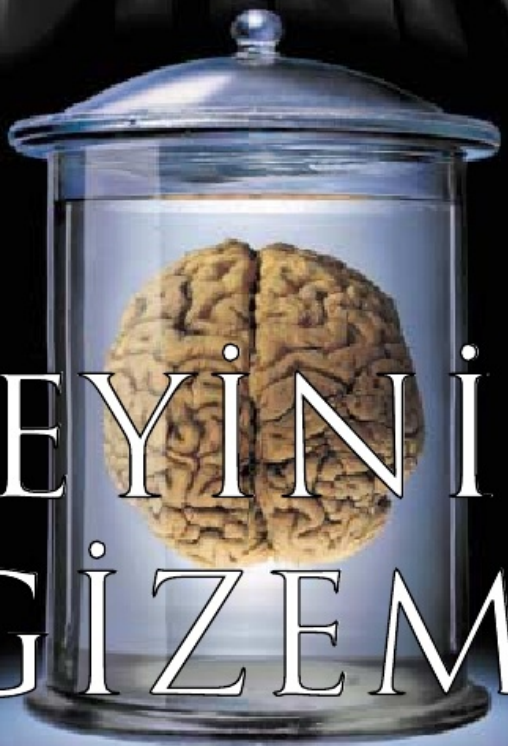
AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNİK

TÜBİTAK

YENİ UFUKLARA



BEYİNİN GİZEMİ

EYLÜL 2003 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

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

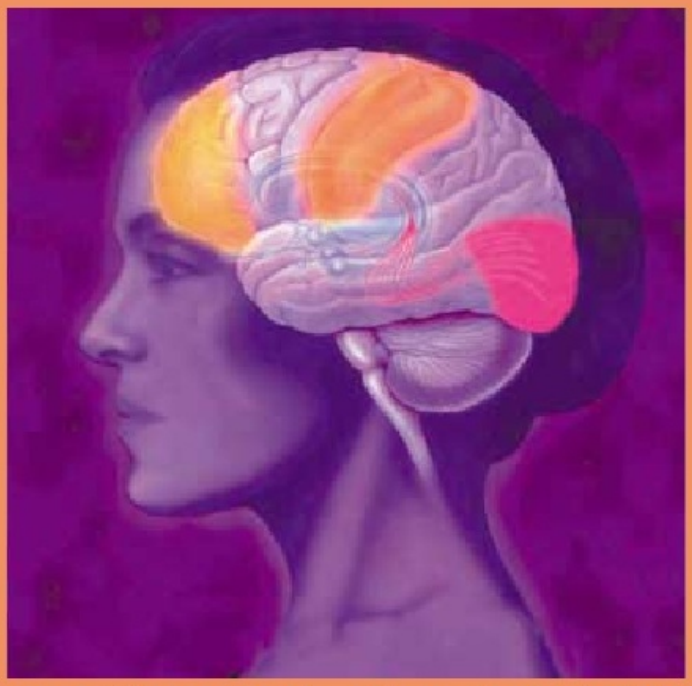
BEYNİN

ORTALAMA 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 papirüslerinde 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 bilminin 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 geliştirilmesiyse, beynin çalışmasını anlama ve gizemini aydınlatmada oldukça önemli yararlar sağladı.

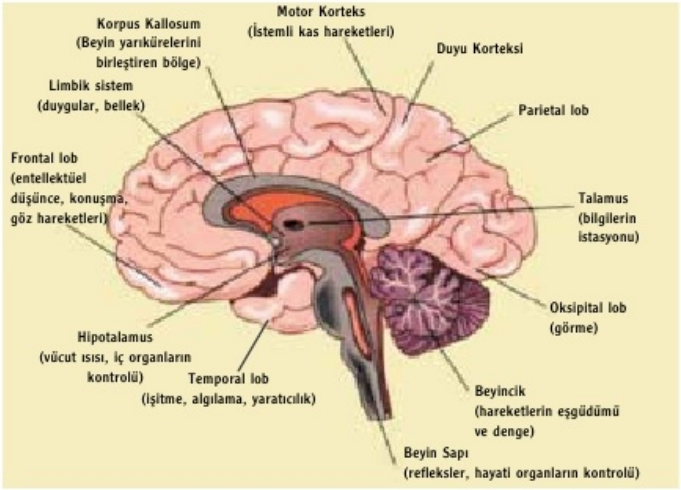
Beynin sırları, bilim adamları için yalnızca bir merak konusu değil. Beyin ve sinirlerli ilgili olarak bilinen 1000'den fazla hastalık var. Bu hastalıklar nedeniyle hastaneye yatan insanların sayısı, kanser ya da kalp hastalarının üzerinde. Beyin ve sinirler üzerinde yapılan çalışmaların en önemli hedefi, bu hastalıklara çözüm bulmak. Düşünce ve davranışların kökenini anlamak, öğrenme 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 çözülüyor. Alzheimer ve Parkinson hastalıklarına yol açan genler belirlendi. Sırada diğer hastalıklara yol açan genlerin deşifre edilmeleri var. Genetik çalışmalar kadar önemli diğer bir konu da, "beyin plastisitesi" denen durum. Beyin hücrelerinin, aldıkları 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 cm² olan beyin yüzeyinin üçte ikisi, kıvrımların arasında kalmış durumda. Bu kıvrımların arasındaki hücreler sayesinde, insan ince işleri yapmak üzere parmaklarını kullanıyor, 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 beyne 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'in beyni ortalamanın altında bir ağırlığa sahip. Dar bir rafın içerisine sıkıştırılarak yerleştirilmiş bir yorgana benzeyen beyin, kafatasının içinde bütün boşlukları



en ekonomik flekilde dolduruyor. Zarla çevrilmifl durumda ve muhallebi k›vam›nda. Bir pipetle rahat- l›kla emilebilir. Beyin hücrelerinin yo¤un olarak bu- lundu¤u d›fl kabu¤a "korteks" deniliyor. "Gri cev- her" olarak da bilinen bu k›s›m, yaklafl›k 3-4 mm kal›nl›¤›nda. Beynin bu bölümünde daha çok nöron- lar ve aralarda bulunan destek hücreleri var. Beyin korteksi ve hemen alt›ndaki doku, lob denilen çeflit- li bölümlerden olufluyor. Beynin ön k›sm›na "fron- tal", orta k›sm›na "parietal", arka k›sm›na "oksipi- tal" ve yan k›sm›na "temporal" lob deniliyor. Her bölümün kendine göre bir ifllevi var. Beynin ön ta- raf›ndaki frontal lob, entelektüel ifllevleri yürütüyor. Bu k›s›m içinde konuflma ve göz hareketlerinden sorumlu merkezler de var. Düflünme, planlama ve problem çözme yetene¤i beynin bu k›sm›na ait. Görme ve iflitme, beynin yan ve arka k›s›mlar›na ait yetenekler. Beynin üst orta kesiminde bulunan

"motor korteks" denen bölge, hareketlerimizi sa¤- l›yor. ‹stemli hareketlerimiz için kaslara giden sin- yaller burada olufluyor. Bu bölgenin komflulu¤un-

daysa, parietal bölgeye ait "duyu korteksi" var. Bu bölge uzuvlardan ve organlardan gelen uyar›lar› al- g›l›yor. Örne¤in ac›, a¤r› gibi duyular burada hisse- diliyor. Beynin arkas›nda bulunan oksipital bölgede görmeden sorumlu merkezler var. Beynin yan›nda yer alan temporal bölge iflitme, haf›za, alg›lama, ya- rat›c›l›k ve baz› davran›fl biçimlerinden sorumlu. Ün- lü ressam Vincent Van Gogh'un beynindeki tempo- ral bölgeyi etkileyen epilepsi hastal›¤›n›n, yarat›c›l›- ¤›nda oldukça büyük etkisi oldu¤u düflünülüyor. Beynin iç kesimlerinde bulunan "hipokampus" bellekten sorumlu bölge olarak kabul ediliyor. Bil- giler uzak belle¤e gönderilmeden önce burada 2-3 hafta kadar saklan›yor. Beynin neredeyse tam orta-

s›nda bulunan "talamus" ise, adeta bir istasyon gö- revini görüyor. Vücuttan gelen tüm bilgiler, de¤er- lendirilmeden önce buraya u¤ruyor ve beynin ge- rekli k›s›mlar›na buradan gönderiliyor. Vücut ›s›s›, iç organlar›n çal›flmas›n›n ayarlanmas› gibi bilinci- mizin kontrolünde olmayan baz› ifllevlerin düzenlen- mesi hipotalamus taraf›ndan yap›l›yor. Beynin alt›n- da bulunan beyin sap›, kalp ve solunum gibi hayati ifllevleri kontrol ediyor. Bu bölgedeki hasarlar kal- bin ve solunumun durmas›na yol açarak ölüme ne- den oluyor. Ancak, beyin sap› tek bafl›na bu ifllevle- ri kontrol etmekte yetersiz kalabiliyor. Beyin sap›- n›n üst merkezlerle ba¤lant›s› kesildi¤inde, bir süre sonra kalp ve solunum durabiliyor. Beynin arka alt kesiminde bulunan "serebellum", di¤er bir ad›yla "beyincik"se hareketlerimizin koordinasyonundan sorumlu. Özellikle k›vrak hareketlerin denetiminde

rol oynayan beyincik, elektrikli y›lan bal›¤› ve baz› köpek bal›klar›nda çok geliflmifl. Beyincik, yaflam› sürdürmek için mutlaka gerekli bir bölge olmasa da, hasar gördü¤ünde denge bozukluklar›, yürüme

ve hareket güçlükleri olufluyor.

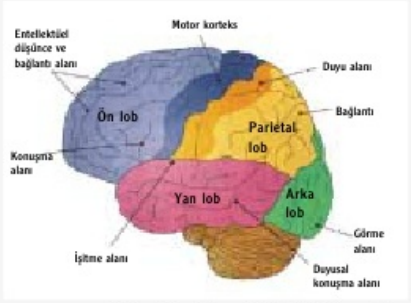
Son y›llarda beynin sa¤ ve sol yar›lar› aras›da- ki farkl›l›klar araflt›r›l›yor. Beynin sol yar›s›, mate- mati¤e yatk›n ve mant›kç›, elefltirisel düflüncenin

kayna¤›; sa¤ yar›s›ysa kavray›c›, yarat›c› ve sanat- kar. Konuflmadan sorumlu merkezler beynin sol yar›s›nda bulunuyor. Konuflma için önemli iki mer- kez, temporal ve frontal bölgelerde yer alan "Wer- nicke" ve "Broca" alanlar›. Beynin sol taraf›nda meydana gelen bir hasar, vücudun sa¤ yar›s›n› felç etti¤i gibi konuflmay› da bozuyor. Buna karfl›n, ki- flinin, beyninin sa¤ taraf›n› kullanarak flark› söyle- yebilmesi gösteriyor ki, beynin içerisinde özel gö-

revi olan bölgeler bulunsa bile, gerekti¤inde di¤er bölgeler bu görevleri k›smen de olsa üstlenebili- yor. Beynin ortas›ndaysa, her iki yar›s›n› birlefltiren bir köprü var. Beynin her iki yan›n›n birbirle- riyle ne derece haberleflti¤i tam olarak bilinmiyor. Baz› kuramlara göre bu iki yar›n›n birbirinden he- men hemen hiç haberi yok.

