiler ve yeni gelişmelerin hızı göz önünde bulundurularak, önümüzdeki 100 yıl içinde gerçekleşebilecekleri konusunda umutlanmamak için neden yok.

Tabii gelişmeler yalnızca bunlarla sınırlı kalmayacak. İleride birçok beyin hastalığına çare bulunacak. Beynin eskiyen, hastalanan ya da hasar gören kısımları yenileriyle değiştirilebilecek. Damardan verilen yeni hücreler hedefe giderek, eskilerin yerini alacak. Bu da beyin yaşlanmasını önleyecek. Devamlılığı sağlanan beyne ait vücut eskidikçe, bu parçalar da değişebilecek. Beynimiz aynı kalmak koşuluyla belki de vücut toptan değiştirilebilecek. Tabii bu düşünce insanlığın sonsuz yaşama arzusunun bir yansıması olabilir. Bilinç düzeyimizde her ne kadar ölümsüzlüğün olanaksızlığına inansak da, tüm teknolojik ve tıbbi gelişmelerin bilinç altındaki hedefi ölümsüzlük değil mi? Beyin hücre nakli, kök hücre, gen tedavisi çalışmaları insanlığın ölüme karşı verdiği olağanüstü mücadelenin birer örnekleri.

## Uyurken Öğrenmek

Öğrenciyken hepimizin en büyük hayali, tarih kitabını yastığımızın altına koyup uyurken o bilgilerin kafamıza girmesiydi. Belki de bu hayaller artık gerçek oluyor. Bilim adamları uykuya bellek ve öğrenme arasındaki bağlantıyı araştırıyorlar. Yapılan çalışmalar, öğrenmenin temeli olan belleğin uyku sırasında geliştirilebildiğini gösterdi.

Bellek için, beynin orta alt kesiminde bulunan "hipokampus" çok önemli. Beynin hipokampus bölgesine birbiri ardına gelen uyarılar, oluşan bilgilerin sürekli kalması için, beynin dış kabuğundaki üst merkezlere depolanmak üzere gönderiliyor. REM uykusunda nöronlar tekrar tekrar uyarılıyorlar. Bu uyarıların sonucunda sürekli yeni bağlantılar oluşuyor ve mevcut bağlantılar güçleniyor. Sinirsel uyarıların devamlılık göstermesi sayesinde hipokampus ta tekrarlanan bilgiler, uzun süreli belleğe atılmak üzere beynin üst merkezlerine gönderili-

yor. Tekrarlanmayan bilgiye depolanmadığı için kısa bir süre sonra kayboluyor. Uyanık olduğumuz zamanlardaki nöron uyarıları uykuda da tetiklenebiliyor. Nöronlar, özellikle uykunun REM evresinde uyarılarak bilginin taze kalması sağlanabiliyor.

Uyku esas olarak iki evreden oluşuyor. REM ve REM olmayan evreler. REM evresinde beyin neredeyse uyanık olduğumuzdan da fazla aktif. Bu sırada kan basıncı yükseliyor, kalp atışlarımız

artıyor. Yani REM uykusunda beyin oldukça fazla çalışıyor. Rüyanın görüldüğü evre de bu. Uykusunu yeterince alamayan bir kişinin ertesi gün olayları kavrama ve akılda tutma yeteneğinin azalması, uyku ve bellek bağlantısını gündeme getirdi. Yapılan çalışmalarda, REM uykusunun kesintiye uğradığı durumlarda hafıza ve öğrenme yeteneğinin azaldığı saptandı. Yani uykunun REM fazı öğrenmede etkili görünüyor. Farelere belirli komutlar öğretildikten sonra REM uykusu sırasında beyin dalgalarının arttığı gözlemlendi. Bunun üzerine, öğretilen komutlar müzikle eşleştirildi. Komutlar öğretilirken aynı müzik dinletildi. Daha sonra bir grup fareye aynı müzik REM uykusunda dinletildi. Ertesi gün uykuda müzik dinletilen farelerin verilen komutları müzik dinletilmeyenlere göre daha çabuk yaptıkları görüldü. REM uykusunda dinletilen müzik, olasılıkla gün içerisinde verilen komutu çağrıştırmış ve beyin bu komutu yineleyerek belleği güçlendirmişti. REM uykusu, hafızanın tazelenmesi ve güçlenmesi için oldukça önemli görünüyor.