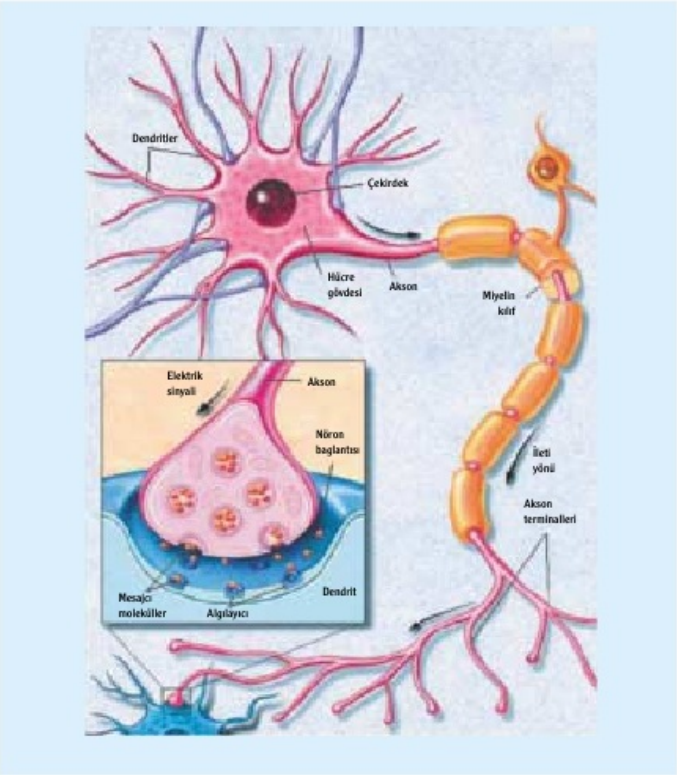
Beynin Haritalanması

Çeşitli bedensel ya da zihinsel işlevlerin beynin 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, beynin işlevsel haritasını oluşturmada oldukça yardımcı oluyor. Bu teknikle beynin haritasını çıkarmak, o anda çalışan bölgenin kan akımının artması ilkesine dayanıyor. Örneğin şarkı söylerken, problem çözerken ya da yemek yerken beynin 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 dopamin düzeyinin değişmesiyle ilgili olduğunu gösterdi. Yakın bir gelecekte beynin tüm bölgelerinin görevi ortaya çıkarılabilecek. Beynin bazı bölgelerinin, hasarlı bölgelerin işlevlerini üstlenmesi ya da aynı işlevin değişik bölgelerce yapılabilmesi, beyin haritalamasını zorlayacağa benziyor.



BEYİN HÜCRESİ "NÖRON"

Vücudumuzdaki kaslara, organlara ve salgı bezlerine bilgiler göndererek onların çalışmasını kontrol eden sinir hücrelerine "nöron" deniliyor. Nöronların çoğu beynin 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 beynin en önemli hücreleri ve beynin 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 uzant›larsa di¤er sinirler-

den gelen sinyalleri alg›l›yorlar. Nöron gövdesindeki dendritlerin tümü, baflka nöronlardan gelen aksonlarla ba¤lant› halinde. Nöronlar aras›ndaki "sinaps" denen bu ba¤lant›lar sayesinde beyin- de oluflan bir sinyal, çok k›sa bir süre- de vücudun istenen yerine ulaflt›r›l›yor. Bir beyin hücresinin yaklafl›k 20-30 bin civar›nda ba¤lant›s› olabiliyor. Be- yindeki toplam ba¤lant› say›s›n›n 10 15 oldu¤u san›l›yor. Beynin çal›flmas›n› art›rarak ba¤lant› say›s›n› de¤ifltirmek. böylece beyin kapasitesini gelifl- tirmek mümkün. Eskiden

nöronlar aras›ndaki ba¤lant›lar›n sabit oldu¤u düflünülüyordu. Yani, bir kere ba¤lan- t› kuruldu¤unda, bunun devaml› oldu- ¤u ve giderek bu say›n›n artt›¤› san›l›-

yordu. Yap›lan son araflt›rmalar, ba¤- lant›lar›n sürekli de¤iflebildi ¤ini gös- terdi. Toplam ba¤lant› say›s› genellik- le sabit kal›rken, baz› ba¤lant›lar ko- puyor; ancak bu arada yeni ba¤lant›- lar olufluyor. Bu da beynin, de¤iflen koflullara göre yap›s›n› sürekli de ¤iflti- rebildi¤ini gösteriyor.

Sinir hücresinde elektrik enerjisi, art› elektrik yüklü sodyum, potasyum ve eksi elektrik yüklü klor iyonlar›n›n yer de¤ifltirmesi sayesinde olufluyor. Bu yer de¤ifltirme s›ras›nda hücre za- r›n›n iç ve d›fl taraf›nda oluflan z›t ku- tuplar voltaj de¤iflikliklerine, böylece hücrede elektrik enerjisinin aç›¤a ç›k- mas›na yol aç›yor. Bir nöron, saniyede birkaç yüz elektrik sinyali olufl turabi-

liyor. Hücre zar›nda oluflan bu elekt- rik sinyalleri, aksonlar taraf›ndan saat- te 200-300 km h›zla aksonun ucuna do¤ru iletiliyor. Elektrik sinyalleri ak- sonun ucuna ulaflt›¤›nda buradan "nö- rotransmiter" denen çok özel kimya- sal mesajc› moleküllerin salg›lanmas›- na yol aç›yor. Aksonun ucundan bu moleküllerin salg›lanmas›, di¤er nö- ron ya da kas hücresi gibi hedef hüc- releri harekete geçirerek, görevlerini yapmalar›n› sa¤l›yor. Nörotransmiter- ler, bir bak›ma sinir hücrelerinden ge- len uyar›lar›n di¤er hücreler taraf›n- dan alg›lanmas›n› sa¤layan elçi görevi- ni üstleniyorlar. Salg›lanan molekü- lün yap›s›na göre, hedef hücrenin ger-

çeklefltirdi¤i görevler de de¤ifliyor.



B‹L‹M ve TEKN‹K

Eylül 2003

Mesajc

"Nörotransmiterler"

Sinirler aras›ndaki iletiflimi sa¤layan, sinirler- den gelen uyar›lar› di¤er hücrelerin anlamas›n› sa¤layan nörotransmiterler, nöronlardaki en önemli moleküller aras›nda. Bu mesajc› molekül- ler, sinir ucuna gelen elektrik uyar›s›n›n sonucu olarak salg›lan›yor ve hemen di¤er sinir, kas ya da benzeri hedef hücrelere yap›flarak burada ge- rekli uyar›n›n oluflmas›n› sa¤l›yorlar. Yani, nöron- lardan gelen mesaj› di¤er hücrelere iletiyorlar. Yaklafl›k 70 y›l önce ilk bulunan haberci molekül "asetilkolin". Bunun yan› s›ra, "katekolamin" (dopamin, noradrenalin) denen bir grup mesajc› molekül de beyin ve sinirlerin ifllevleri için çok önemli. Katekolaminler kalp h›z›, solunum gibi ifllevlerin yan›s›ra çeflitli düflünce ve davran›fllar› da kontrol edebiliyorlar. Beyinde bunlar›n d›fl›n- da, birçok farkl› yap›da mesajc› daha var. Bunlar protein ya da bunlar›n en küçük birimi olan ami- noasit yap›s›nda. Oldukça fazla say›daki hormon- lar da beyin ifllevlerinde önemli rol al›yorlar. Hem beyin içinde hem de salg› organlar› üzerin- de etkili olan hormonlar, üreme ifllevinden duy- gusal durumlara kadar birçok ifllevi kontrol edi- yorlar. Beynin mesajc› moleküllerinin anlafl›lma- s›, çeflitli hastal›klar›n tedavisi için de önemli. Son y›llarda üzerinde çal›fl›lan molekülerden biri- , "naltrekson". Bu molekül beyindeki endorfin, enkefalin gibi opiat almaçlar›n› (reseptör) bloke ediyor. Bu almaçlar›n bloke edilmesiyse ifltah› azalt›yor. Obezitenin tedavisinde kullan›labilecek olan naltrekson, halen deney aflamas›nda. Beyin- de bulunan di¤er bir mesajc› molekül olan "kole- sistokinin"in, ifltah› keserek kilo kayb›na yol açt›- ¤› saptanm›fl. Beynin

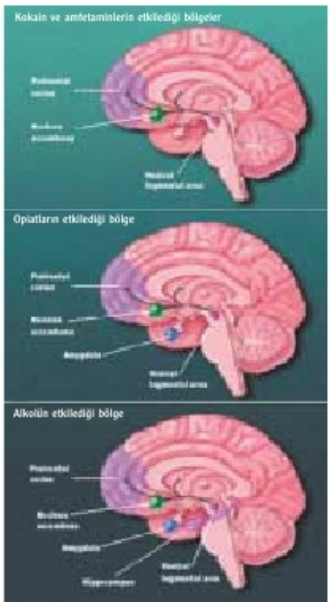
birçok hastal›¤›nda etkili ol- du¤u düflünülen mesajc› moleküllerin her gün ye- nileri keflfediliyor. Bunlar›n yap›lar›n›n ve etki mekanizmalar›n›n daha iyi anlafl›lmas›yla birçok hastal›¤a çözüm bulunabilece¤i düflünülüyor. Asetilkolin, istemli kaslar› ve kalp ritmini kontrol eden sinirlerin ucundan salg›lan›yor. Si- nirlerdeki elektrik uyar›lar› sinir ucunun, yani ak- sonun sonuna geldi¤inde burada asetilkolin salg›- lanarak hücrenin d›fl›na at›l›yor. Nöronlardan sal- g›lanan asetilkolin, kas hücrelerinin yüzeyinde bulunan almaçlara yap›flarak kas›n kas›lmas›na yol aç›yor. Bu sayede koflmak, konuflmak, göz aç›p kapatmak gibi her türlü istemli hareketi ya- pabiliyoruz. Beyindeki asetilkolin hakk›ndaysa çok az bilgi mevcut. Alzheimer hastal›¤›nda ase- tilkolin üreten hücrelerin ölmesi, bu molekülün bellek, dikkat ve ö¤renme ifllevlerinde önemli bir rolü oldu¤unu düflündürüyor.

Proteinlerin yap›tafl› olan baz› aminoasitler de nöronlar aras›nda mesajc› moleküller olarak görev yap›yorlar. "Glutamat" ve "aspartat" adl› aminoasitler beyinde uyar›c› olarak görev yapan, yani di¤er nöronlar› tetikleyen moleküller. Bu moleküllerin ö¤renme ve bellekle yak›ndan iliflki- li oldu¤u düflünülüyor. Glisin ve GABA ise beyin- de sinir uyar›m›n› bask›layan moleküller. Diaze- pin grubu sakinlefltirici ilaçlar, beyindeki GA- BA’n›n etkisini art›rarak ifllevlerini yerine getiri- yorlar.

Di¤er önemli bir mesajc› molekülse "dopa- min". Dopamin, hormonal sinyallerin ve hareket- lerin kontrolünde görev al›yor. Hareket bozuklu- ¤una yol açan Parkinson hastal›¤›nda beyinde ne- redeyse hiç dopamin olmuyor. Bu hastal›¤›n te- davisinde, d›flar›dan verilen dopamin kullan›l›yor. Dopamin, beyinden baz› hormonlar›n salg›lanma- s›na yol aç›p birçok organ›n ifllevinin kontrolünü sa¤l›yor. Beyinde dopamin düzeyindeki de¤iflik- likler, davran›fl

ve düflünce bozukluklar›na da yol açabiliyor. Dopaminin afl›r› salg›lanmas›, flizofre- ni gibi baz› psikiyatrik hastal›klara neden oluyor. fiizofreni hastal›¤›n›n tedavisinde dopamin al- maçlar›n› bloke eden, yani beyindeki dopaminin etkisini azaltan ilaçlar kullan›l›yor.