# BEYİN DALGALARI

Beyinden yayılan elektrik sinyalleri kafatasına bağlanan alıcılara ölçülebilir. Elektroensefalogram (EEG) denen bir aletle ölçülen bu sinyallere "beyin dalgaları" deniliyor. Esas olarak 4 tür beyin dalgası var. Bunlar alfa, delta, teta ve beta. İlk bulunan beyin dalgasına, Yunan alfabesinin ilk harfi olan alfa deniyor. Bu dalgalar, bir voltun milyonda biri kadar düşük bir voltaja sahip. Saniyede 10 kez salınan alfa dalgaları bir görünüyor bir kayboluyor, yani sürekli mevcut değiller. Örneğin, derin uykuda ya da aşırı heyecan durumlarında bu dalga neredeyse hiç yok. Alfa dalgaları, genellikle insanın rahat olduğu, çok fazla efor sarf etmediği durumlarda görülüyor. Delta dalgaları, uykunun derin evresinde ortaya çıkıyor. En fazla saniyede 4 kez dalgalanan delta dalgaları, en yavaş titreşen dalgalar. Teta dalgaları uykuya geçerken ya da uykunun ilk evrelerinde görülüyorlar. Bunlar biraz daha hızlı; saniyede 4-7 kez salınıyorlar. Beta dalgaları çok stresli durumlarda, kafamızı toplayamadığımız ve dikkatimizi veremediğimiz zamanlarda ortaya çıkıyor. Saniyede 13-40 kez salınan beta dalgaları alfa ve teta dalgalarından daha hızlı. Son yıllarda üzerinde çalışılan diğer bir dalga türü de "gama". Gama dalgaları saniyede 40 kez titreşiyor. Bu dalganın, algılama bilinç ve entelektüel düşüncenin kaynağı olduğu düşünülüyor.

Her bir dalga türü, bilinç durumunun bir aşamasıyla bağlantılı. Bu dalgalar arasında eşgüdümü bir geçiş sağlanamazsa çeşitli sorunlar ortaya çıkıyor. Örneğin, gerektiği zamanda delta ve teta dalgaları oluşmazsa, kişide uykusuzluk sorunu başlıyor. Arabanın viteslerine benzetilecek olursa, delta birinci, teta ikinci, alfa üçüncü ve beta dördüncü vites. Arabayı kullanırken nasıl her vitesin ayrı önemi varsa, her dalganın da kendine göre bir önemi var. Bu viteslerin geçişinin oldukça yumuşak olması gerekirken, durum her zaman böyle değil. Örneğin bir pazartesi sabahı, uykumuzun en derin yerinde delta dalgaları üretmekte olan beynimiz, alarmın çalmasıyla bir anda stresli bir güne başladığımızı hatırlayıp beta dalgaları üretmeye başlıyor. Bir fincan kahve sonrasında alfa ve teta dalgalarını iyice baskılayıp beta dalgalarına kendimizi alıştırmaya çalışıyoruz. Beynin zit dalgalara ani geçişi, insanda stres yaratabiliyor. Alfa dalgaları günlük performansımızı artıran, beyni stresten koruyan ve genellikle yaratıcı olmamızı sağlayan dalgalar. Bu nedenle bu dalganın baskılanması insanda gerilim, yani stres oluşturuyor. Yaratıcılığımızı ve günlük hayatımızdaki performansımızı geliştirmek için delta dalgalarının artırılması gerekiyor. İnsanın kendisini rahatlatarak stresten uzak kalması, bu dalgaları artırıp performansımızı yükseltiyor.

## Beyin Dalgalarını Kullanmak

Beyin dalgalarını kullanarak cihazları çalıştırmak, artık hayal olmaktan çıkıyor. Duke Üniversitesi'ndeki bilim adamları maymunların beynine yerleştirdikleri elektrotlarla, beyin dalgalarını bir bilgisayara aktardı. Maymunlar, çeşitli hareketleri yaparken elde edilen dalgalar bir bilgisayarda toplandı. Bir nesneyi tutmak, el çırpma gibi basit hareketler sırasında elde edilen beyin dalgaları bilgisayar tarafından analiz edilerek sinyallere, bu sinyal

ler de üç boyutlu görüntülere çevrilerek, bilgisayara bağlı bir robot koluna aktarıldı ve böylece kolun hareketi sağlandı. Bu çalışmalar oldukça umut verici. İkinci aşama, robot kolunun maymunlar tarafından algılanmasını ve idare edilmesini sağlamak. Bilim adamları bu çalışmalarını daha da ileri götürdü. Berlin'deki bir grup araştırmacı kafaya 128 adet elektrot yerleştirerek EEG ile insan beyin dalgalarını, saptayıp bunları bir bilgisayar programına veri olarak giriyorlar. Bu program, dalgaların ayrımını yapıyor ve hangi dalganın hangi harekete ait olduğunu kısmen de olsa söyleyebiliyor. Tabii tüm dalgaların çözümlemesini yapmak oldukça zor; çünkü beyinde aynı anda birçok bölgeden dalgalar yayılıyor. Ancak bazı basit hareketler, bilgisayar sayesinde önceden belirlenebiliyor. Örneğin, kişinin sağ ya da sol elini kullanacağı, yaydığı dalgalar sayesinde önceden anlaşılıyor.