‹nsan psikolojisini etkileyen bir di¤er mole- külse "serotonin". Uyku, depresyon ve endifle gi- bi durumlar bu molekülün düzeyiyle iliflkili. Sero- tonin düzeyini etkileyen fluoksetin gibi ilaçlar, depresyon tedavisinde kullan›l›yor. Ö¤renme ve bellekle iliflkili bir mesajc› molekülse "noradrena-



lin". Adrenalin ve noradrenalin ayn› zamanda stres molekülleri olarak da biliniyorlar. Afl›r› stres, heyecan ve korku durumlar›nda salg›lanan bu moleküller, kalp at›fllar›m›z› ve nefes al›fl›m›z› h›zland›r›yorlar. Beyinde yeni keflfedilen mesajc› moleküller aras›nda "trofik faktörler" say›l›yor. Bu moleküller, salg›land›ktan sonra özel nöron gruplar›na giderek ba¤lan›yor ve bu hücrelerin geliflme ve ifllevlerini denetliyorlar. Trofik faktör- leri kodlayan genlerin bulunmas› da bilim adam- lar› aras›nda heyecan yaratt›. Bu genleri

aktif ha- le getirerek beynin Alzheimer ve Parkinson gibi hastal›klar›n› tedavi etmek mümkün olabilecek. Beyin hücrelerini etkileyerek birçok duygu ve

davran›fl› yönlendiren di¤er mesajc›lar da "hor- monlar". Hormonlar sayesinde çeflitli organlar›n çal›flmas› denetleniyor. Strese karfl› verdi¤imiz ce- vap, çeflitli duygular, hatta cinsel davran›fllar›m›z bile mesajc› hormonlara ba¤l›. Beyinde hipotala- mus ya da hipofiz bezinden salg›lanan çeflitli hor- monlar, vücutta tiroid, yumurtal›klar ve böbreküs- tü bezleri gibi organlara mesaj iletiyor. Örne¤in, beynin alt orta k›sm›nda bulunan hipotalamus’tan salg›lanan "gonadotropik" hormon, alt merkezler- deki hipofiz bezinden "LH" denen baflka bir hor- monun salg›lanmas›na yol aç›yor. LH, testislere gi- derek buradan erkeklik hormonu olan "testoste- ron" salg›lanmas› sa¤l›yor. Belirli bir miktarda sal- g›land›ktan sonra, testosteron, beyne giderek go- nadotropik hormon ve LH salg›lanmas›n› durduru- yor. Böylece hormon mesajc›lar sayesinde vücu- dun farkl› organlar› aras›nda çok hassas bir denge olufluyor. Hormonlar yaln›zca belirli salg› bezlerini etkilemekle kalmay›p, insanlar›n duygusal tepkile- rini, moralini ve hatta kad›n erkek aras›ndaki fark- l›l›klar› bile belirleyen moleküller aras›nda. Son y›llarda bulunan en flafl›rt›c› mesajc› mo- leküller "gaz"lar. Bu gazlar bilinen mesajc› mole- küllerin özelliklerini tafl›m›yor. Yani, bunlar sinir uçlar›nda depolan›p elktrik uyar›s› geldi¤inde sal- g›lanm›yor. Gerekti¤inde belirli enzimler taraf›n- dan olufturulan bu gaz mesajc›lar, hücre duvar›n- dan difüzyon yoluyla geçerek hedef hücreye ula- fl›yor. Gazlar, di¤er mesajc›lar gibi hedef hücre- deki özel almaçlara ba¤lanm›yorlar. Hedef hücre- nin zar›ndan kolayl›kla geçen gaz mesajc›lar, hücre içerisindeki hedef moleküllere ba¤lan›yor- lar. Genellikle protein yap›s›nda olan hedefe ba¤- lanan gazlar, bu molekülü aktif hale geçiriyorlar. Gaz mesajc›lar›n bafl›nda "nitrik oksit" ve "kar- bondioksit"

gazlar› geliyor. Nitrik oksit, peniste- ki nöronlara girerek sertleflmeyi sa¤l›yor. Sindi- rim sistemindeyse normal ba¤›rsak hareketlerin- den sorumlu. Beyindeki nitrik oksitse "siklik GMP” denen bir molekülü kontrol ederek, nöron- lar aras› eflgüdümü sa¤l›yor.

"Nöropeptidler"

(B e y n i n S a k i n l e fl t i r i c i M o l e k ü l l e r i)

Eskiden beyin, çal›flma biçimi bak›m›ndan bil- gisayara benzetiliyordu. Nöronlar uyar›lmay›nca bilgi ak›m› olmuyor, atefllendiklerindeyse tek bir mesajc› molekül salg›layarak di¤er hücreyi uyar›- yorlar. Buna ba¤l› olarak beynin çal›flma prensi- binin bilgisayarlardaki "0" ya da "1" sistemi gibi oldu ¤u düflünülüyordu. Uzun y›llard›r, beyinde hücreler aras›ndaki iletiflimi sa ¤layan molekülle- rin yaln›zca nörotransmiterler oldu¤u san›l›yor- du. Son y›llarda ifllerin bu kadar basit olmad›¤›, nöronlarda elektrik uyar›s›n›n ve beyin kontrolü- nün yaln›zca nörotransmiterler yoluyla oluflmad›- ¤› anlafl›ld›. Son 30 y›l içerisinde yap›lan beyin araflt›rmalar›, baflka iletiflim moleküllerinin de varl›¤›n› ortaya ç›kard›. En önemli geliflmelerden biri, "nöropeptid" denen moleküllerin keflfi. Araflt›rmac›lar ilk olarak beyin hücrelerinin yüze- yinde morfin benzeri moleküllerin ba¤land›¤› böl- geler buldular. Bunlara "opiat" almaçlar› denili-

BEYNİN MESAJC

C›

tirici ve zevk verici molekülleri. Herhangi bir ola- y›n hoflumuza gitmesi ya da yiyecek, içecek gibi maddelerin bize zevk vermesi, bu morfin benzeri moleküllerin salg›lanmas› sayesinde oluyor. Gü- zel bir resim gördü¤ümüzde, hofl bir melodi din- ledi¤imizde ya da lezzetli bir yemek yedi¤imizde endorfin, enkefalin ya da dinorfin gibi molekül- ler, nöronlardaki özel almaçlara yap›flarak zevk almam›z› sa¤l›yorlar. Beyin, bir süre sonra belir- li aral›klarla salg›lanan bu moleküllerin yaratt›¤› zevk duygusuna al›fl›yor. Bundan sonra vücut, nö- ropeptid salg›lanmas›na yol açan maddeyi tüketerek ya da olay› tekrarlayarak bunlar›n beyindeki düzeyini art›rmaya çal›fl›yor. Örne¤in, lezzetli bir çikolata ya da hamburgerin damakta b›rakt›¤› lezzet, asl›nda beyindeki belirli nöropeptidlerin düzeylerinin artmas›na ba¤l›. Salg›lanan nöro- peptidlerin verdi¤i haz duygusunu tekrar yafla-

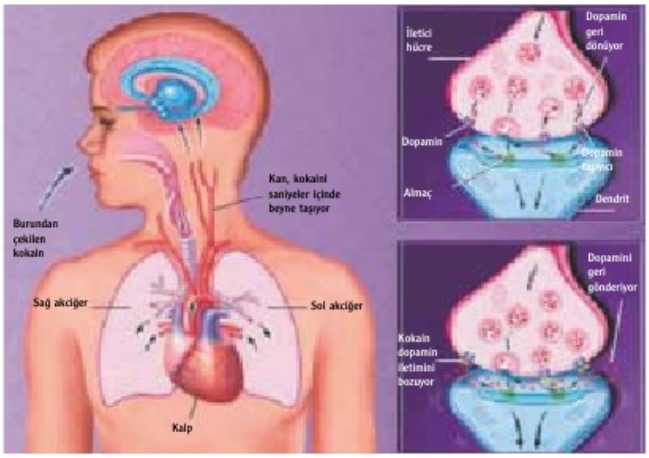
mak için, kiflide yine ayn› g›day› tüketme iste¤i oluyor. Afl›r› fliflmanl›k hastal›¤› olarak bilinen obezitenin temelindeki mekanizmalardan birinin bu oldu¤u düflünülüyor. birçok zararl› madde ve ilaç ba¤›ml›l›¤›n›n temelinde de endorfin ya da enkefalinler yat›yor. Nöropeptidler yaln›zca haz duymaya yaram›yor. Bunlar, ayn› zamanda olduk- ça etkili a¤r› kesici özelli¤e sahipler. Özellikle di- norfin, beyne zarar veren uyar›lar› ve a¤r›y› blo- ke edebiliyor. Genellikle ameliyatlardan sonra ya da kanser hastalar›n›n a¤r›s›n› kesmek için kulla- n›lan morfin gibi a¤r› kesiciler de, beyinde nöro- peptid almaçlar›na ba ¤lanarak etki gösteriyorlar. Normal koflullarda bir insan› öldürebilecek kadar yüksek dozda morfinin bile, a¤r› durumlar›nda yetersiz kald›¤› olabiliyor. Bunun nedeni afl›r› a¤- r› durumlar›nda, beyindeki endorfin ve dinorfin

almaçlar›n›n say›s›n›n artmas›. Her türlü a¤r› ve stres durumunda morfin ya da benzeri sakinleflti- riciler kullanmak pratik bir çözüm de¤il; ayr›ca çeflitli sak›ncalar› da var. Beynin kendi üretti¤i bu nöropeptidler, genellikle a¤r› ve stresi azalt- makta yeterli oluyor. Yani beyin, kendi a¤r› kesi- cisini ve sakinlefltiricisini üretebiliyor.

‹kincil mesajc›lar

Mesajc› moleküllerin hücre yüzeyine yap›fla- rak, ilettikleri mesaj› hücre içerisine tafl›yan "ikincil mesajc›lar" da var. Sinir hücrelerinde da- ha uzun süreli ve kal›c› de¤ifliklikleri bu ikincil mesajc›lar›n yapt›klar› düflünülüyor. Nörotrans- miterlerin etkisi, oldukça k›sa süreli. Sinir hücre- lerinden salg›lan›p di¤er hücreyi uyard›ktan son- ra hemen parçalan›p, tekrar sentezlenmek üzere

salg›land›klar› hücreye geri dönüyorlar. Ancak, ikincil mesajc›lar›n etkisi o kadar k›sa süreli de- ¤il. Nörotransmiterlerin hücre zar›n› uyarmas›n- dan sonra harekete geçen bu moleküller, hedef hücrede birçok kimyasal olay›n bafllamas›na yol aç›yor. ‹kincil mesajc›lara bir örnek, "adenozin



trifosfat" (ATP) molekülü. Ayn› zamanda hücre içi enerji kayna¤› olan bu molekül, birçok hücre içi reaksiyonda ikincil mesajc› rolü oynuyor. Me-

sajc› molekül olan noradrenalin hücre yüzeyine ba¤land›¤›nda, hücre içindeki ATP, AMP'ye (ade-

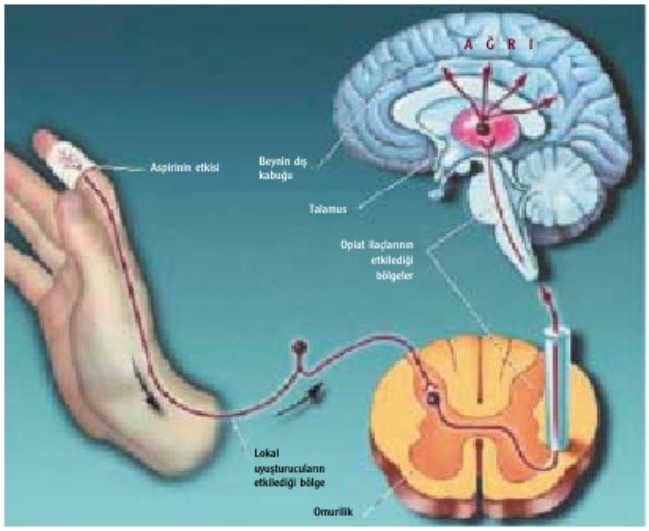
nozin monofosfat) dönüflüyor. Di¤er bir ikincil mesajc› olan AMP molekülünün, hücre içinde de- ¤iflik görevleri var. Çeflitli iyonlar›n geçirgenli ¤i- ni art›rarak ya da azaltarak hücre içerisindeki elektrik yükünü de ¤ifltirebiliyor, ya da hücre çe- kirde¤indeki genleri aktif hale geçirerek çeflitli enzimlerin sentezlenmesini denetliyor. Ö¤renme ve haf›za gibi kal›c› beyin ifllevlerinin, beynin ge- lifliminin bu hücre içi ikinci mesajc›lara ba¤l› ol- du ¤u düflünülüyor.

I 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 diğeriyse 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, sakinleş-



Beynin Geliflimi

3 hafta sonra sinir sisteminin ilk hüc-

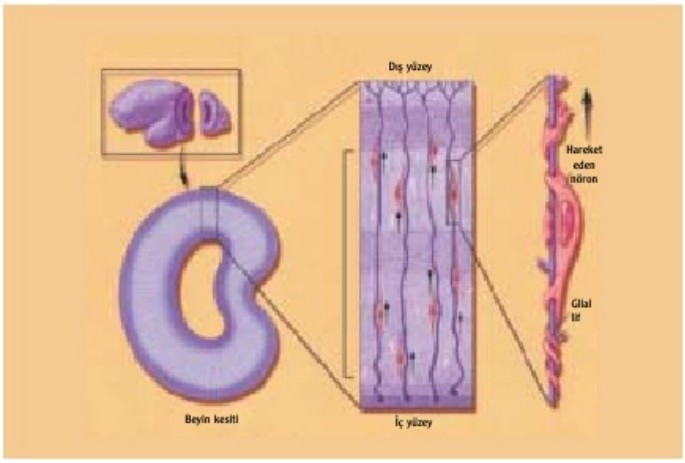
releri oluflmaya bafll›yor. Bu hücreler birkaç gün içerisinde ço ¤alarak birbiri üzerine katlan›yor ve ileride beyin ve omurili¤i olufluracak bir tüp meyda- na getiriyorlar. Bu tüpün içerisinde geliflen nöronlar, daha sonra kal›c› olacaklar› yerlere göç ediyorlar. Dör- düncü haftada beynin ön, orta ve alt bölümleri olufluyor. Beynin k›vr›ml›

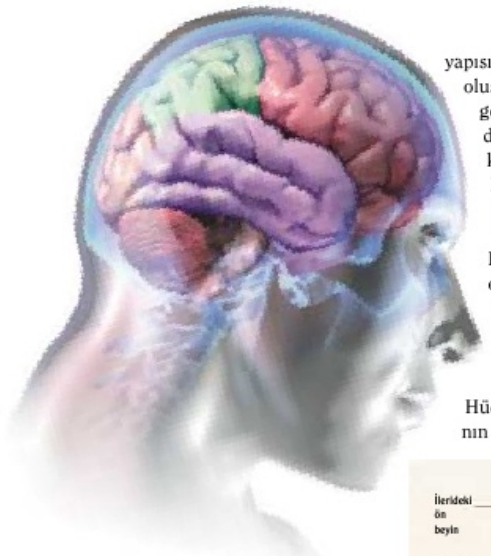
nen bu ba¤lant›larla orant›l›. fiizofreni gibi, sonradan ortaya ç›kan ruhsal hastal›klar›n sinaps oluflumundaki bo- zukluklardan kaynakland›¤› düflünü- lüyor.

Yeni oluflan bir embriyoda hangi hücrenin beyin hücresi olaca¤›n› çok özel proteinler belirliyor. Beyin hücre- lerinin hangisinin nöron, hangisinin

rin" ya da "efrin" denen çeflitli mole- küller, aksonlara yol gösteriyorlar. Za- manla nöronlar aras›ndaki ba¤lant›lar gelifltikçe, çocu¤un zihinsel yetenekle- ri art›yor. Beynin geliflimi s›ras›nda oluflan nöronlar›n yaln›zca yar›s› erifl- kin beyninde bulunuyor. Di ¤er yar›s›y- sa bir tür intihar mekanizmas›yla ken- dini yok ediyor. Bu intihar mekaniz- mas› eriflkin beyninde de var. Herhan- gi bir nedenle hasar alan hücreler, kendilerini öldürüyorlar.

Beyin geliflimin‌de çevresel faktörle- rin de önemi var. Vücut d›fl›ndan ge- len sinyaller beynin geliflimi için önemli. Do¤duktan sonra tek gözü ka- pat›l›p di¤er gözü aç›k b›rak›lan bir maymunun kapal› gözü, belirli bir sü- re sonra aç›lsa bile di¤er gözü gibi görmüyor. Kullan›lmayan görme sinir- leri bir süre sonra ifllevlerini kaybedi- yorlar. Bunun nedeni, araflt›rmac›lara göre, göz hücreleriyle görme sinirleri aras›ndaki ba¤lant›n›n oluflamamas›. Bu ve buna benzer deneyler, çevresel etkenlerin nöronlar aras›ndaki ba ¤lan- t›lar›, yani beynin geliflimini etkiledi¤i- ni gösteriyor.





İnsan beyninin gelişiminin ilk aşamaları, kurbağa, maymun, fare gibi birçok hayvan türüne benzerlik gösteriyor. Spermle yumurta birleştikten 2-3 hafta sonra sinir sisteminin ilk hüc-

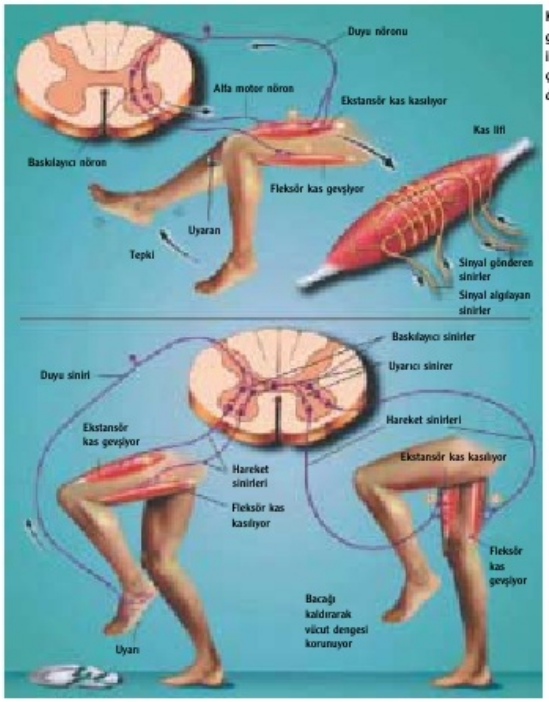
yapısıysa 6. haftada görülüyor. İlk oluştukları yerden daha sonra görev yapacakları yerlere giden beyin hücreleri, zamanla kendilerine özgü işlevlerini kazanıyorlar. Her nöron kendine özgü mesajcı moleküllerini salgılamaya başlıyor. Hücre gövdesinin uzantıları olan aksonlar uzayarak diğer hücrelerle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



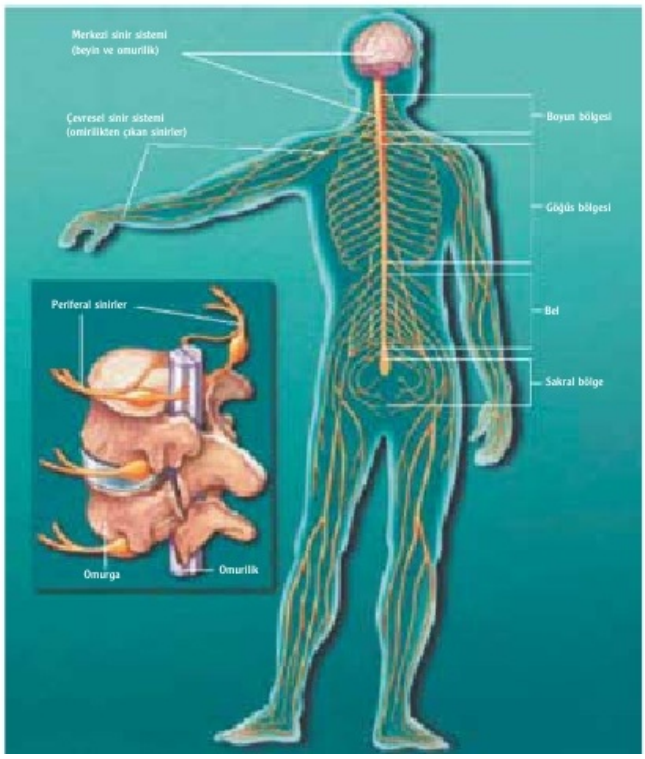
"glia" (destek) hücresi olduğunu da yine proteinler belirliyor. Proteinleri belirleyense, genetik şifre. Beyin hücrelerinin oluştuktan sonra görev bölgelerine gitmesi, yine çeşitli proteinler ve glia hücreleri tarafından oluşturulan lifler sayesinde. Hamilelik sırasında kullanılan alkol, uyuşturucu ya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

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

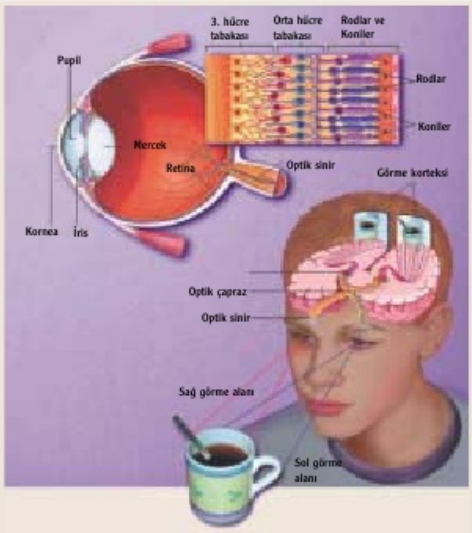


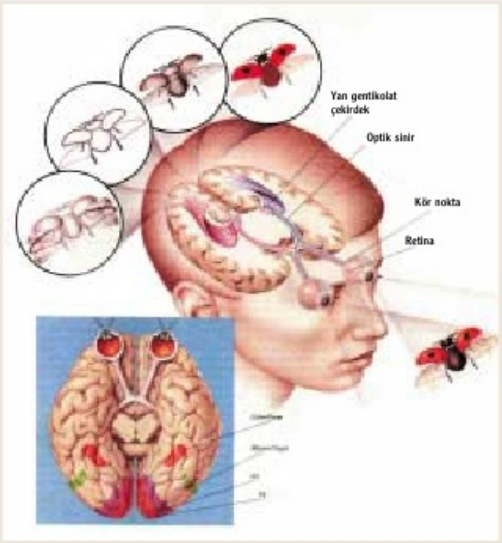
Kaslarımızdan ya da dışardan gelen bazı uyarılar, hiç beyne iletilmeden omurilik sayesinde çok hızlı bir şekilde harekete dönüştürülebiliyor.



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 gevşeyeceğiniyse 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 kulaktan sinyaller 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.