ABD'deki Rochester Üniversitesi bilgisayar bilimleri laboratuvarında geliştirilen bir bilgisayar sayesinde, televizyon beyin dalgalarıyla uzaktan kumanda edilebiliyor. Bilgisayarı açıp kapatmak isterken insan beyninden yayılan dalgalar bilgisayar tarafından algılanıyor. Bilgisayar hangi dalganın açma, hangi dalganın kapama olduğunu ayırt edebiliyor. Bu sinyaller televizyona gönderilerek kontrol sağlanıyor. Böylece kişi televizyonu açmak istediğinde yayılan dalgalar "aç" olarak algılanarak televizyon açılıyor. Kapatmak istediğindeyse bilgisayar tarafından algılanan "kapa" dalgası televizyonu kapatıyor. Tabii bu buluş tembel televizyon bağımlıları için yapılmış değil. En önemli amacı, yerinden kalkamayan ve hareket edemeyen felçli hastaların kendi kendilerine yeterli olmalarını sağlamak. Almanya'da yapılan bir başka çalışmada beyin dalgaları kullanılarak felçli bir hastaya bir cümle yazdırıldı. Beynimizden yayılan dalgalar oldukça karmaşık. Aynı anda birçok nöron ateşleme yaparak elektrik yayıyor. Bunları teke tek algılayarak çözümlemek oldukça zor. Bir konser salonundaki alkışların tek başına değil de toplu olarak algılanması gibi, beyindeki olumlu ya da olumsuz sinyaller bilgisayar tarafından kabaca algılanabiliyor. Felçli bir kişiye ilk önce alfabenin yarısı gösteriliyor. Eğer istediği harf o yarıdaysa beyindeki evet sinyalleri algılanıyor. Daha sonra bu kısım tekrar ikiye bölünerek işlem tekrarlanıyor, ta ki istenilen harf bulunana kadar. Adeta küçükken oynadığımız sıcak-soğuk oyunu gibi hedefe yavaş ama emin adımlarla yaklaşıyor. Bu yöntemle



Uzun bir eğitimle insan denekler, beyin dalgalarıyla bir mini robotu bir model ev içinde gezdirmeyi başardılar.

bir sözcüğün yazılması 16 saat kadar sürebiliyor. Buna karşın, bütün gün uğraşarak arkadaşına doğum günü kartı yollayan felçli bir hastanın aldığı zevk tüm çabalara değer.

## Beyin Çipleri

Yalnızca beyin dalgalarıyla çeşitli cihazları kullanmak için yapılan çalışmalar, neredeyse başdöndürücü bir hızla ilerliyor. Artık beyin dalgalarını algılamak için kafaya onlarca elektrot yerleştirmek gerekmeyecek. Geçtiğimiz yıl Brown Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada maymunların beynine yerleştirilen bir mikroçip sayesinde beyin dal-



Maymunlar, elektrod implantlarla robot kolları kullanmayı öğreniyorlar.

gaları algılanarak bilgisayara gönderildi. Bunu yapmak için ilk önce, maymunlara bilgisayar ekranında renkli bir nokta gösterildi. Daha sonra elleindeki kumandayı kullanarak bu noktayı hedefe götürmeleri öğretildi. Maymunlar bunu öğrendikten sonra beyinlerine bir mikro almaç yerleştirilerek sinyaller bilgisayara yönlendirildi. Ellerinde kumanda olmayan maymunlar ekrana renkli nokta geldiğinde bunu yalnızca düşünerek hedefe yönettiler. Böylece ellerini hiç kullanmadan oyunlarına devam edebildiler.

Bilgisayar programlarının geliştirilmesi sayesinde beyindeki dalgaların hangi merkezden ve ne amaçla yayıldığı daha iyi anlaşılabilir. Bu çalışmalar sayesinde belki de yakın bir gelecekte insan beynindeki tüm düşünceleri okumak mümkün olabilecek. Kafaya yerleştirilen küçük bir çip sayesinde insan beyninden yayılan düşünce dalgaları söze ya da yazıya dönüştürülebilir. Böylece ağzımızı ve ellerimizi kullanmadan düşüncelerimizi bilgisayar yardımıyla söyleyebilecek ve yazabileceğiz. Geliştirilen bu teknolojiler sayesinde birçok araç ya da cihaza uzaktan kumanda edilebilecek. Bu gelişmeler, konuşma ve hareket bozukluğu olan ya da felçli hastalar için çok önemli. Beyin dalgalarıyla kontrol edilen robotlar felçli hastaların hayat kalitesini artıracak. Önümüzdeki yıllarda beyin dalgalarını algılamak için, belki de kablolarla da gerek olmayacak. Geliştirilecek olan sistemler sayesinde, cep telefonlarının havadaki sinyalleri algılaması gibi, çevreye yayılan beyin dalgaları da algılanabilecek. Bu gelişmeler çeşitli hastalıkların tedavisinde çığır açarken diğer taraftan insan zihninin mahremiyetini de ortadan kaldırabilecek. Bilimin bu hızlı gidişine bakılırsa, cebimizde taşıdığımız küçük bir cihazla karşımızdaki insanın ya da çevremizdeki tüm insanların düşüncelerini okuyabileceğiz.