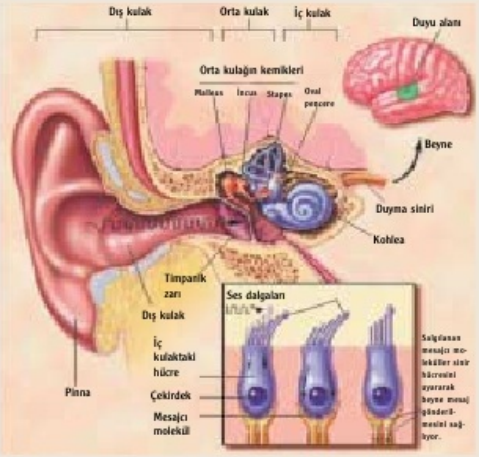
DIŞ DUNYAYI ALGILAMA





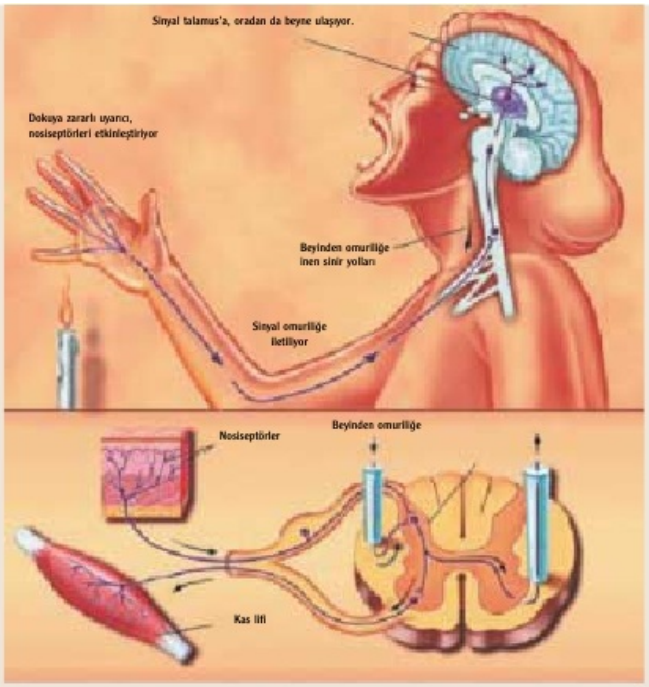
Görme

Dışımızdaki dünyayı algılamada en önemli duyulardan biri görme. Dünyadaki güzelliklerin algılanmasının yanı sıra, görme duyusu hayatta kalmak için de önemli mekanizmalardan. Görmek, duyular arasında en karmaşık olanı. Görme için beyinde ayrılan alan, tüm diğer duyuların 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 beynin sol yarısı tarafından, sol yarısıysa sağ yarısı tarafından algılanıyor. Tüm bilgiler beynin 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 duyulardan 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 kulağa 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 beynin temporal bölgesindeki duyma merkezine taşınıyor. Konuşmalar da ilk önce aynı şekilde algılanarak temporal bölgeye aktarılıyor. Ancak daha sonra bu bilgiler, çözümleme için beynin 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 duyusu 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 ayrıntılarını algılamada parmaklar ve dudaklar çok önemli. Bebeklerin cisimleri tanımak için onları ilk önce eline alıp sonra da ağzına 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 değdirilince bunu tek bir kalem ucu gibi algılıyoruz. Bu kalem uçları arasındaki mesafeyi yavaş yavaş açarak sırta dokundurmaya devam edersek, uçların birbirine olan mesafesi ancak 6-7 cm olduğunda bunun iki ayrı kalem ucu olduğunu algılayabiliyoruz. Dudaklarımızsa, 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.

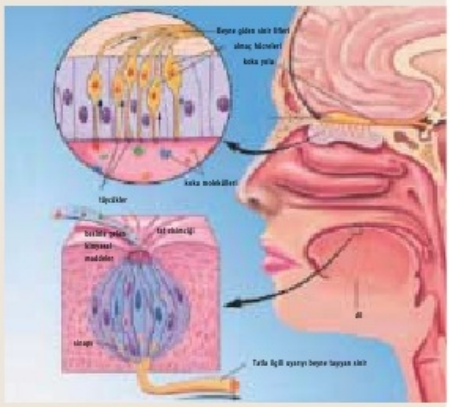
Acı ve ağrı duyuları, vücudun savunma mekanizmalasının en önemli bileşeni. Hastalanan organımızdan yayılan ağrı duyusunun beyine taşınması, hastalıkların erken tanısı için çok önemli. Vücudun herhangi bir bölgesinde meydana gelen bir hasar, kendisini ağrı ya da acı olarak belli ediyor. Örneğin elimiz ateşle temas ettiğinde, acıyı oluşturacak uyarılar, buradaki "nosiseptör" denen özel sinir lifleri tarafından alınıyor. Bu sinyaller ilk önce omuriliğin arka bölümüne gidiyor. Ağrı duyusu omuriliğe ulaştığında, bu sinyaller daha beyine 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 örnekse, 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 çektirmeyi 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 duyular birbirinden farklı organların aracılığıyla ve farklı sinirler tarafından algılanıyor. Buna karşın bu duyular birlikte çalışıyor. Her ikisinin ortak çalışması sayesinde doğadaki binlerce kokuyu algılayıp birbirinden ayırt edebiliyoruz. Tek başına tat alma duyusu yalnızca tatlı, acı, ekşi ve tuzlu tatların ayrımına yarıyor. Ancak koku duyusuyla birleşince binlerce farklı lezzet algılanıyor. Ağzın 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 oluşuyor. Daha sonra sinyaller beynin ortasındaki talamus bölgesine ve beynin dış kabuğuna gönderiliyor. Buralarda tat değerlendirilip, bilinçli olarak algılanması sağlanıyor.

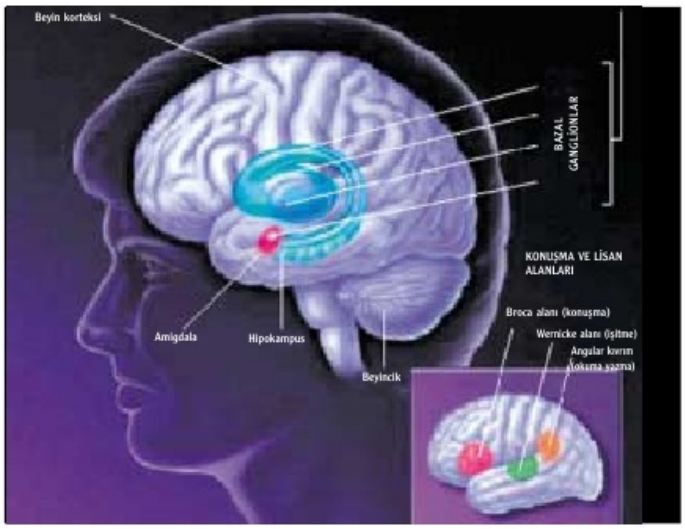
Kokunun algılanmasında ilk durak, burun mukozası. Burnun iç yüzeyini kaplayan burun mukozasında koku uyarıları alan özel hücreler var. Hava yoluyla buruna giren değişik moleküller, bu hücrelerin yüzeyine yapışarak kimyasal uyarılar meydana getiriyorlar. Bu uyarılar sinir hücreleri tarafından elektrik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



ÖĞRENME VE BELLEK

Beynin hangi bölümlerinin öğrenme ve hafızayla 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 "elektrokonvulzif 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 "dekleratif" bilgi. "Türkiye'nin başkenti Ankara'dır" gibi bilgilere dekleratif deniliyor. Bu tür bilgi, kişinin daha önce okuyarak ya da deneyimleriyle elde ettiklerinden oluşuyor. Dekleratif bilgi (açık-



lanan, tebli¤ edilen), orta temporal bölge ve tala- musta depolan›p de ¤erlendiriliyor. Dekleratif olma- yan bilgiyse, fark›nda olmad›¤›m›z bilgiyi içeriyor. Becerilerimiz ve al›flkanl›klar›m›z, bu bilgilerin so- nucu. Günlük hayat›m›zda kulland›¤›m›z bilginin yaklafl›k %90'› dekleratif olmayan türden. Deklera- tif olmayan bilginin de¤erlendirilmesi bazal gangli- onlar denen bir bölgede yap›l›yor. Bilginin duygusal k›sm›n›n›n de¤erlendirildi¤i yerse amigdala. Bilgile- rin depolanmas›nda en önemli unsur, yararl› olup olmamas›. Beynin bilgiyi tutmadaki en önemli gü- düleri ödüllendirilme ya da cezaland›r›lma. Yani herhangi bir bilgi sonucunda bir kazanç ya da ka- y›p elde edildi¤i zaman, o bilgi daha uzun süre sak- lan›yor. Beynin orta alt kesiminde bulunan amigda- lan›n bu tür ö¤renmede önemli rolü var. Uzun sü- redir yap›lan çal›flmalar, haf›zan›n nöronlar aras›n- daki ba¤lant›lar›n de ¤iflmesiyle ilgili oldu¤unu gös- teriyor. Nöronlar›n ba¤lant› say›s›n›n ve kuvvetinin de¤iflmesi, anahtar nokta. Kal›c› bilgi bu ba¤lant›la- r›n yap›s›n› de¤ifltiren moleküllere ba¤l›. Her ne ka-

dar amigdala ve hipopkampüs gibi yap›lar, kal›c› bilginin depolanmas›, yani bellek için önemli mer- kezler olsa da beynin her bölgesi bilgi depolayabili- yor.

Belle¤in çok de¤iflik s›n›fland›rmalar› var. Baz› araflt›rmac›lar belle¤i "olay belle¤i", "s›n›fland›r›c› bellek" ve "ifllemsel bellek" olarak ay›r›yor. Olay belle¤i, olaylar›n tüm ayr›nt›lar›yla hat›rlanmas›na yar›yor. Örne¤in, seyretti ¤imiz bir filmin hat›rlan- mas› gibi. S›n›fland›r›c› bellek, bilgileri s›n›fland›ra- rak hat›rlamam›z› sa¤l›yor. Hangi sözcü¤ün ne an- lam ifade etti ¤ini s›n›fland›r›c› bellek söylüyor. Bir ayg›t› kullanmak ya da araba sürmek, ifllemsel bel- le¤in görevi. Bilgilerin beyinde tutulma süresine gö- re bellek, k›sa ve uzun süreli olarak ikiye ayr›l›yor. Bunlar›n s›n›rlar›n› ay›rmak zor. K›sa süreli bellek, birkaç saniyeden bafllay›p birkaç haftay› kapsayabi- liyor. Uzun süreli bellekse birkaç ayla bafllay›p bir ömür boyu sürebiliyor. Çok k›sa süren görsel belle- ¤e "ikona belle¤i" deniliyor. Bir yaz›y› gördü¤ümüz- de, bu önce ikona belle¤ine kaydediliyor. E¤er bu

bilgiler daha uzun süreli belle¤e aktar›lmazsa, der- hal siliniyor. ‹kona belle ¤inin biraz daha uzun süre- li olan›na "çal›flma belle¤i" deniliyor. Telefon numa- ralar›n› ve isimleri hat›rlamam›z bu sayede müm- kün oluyor. Tüm bu bellek türleri, ö¤renmenin te- melini oluflturuyor. Görsel yolla elde edilen bilgiler ilk olarak bu belleklerde depolan›p, daha sonra ge- rekli olanlar uzun süreli belle¤e aktar›l›yorlar. Okuma ve konuflma, en çok bellek gerektiren ifllevlerden. Bu iki ifllev, her ne kadar beynin farkl› bölgeleri taraf›ndan gerçeklefltirilse de, birbirleriyle oldukça ba¤lant›l›. Konuflma merkezleri beynin sol yar›s›nda. Konuflma, temel olarak, beynin sol ön k›sm›ndaki Wernicke alan›nda düzenlenerek biçim- leniyor. Burada düzenlenen bilgi,

temporal bölge- deki Broca alan›na gönderiliyor. Burada ayr› bir ko- nuflma program› yap›larak gereken bilgi, konuflma için gerekli kaslara emir verilmek üzere beynin üst k›sm›nda bulunan bir bölgeye gönderiliyor. Bir ya- z›y› okumak için, görme ve konuflma merkezlerinin çok duyarl› bir eflgüdüm içinde çal›flmas› 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 stresi 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 rahatlamaysa beyin kapasitesini artırarak dikkat ve hafızayı kuvvetlendiriyor. Beyini 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-

Bozukluklar›

Eylül 2003 B‹L‹M ve TEKN‹K

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 yerinin tahribi 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 yarıkürededir. Az sayıda insanda konuşma merkezleri sağ yarıkürededir. Sağ elle yazan birinde sağ yarıkürede 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; "silmek için birşey" diyebilir ya da sözcüğü yanlış söyler: Sili ya da salgi diyebilir (parafazi). Hastaya "silgiyi göster" dersek gösterebilir; fakat bazıları bunu da yapamaz. Hastanın konuşmayı anlayıp anlamadığı evet-hayırla 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 kızar ve bu nedenle şüpheci ve saldırgan olabilir. Wernicke afazisi olanlar iyi okuyamaz, yazamaz, cisimlere isim veremez ve sözcükleri tekrar edemez.

Broca afazisi: Hasta az sözcük kullanır; dura dura konuşur (söyleyeceği sözcüğü aramaktadır), sözcüklerin sırası ve söylenişi yanlıştır. Tekrarlama ve isimlendirme yapamaz. Konuşma "evet", "hayır"a, hatta bir iniltiye 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 afazisi**nde Broca ve Wernicke alanları arasındaki birleştirici yollar tahrip olmuştur. Broca afazisine benzer; fakat konuşma akıcıdır. **b) Bazı Broca ve Wernicke tipi afaziler**de sözcükleri tekrar yeteneği bozulmaz. Bunlara "beyin kabuğu ötesi afaziler" (transkortikal afaziler) deniliyor. **c) Anomik afazi**de hasta yalnız gördüğü cisimlerin adını hatırlayamaz; kafa travmalarında ve Alzheimer hastalığında en sık görülen afazi, anomidir. **d) Şakak lobu üst kıvrımının tahribi**nde saf sözcük sağırlığı olur; hasta işitir; fakat kendi lisanını yabancı bir lisanmış gibi anlayamaz. **e) Sol artkafa lobu harabiyeti**nde 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.

Bu hastalar renklerin adını da unuturlar (renk anomisi). **f) Afemia**da hasta dilsiz gibidir; bu hal bir süre sonra fısıltıyla konuşmaya dönüşür. **g) Gertsmann sendromu**nda hasta basit aritmetik işlemleri yapamaz (akalkülî); iyi yazamaz (disgrafi); parmaklarının adını (işaret parmağı vb.) söyleyemez ve sağla solu karıştırır. Bu sendrom sol yarıkürenin yan lobunda açısal kıvrım (girus angularis) lezyonlarında görülür. **h) Sözlerdeki vurguları algılayamamak aprosodiaya** neden olur. Bu hastalar vurgusuz sözcüklerle, monoton bir tarzda konuşurlar. Sağ yarıküre Silvius yarığı etrafındaki patolojiler aprosodiaya neden olur. **i) Sol yarı kürenin derin çekirdeklerinin (talamus, kuyruklu çekirdek) tahribi** 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 diyordu: "Cisimlerin adlarını söyleyebilirim, diğer sözcükleri asla" **l) Somut sözcük afazisi** çok nadirdir; bugüne 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; bazılarındaysa isimler hatırlanıp fiiller unu-

tıyor. 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 sevme gibi duygular, seksin beyindeki olumlu etkilerini artırıyor.

Tüketilen gıdalar da beyin işlevleri için çok önemli. Vücudun 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 ekmek, nişasta gibi besinler, beyin gelişimini olumsuz etkileyebiliyor. Uzmanlar, gün içerisindeki 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 unsurlar.

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 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 beynine göre azaldığı gösterildi. Her gün az da olsa yeni bilgiler öğrenmek, beyini geliştiriyor. Einstein'in "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

Yarıyı ihmal (hemineglect) sendromunda baş sağa dönüktür; hasta vücudunun sol yarısını yıkamaz, traş etmez ve giydirmez; tabağın soluna konulan yemekleri yemez; sayfanın sol yarısını okumaz, yazarken 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 yarıküre sağ alanımızı, sağ yarıküre hem sol, hem sağ alanımızı haritalar. Bu nedenle, sol yarıküre hasarı sağ yarıda ihmal yapmaz; çünkü sağ yarıküre sağ ihmali telafi eder. Sağ yarıküre hasarı sol yarıda ihmale neden olur.

Apraksiden hasta emredilen bir hareketi yapamaz; örneğin "düğmeni ilikle" deyince ilikleyemez. 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 premotör alan ya da beyin kabuğu-bazal gangliyonlar bağlantılarının hasarında, hasta bir aleti doğru dürüst kullanamaz.

Giyinme apraksisinde hasta elbisesini giyemez; onunla uğraşıp durur (İki 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 tanımasına 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 duygu, 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 terkedebilir. Rüyaları bile renksizleşir.

Hareket belleğinin bozukluğunda hasta hareketli bir cismi belli aralarla gözden kaybeder; caddede karşıya geçerken otomobil altında kalabilir; çünkü otomobili 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 hipermnezi denir; bu duruma genellikle akıl hastalarında rastlanır. Rain Man filminin Dustin Hoffman tarafından canlandırılan kahramanı otistikti ve çok kuvvetli bir belleği vardı.

Amnezilerin ilginç ve bazen inanılmaz yönleri vardır. Örneğin mükemmel tenis oynayan birisi, ona bu oyunu öğreteni hatırlayamaz; ama oyunda yapacağı hamleleri unutmamıştır. Piyano, keman vb. çalmak, bisiklete binmek, dansetmek, gibi otomatik hareketlerde de aynı şey olabilir. Kafa travmasına bağlı anterograd amnezide 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 dikeni batırdı. Ertesi gün aynı hastanın elini sıkmak 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 yaşıyormuş 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 birleşek" (corpus callosum=nasırsı cisim) kesilirse hayvan iki ayrı beyni varmış gibi davranır. Aynı durum insan için sözkonusu olduğunda, örneğin elleri karşıt işler yapmaya çalışabilir: Biri düğme iliklerken öteki çözmek ister. Uyarılara karşı beynin bir yarısına başka, öteki yarısına başka türlü tepki göstermek öğretilebilir. 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 cismi gösterebilir. Resim soldan tutularak sağ beyine gösterilirse hasta bunları tam yapamaz; çünkü sağ beyin cismi görür; fakat tanıyamaz. Beynin bir yarısı öteki yarısından habersizdir (ayrık beyinler). Büyük birleşeği 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 hatırlanamamasına 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 (denizatı) lezyonları da benzer sonuçlar verir. Bir maymun bir muzu bir defada bir iskemlenin üzerinde görmüşse hep o iskemle üzerindeki muzları almaya eğimlilidir; hem iskemle, hem masa üzerine muz konulsa yalnız iskemle üzerindeki muzları yer. Denizatı lezyonlarında cismin yerini tanıma yeteneği kaybolur; maymun hem iskemle, hem masa üzerindeki muzları yer.

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

Yüzleri Hatırlamak

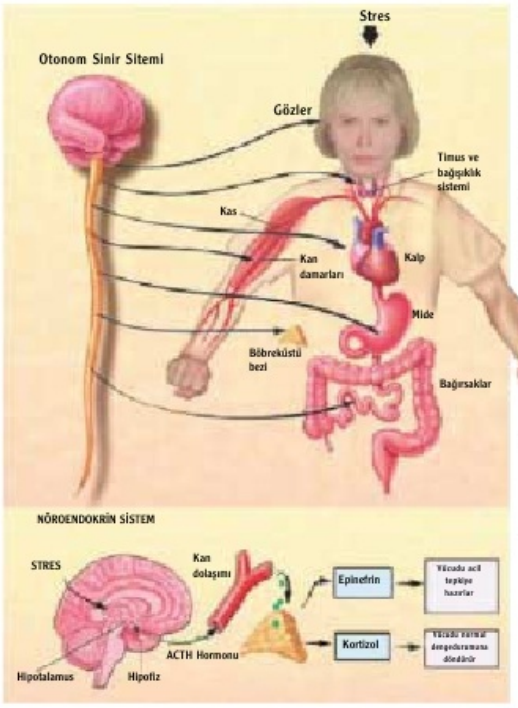
Tanıdık bir yüzü görür görmez hatırlarız. Beynimizin yüz tanıma alanları cisim tanıma alanlarından farklıdır. Bir yüzü inceleyen beyin, derhal o yüzle ilgili bir çok ayrıntıyı kaydeder; cinsiyet, yaş, ırk, duygu içeriği (neşeli, hüzünlü, asık vb), fizyonomik değişmezler (bir yüzü kendine özgü yapan anatomik 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. Poncet'nin bir hastası, kendisine gösterilen fotoğrafların kendi yüzüne ait olduğunu farkedemiyordu. Tıpta bu hastalığa "prosopagnozi" deniyor. Prosagnozi 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 yayınlanmıştır.

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 arttırıyor. 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 bir 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. Sinirlendiğimizde, 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 artıyor 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 ritmin 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

Yafl ilerledikçe beyinde de baz› de¤ifliklikler meydana geliyor. Tüm organlar gibi beyin de yafl- lan›yor. Ancak beynin di¤er organlardan farkl› bir yönü var. Tüm organlar›n verimlili¤i yaflla azal›rken beynin verimlili¤i devam edebiliyor, hatta artabiliyor. Ünlü ressam Picasso, fizikçi Einstein, müzisyen Verdi en önemli eserlerini yafll›l›kta verdi. Beynin performans›n› etkileyen önemli faktörlerden biri, depolanan bilgiler. Za- manla artan bilgiler yeni nöron ba¤lant›lar›na ve mesajc› molekül salg›lanmas›na yol açarak beyni yeniden yap›land›r›yor. Beyin, kendisini koflullara göre de¤ifltirebilme ve her an yap›land›rma özel-

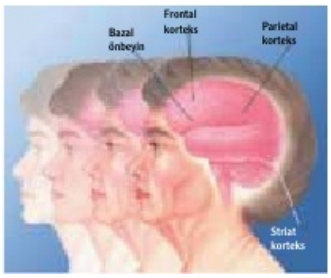
olarak ö¤renmek zorlafl›yor. Yap›lan çal›flmalar- da, gerekli koflullar

olufluturuldu¤unda yafll› fare- lerde yeni nöron ba¤lant›lar›n›n geliflebildi¤i göz- lendi. Yeni oluflan bu ba¤lant›lar›n say›s› ve beyin kanlanmas›, genç farelerdeki kadar olmasa da, beynin her yaflta kendini gelifltirebilece¤ini göste- riyor. Yafla ba¤l› olarak beyinde görülen “de- mans” (bunama) ve Alzheimer gibi hastal›klar, beyin ifllevlerini ciddi ölçüde bozuyor. Bu hasta- l›klar unutkanl›k ve düflünce bozuklu¤una yol aç›- yor. Genellikle ileri yafllarda görülen bu hastal›k- lar 65 yafl›n alt›ndaki insanlar›n %1’ini etkiler- ken 85 yafl›n üzerindekilerin yar›s›n› etkiliyor.

Beyin yafllanmas›n›n mekanizmas› tam olarak bilinmiyor. Zamanla baz› yafllanma genlerinin ak- tif hale geçerek hücre ölümüne yol açt›¤› düflünü- lüyor. Hücre DNA’s›nda meydana gelen bozulma- lar ya da hücre içinde biriken zehirli at›klar, yafl- lanman›n di¤er nedenleri olabilir. Neden ve me- kanizma ne olursa olsun sonuçta nöronlar›m›z yafllan›yor. ‹nsan beyni, a ¤›rl›¤›n›n en üst düzeyi- ne 20 yafllar›nda ulafl›yor. Yafl ilerledikçe bunun yaklafl›k %10’unu kaybediyor. Ancak nöron kay- b› yafllanmay› aç›klayan bir mekanizma de¤il. Genç insanlarda da nöron kayb› görülüyor; ancak bu beyin ifllevlerini önemli ölçüde etkilemiyor.

li¤ine sahip. Bu özellik sayesinde insan beyni kendini her an gelifltiriyor. Beynin yafllanmas›yla baz› ifllevler gerilerken baz›lar› da gelifliyor. Yeni

Nöron, gövdesi ciddi bir hasar görmedi¤i sürece kendini onar›p, akson denen uzant›lar›n› geliflti- rebiliyor. E¤er gövde yok olursa di¤er nöronlar



bilgiler ö¤renmek zorlafl›rken, artan bilgi da¤ar- c›¤›na ba¤l› olarak eski bilgiler daha iyi de¤erlen- dirilebiliyor. Bu nedenle yafll› insanlar›n de¤er- lendirmeleri birçok kez gençlere göre daha do¤- ru olabiliyor.

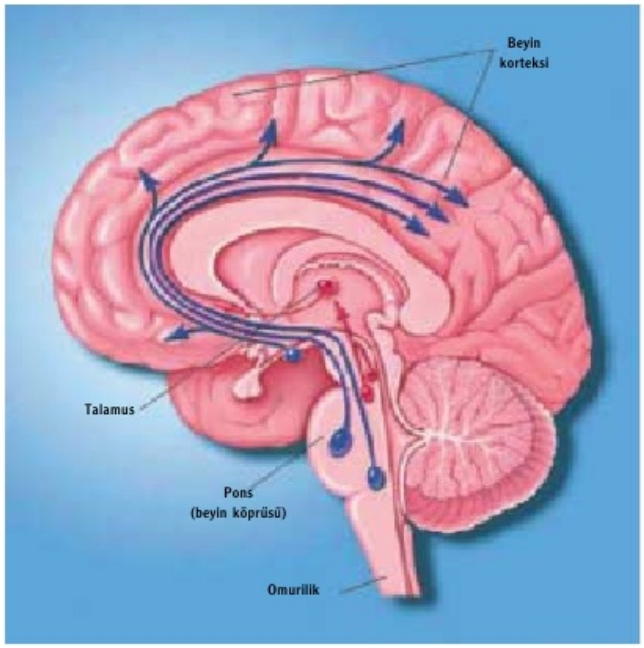
Yafl›n ilerlemesiyle beyin ifllevlerinde gözle- nen ilk de¤ifliklikler, unutkanl›k. Özellikle yak›n haf›zada zay›flama oluyor. Yaflla birlikte görülen

yeni ba¤lant›lar oluflturarak onun ifllevini üstlene- biliyorlar. Kaslar›m›z gibi, beynimizin düzenli ola- rak çal›flmas› bu ba¤lant›lar›n korunmas› ve ço- ¤almas› aç›s›ndan önemli. Beynimiz için en iyi egzersiz, yeni bilgiler edinmek ve düflünmek. Ya- ni, kitap okumak, araflt›rmak beyni zorlamak önemli. Düzenli yap›lan egzersizler de beyin da- marlar›n›n daralmas›n› geciktiriyor ve beynin kan

unutkanl›k bir hastal›k de¤il. Zamanla yeni nöron ba¤lant›lar› oluflturmak güçlefliyor ve buna ba¤l›

ak›m›n› art›r›yor.

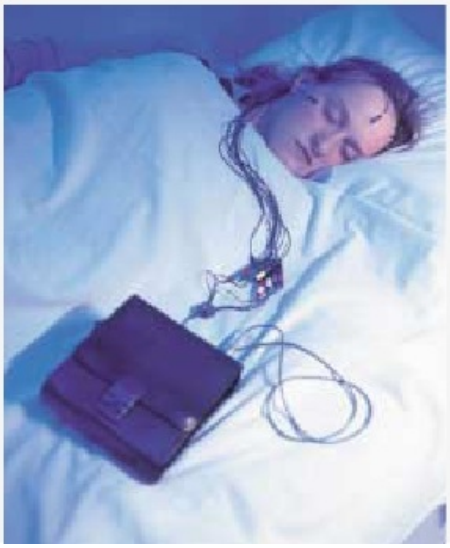
Beynin kuvve



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 beynin çalışmasının yavaşladığı ya da durduğu, böylece beynin dinlendiği sanılıyordu. Ancak 1950'lerden sonra durumun böyle olmadığı anlaşıldı. Uyku, beynin 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-

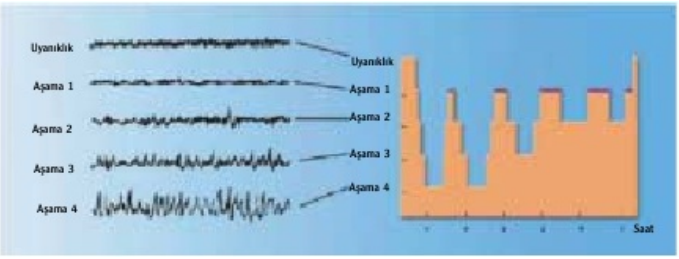
Uykunun Denetimi

Uyanık kalmak beyindeki iki farklı sistemin salgıladığı mesajcı moleküllere bağlı. Uyanık kalmayı sağlayan ilk sistem, "asetilkolin" adlı bir mesajcı molekülün, beynin alt kesimlerinde bulunan talamusu uyarmasıyla işlevini yürütüyor. Uyarılan talamus, korteks denen beynin 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. Uyanıkken 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 sırasındaysa 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 merkezleri baskılayarak uykumuzu getiriyor. Bu bölgede meydana gelen bir hasar, uykusuzluğa yol açıyor. Hipotalamusun yan tarafında bulunan ikinci grup nöronlarsa 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 rölantiye alması.

et afl›s›: Uyku



c› ve vücut ›s›s› düflüyor. Bu s›rada

uyand›r›lan kifliler rüya tan›mlam›yor, ancak baz› imajlar gördüklerini ifade ediyorlar. Bu evrede yavafl olan beyin dalgalar›, evrenin sonunda h›zlanma- ya bafll›yor. Yeni evrede beyin dalgala- r›n›n h›z›, uyan›kl›ktaki dalgalar›n h›- z›nda. Göz hareketleri h›zlan›yor, vü-

cutta tam bir gevfleme oluyor ve solu- num kaslar› d›fl›ndaki kaslar adeta felç durumuna geçiyor. H›zl› göz hareket-

lerinin oldu¤u bu evreye "REM" uyku- su deniliyor. Rüyalar temelde bu evre- de görülüyor. REM uykusu s›ras›nda kan bas›nc›, vücut ›s›s› ve kalp at›flla- r›nda oynamalar oluyor. Erkeklerin cinsel organ›nda ereksiyon, yani sert- leflme bu evrede görülüyor. Bu evre ilk olarak 15 dakika sürüyor. Bunu

tekrar yavafl dalga evresi izliyor. Gece boyunca bu evreler birbiri ard›na geli- yor. Bu evreler ortama 100 dakikada bir tekrarlayarak

devam ediyor. Gide- rek yavafl dalga evresinin derinli¤i azal›yor ve REM’in süresi uzuyor; ta ki uyanana kadar. ‹nsan hayat›n›n de- ¤iflik dönemlerinde, bu uyku evreleri

de¤iflime u¤ruyor. Örne¤in, bir bebek genellikle günün 18 saatini uyuyarak geçiriyor. Bu uykunun ço¤u derin bir yavafl dalga evresinde geçiyor. Erifl- kinlerse genellikle günde 6-7 saat uyu- yorlar. Bu uykununsa çok az bir k›sm› yavafl 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 uyku sağlasa da yavaş dalga evresinin derinliğini azalttığı için tam olarak kaliteli bir uyku sağlayamıyor.

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

"Uyku apnesi" denen başka bir hastalıksa 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 uyku evresine hiç geçemiyor. Uyku apnesi, ani kan basıncı yükselmelerine yol açarak uykuda kalp krizi riskini artırıyor. Gece uykusunu alamadığı için bu kişiler gün içinde sürekli uyukluyor 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 yapılaması gereken, kilo vermek. Uyku öncesi alkol ya da sakinleştirici ilaçların kesinlikle alınmaması gerekiyor. Uyku 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 uyku evresine giremiyor ve gece boyunca ani kasılmalarla uyanıyorlar. Tedavisindeyse Parkinson ya da epilepsi (sara) hastalığında kullanılan ilaçlar veriliyor.

Beynin ilginç bir hastalığı da "narkolepsi". İnsanın 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. Oturdukları yerde, ayakta ya da araba kullanırken rüya görüyorlar. Bu durum çok ciddi sosyal ve hayati sorunlara yol açıyor. Narkolepsi hastalığı olanların kasları, uyanıkken bile aniden REM uykusundaki gibi gevşeyebiliyor. Tüm kasların bu ani ve geçici felç durumuna "katapleksi" deniyor. Oldukça tehlikeli olan bu durum, gülmek, üzülmek gibi herhangi bir duygusal anda ya da yürürken oluşabiliyor. Yapılan yeni bir çalışma narkolepsi hastalığının mekanizmasını bir ölçüde aydınlattı. California Üniversitesi'nde yapılan bu çalışmada narkolepsi hastalarının beyninde "hipokretin" denen bir mesajcı molekülün düzeyinin, normale göre %85 oranında daha az olduğu bulundu. Normal insan beyninde 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.

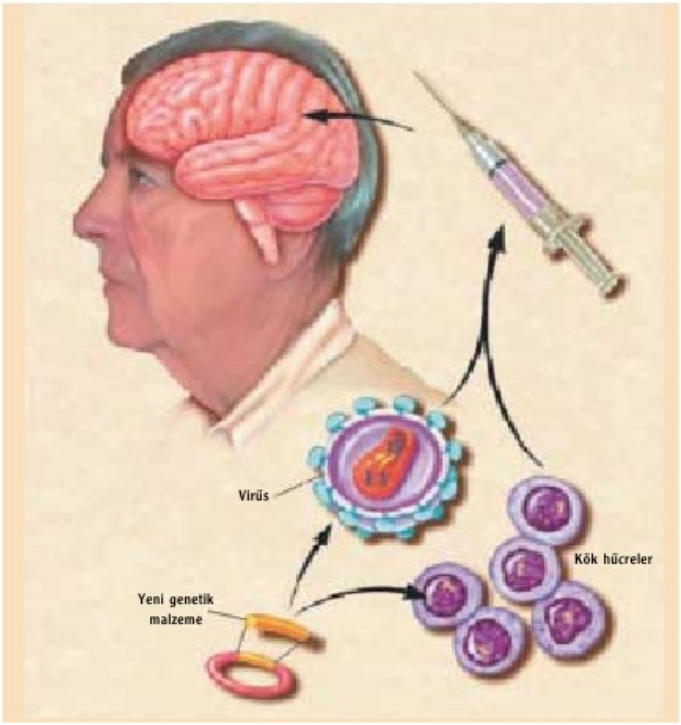


YENİ TEDAVİ YÖNTEMLERİ

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 "astrositler", ve nöron uzantılarını sarıp iletinin düzgün gitmesini sağlayan "oligodendrositler". Laboratuvarda üretilen yaklaşık 3 milyon kadar hücre daha sonra kan dolaşımına veriliyor. Farelerde yapılan deneylerde, kök hücre enjeksiyonu sayesinde, hasara uğramış hücrelerin %80'i onarılabiliyor. Bu hücrelerin hasarı nasıl onardıkları tam olarak bi-



linmiyor.

Olas ›l ›kla kök hücreden elde edilen farkl›laflmam›fl hücreler, gittikleri bölgenin gereksinimlerine göre yap›lan›yor ve hasarl› hücrelerin yerini al›yorlar.

Kök hücrelerden elde edilen si- nir hücrelerinin, beyin hasar›ndan sonraki ilk 24 saat içerisinde veril- mesi gerekiyor.

Bu süre içerisinde verilen hücre- ler çok daha çabuk ve etkili bir flekilde hasarl› hücrelerin yerini al›- yor, böylece tedavi baflar›s›

art›yor. Deney aflamas›nda olan bu yön- tem henüz klasik tedavi program›- na al›nmad›. Belki de önümüzdeki 10-20 y›l içerisinde beyin ve omuri- lik zedelenmelerinde, ya da hücre hasar›na yol açan di¤er sinir siste- mi hastal›klar›nda kullan›labilecek.

B‹L‹M ve TEKN‹K 18 Eylül 18 2003

Gen Tedavisi

Beyin hücrelerindeki hastal›kla- r›n bir k›sm› genetik flifredeki bo- zuklu¤a, yani hücre DNA’s›ndaki de- ¤iflikliklere ba¤l›. Genetik flifredeki bozulmalar yanl›fl kodlamalara, so- nuçta yanl›fl protein sentezine yol aç›yor. Ya da tam tersine hiçbir kod- lama yap›lam›yor ve gerekli protein sentezlenemiyor. Hasarl› DNA bölü- münü yenisiyle de¤ifltirmek, yeni bir tedavi yöntemi. Görevini tam yapan yeni DNA, hücrelere gönderilerek hasarl› DNA’n›n yerini almas› sa ¤la- n›yor. Bu DNA’y› tafl›mak için kulla- n›lan teknikte yeni DNA parças› bir virüsün içerisine yerlefltiriliyor ve vi- rüs kan dolafl›m›na veriliyor. Beyin hücrelerine ulaflan bu virüs, hücre

içine giriyor, kendi genetik flifresini hücre çekirde¤ine göndererek bu- nun hücre DNA’s›yla bütünleflmesini sa¤l›yor. Hücre DNA’s›n›n aras›na s›- zan bu DNA, art›k istenilen yeni pro- teini kodluyor. Bu teknikte genellik- le DNA tafl›y›c›s› olarak adeno ve herpes virüsler kullan›l›yor. Labora- tuvar koflullar›nda Parkinson hasta- l›¤› oluflturulan maymunlarda yap›- lan bir çal›flmada, gen tedavisinin ya- rarlar› gösterildi. Bu maymunlara enjekte edilen bir genin,

Parkinson hastal›¤›ndan sorumlu bölgelere gi- derek buradaki hücrelerde dopamin sentezini art›rd›¤› gözlendi. Kanser de dahil olmak üzere birçok hastal›k için umut kayna¤› olan gen tedavisi, beyin ve sinir hastal›klar›n›n tedavi- si için de önem tafl›yor.

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 aktarılarak hastalıkların iyileştirebileceği 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 evresindekine 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 diş 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 kullanılamıyor. Hipnozun diğer bir özelliği de kişinin o anı hatırlamaması. 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. Uyandığında 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 tutulası gerekiyor.

Beyin Nakli

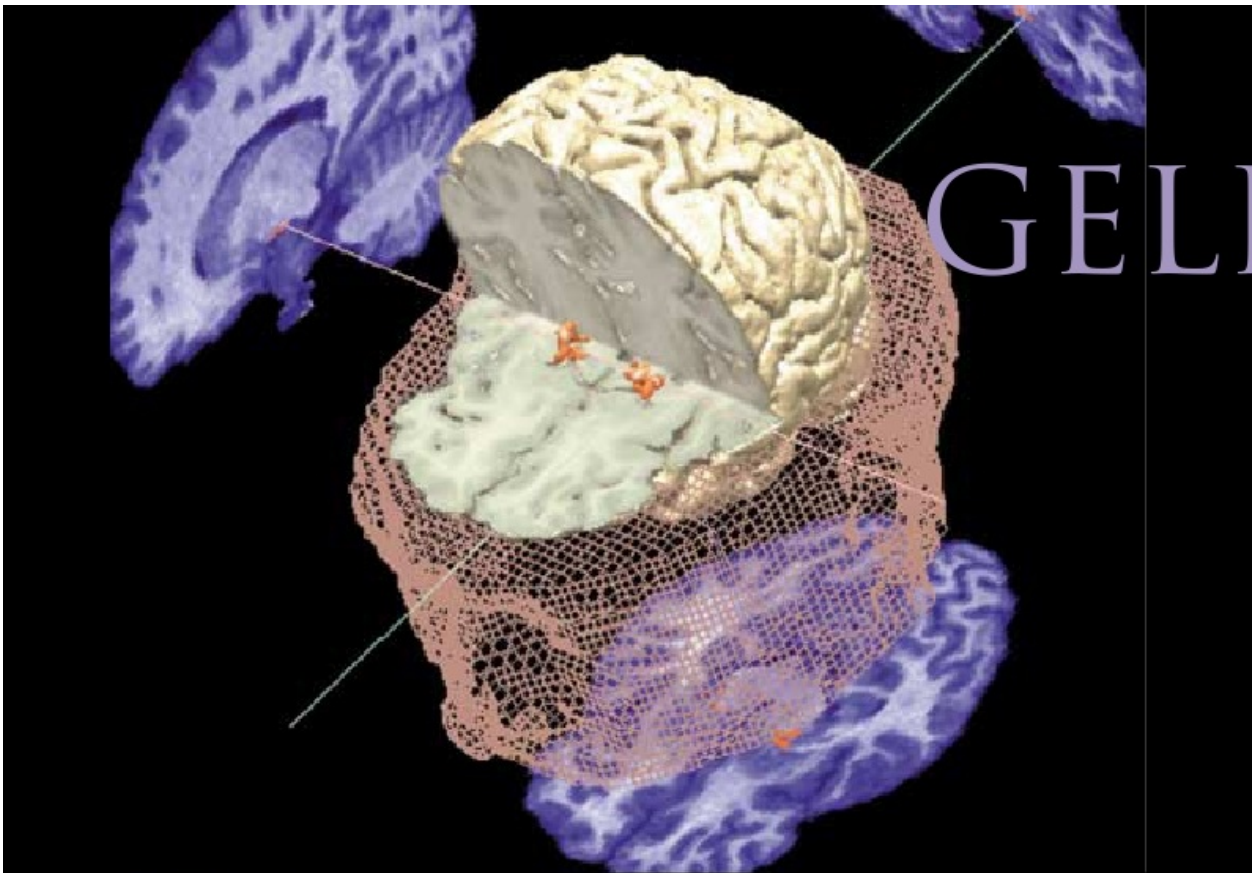
Beynin, halen tedavisi tam olarak yapılamayan birçok hastalığı bulunuyor. Beynin bazı bölümlerinde "dopamin" salgılayan hücrelerdeki bozukluğa bağlı ortaya çıkan Parkinson hastalığı günümüzde birçok orta yaş üzeri insanı etkiliyor. Beyindeki bir proteinin anormal yapımına bağlı olarak bazı nöronların 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, beynin 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 köpeklere 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 laboratuar 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 uygulanabileceği 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. Geçmişi 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 hücresi bulmak mümkün olmayabiliyor. Bu nedenle hayvan beyin dokusu da nakil işleminde kullanılabiliyor. 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 hücrelerinin işlevlerinin insanınkinden farklı olması da ayrı bir sorun olarak gösteriliyor. Domuz nöronları insan beynine uyum sağlamayabilir. 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 beyinden 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 dönüştürülebiliyor. 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 kullanılabiliyor. 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.

Gele



GEL

YAPILAN 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 kurulamadı. 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. Issız 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 olabiliyor. Örneğin, bir yakınını 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 genellikler kadınlarda bulunuyor. Bunun nedeni, belki de kadınların davranış ve düşüncelerinin, erkeklere kıyasla duygusal temellere daha çok dayanması. Aile bireyleri, birbirini çok seven aşıklar ya da ikizler arasında da telepatik iletişimler 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 göreyse bizden yayılan manyetik dalgalara bağlı. Sonuç olarak telepati, beyinden yayılan dalgalarla ilgili görünüyor. Bilimsel temelleri şimdilik tam açıklanamamış olsa da, hiçbir enformasyonun olmadığı ve beynin 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 beynin 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

ece¤in

ECEĞİN BEYNİ

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



Beyin araştırmalarının en önemli hedeflerinden biri, hastalıkların iyileştirilmesi; diğeriyse işlevlerin geliştirilmesi. Öğrenme ve hafızanın geliştirilmesi bu işlevlerin en önemlisi kabul ediliyor. Bir sayfa dolusu bilginin toplamı 300 birim kabul edilecek olursa, 20 milyon kitabın bulunduğu bir kütüphanedeki bilgi 2 trilyon, beynin bilgi kapasitesiyse 2,5 trilyon kabul ediliyor. Geleceğin beynini oluşturmak için milyonlarca yıllık evrimi beklemek gerekmeyecek. Beyindeki hafızadan sorumlu merkezlerin ve moleküllerin keşfiyle, öğrenmenin moleküler yapısı aydınlatılıyor. Bu hücrelerin beyninden yayılan elektriksel dalgaları değil, çeşitli doğa olaylarının meydana getirdiği elektromanyetik enerji dalgalarını da algılıyor olabilir. 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 merkezse henüz gösterilebilmiş değil. Beyindeki birçok bölgenin işlevinin daha aydınlatılamamış olduğu düşünülecek olursa, telepati ve altıncı histen sorumlu, olasılıkla çok az gelişmiş ya da tam aksine çok karmaşık olan bir merkezin bulunması, daha uzun bir süre alacağa 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, feromon 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 molekülleren 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 verişi, yerleşim sınırlarının çizilmesi gibi birçok mesele bu moleküller sayesinde çözüme kavuşturuluyor. İnsanlar arasındaki telepatik haberleşme, bazı doğa olaylarını önceden sezinleme gibi olayların temelinde bu feremonlar 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 olabilecek. 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 eğitimle geçirdiği düşünülürse, bu tür gelişmelerin insana ne kadar zaman kazandıracağı ortada. Günümüzde, öğrenmeyle harcadığımız zamanı azaltmak için, uyku bile değerlendiriliyor. Uyku sırasında beyine gönderilen sinyallerle, öğrenme ve belleğin geliştirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılıyor. Önümüzdeki yıllarda yeni bilgiler edinmek için kitap okumaya gerek kalmayabilir. Gerekli bilgi beyine uyku sırasında gönderilerek gün içinde uyanık kaldığımız süre, öğrenilen bilgilerin kullanılması ve hedeflerin geçekleşmesi için değerlendirilebilir.

Henüz beyine bilgisayar yerleştirmek gibi değişiklikler yapamasak da, artık beyin dalgalarını kullanabiliyoruz. Cisimlerin beyin dalgalarıyla hareket ettirilmesi olarak bilinen "telekinezi", 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 denizaşırı ülkedeki yakınımızın sesini duymak ya da İnternet sayesinde yazdığımız mektubu çok uzaktaki dostumuzun anında okuması, birer hayaldi. Benzer şekilde, henüz kablo sistemiyle algılanan beyin dalgaları da kablosuz 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 zaman 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 beyine 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 uykuyla 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 hipokampusta tekrarlanan bilgiler, uzun süreli belleğe atılmak üzere beynin üst merkezlerine gönderiliyor. Tekrarlanmayan bilgiyse 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 gözlendi. 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 alıcılarla ölçülebiliyor. 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 görülüyor 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 eşgüdümlü 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 sonrasındaysa alfa ve teta dalgalarını iyice baskılayıp beta dalgalarına kendimizi alıştırmaya çalışıyoruz. Beynin zıt 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 çırpmak gibi basit hareketler sırasında elde edilen beyin dalgaları bilgisayar tarafından analiz edilerek sinyallere, bu sinyaller 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 çalışmaları 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 ayırımını yapıyor ve hangi dalganın hangi harekete ait olduğunu kısmen de olsa söyleyebiliyor. Tabii tüm dalgaların çözümlemisini 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 çalışmadaysa 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 yaklaşılıyor. 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 değiyor.

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 ellerindeki 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 gediğinde bunu yalnızca düşünerek hedefe yönelttiler. Böylece ellerini hiç kullanmadan oyunlarına devam edebildiler.

Bilgisayar programlarının geliştirilmesi sayesinde beyindeki dalgaların hangi merkezden ve ne amaçla yayıldığı daha iyi anlaşılabilecek. 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 dönüştürülebilecek. 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 kablolara 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 bir 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.