

Belleğin Elektriği

Bellek düşüncelerimizin altın madenidir. Geçmişimizle bugünümüzü birleştirerek kişiliğimizi yaratır. Belleği yok olan insan kişiliğini yitirir ve usavurma yapamaz. Beyinde, eskiden sanıldığı gibi belli bir bellek merkezi yoktur; beyin bütünü uygulamalı ve kuramsal öğrenime katılır. Öğrenim ve bellek çok yakından ilgilidir; bellek olmadan öğrenme olamaz. Anılar donmuş imgeler değil, hayalimizin ürünleridirler. Hayal edilerek bilince çağırılırlar. Unutuşsa beyin gereksiz ayrıntıları atarak yeni anılara yer açmasını sağlayan doğal bir savunma mekanizmasıdır. Kafa travması, beyin damar hastalıkları, alkolizm, uyuşturucu ve sakinleştirici ilaç alışkanlığı, depresyon, beyin yorgunluğu, stres gibi etkenler patolojik unutkanlık yapar. Unutmada pek çok öge rol oynayabilir. Anılarımızıysa beynimizde her saniye gerçekleşen çok duyarlı elektrokimyasal süreçlere borçluyuz.

BEYNİN BAZI ALANLARI bellekte önemli rol oynarlar: denizati (hipokampus), bademsi çekirdek (amigdala), koku kabuğu (rinal korteks-parahipokampus), siyah cisim (substantia nigra), çizgili cisim (corpus striatum), talamus, alın lobu ön alanları, şakak lobu iç (medial) kıvrımı, dilsel kıvrım (girus lingualis), iğsi kıvrım (girus fusiformis), mememsi cisim (corpus mamillaris) ve limbik sistem.

İlkel hayvanlarda bile bellek vardır. Bir terliksi hayvan besine batırılmış bir tele doğru yüzmesini öğrenir; bu öğrenimden geçmemiş terliksi hayvanlar tele doğru yüzmezler. Bir yer so-

lucanı bir labirentde elektrik şoku vermeyen yollara dalmayı öğrenir. Bir ahtapot, iki geometrik şekli birbirinden ayırtedebilir. Bir şempanze ormanda en lezzetli meyvelerin nerede ve ne zaman bulunacağını daima hatırlar. Köpekler yere gömdükleri kemiklerin, kargalar ve sincaplar kışa hazırlık olarak toprağa gömdükleri tohumların yerini daima hatırlarlar. Göçmen kelebekler, kuşlar ve memeliler yollarını bulmada hiç güçlük çekmezler. Fakat insanda bellek doruklara çıkmıştır. Bellek gücü özel çalışmalarla artırılabilir; bir üniversite öğrencisi 1 yıl her gün 1 saat çalışarak 80 basamaklı bir sayıyı hatırlama gücüne erişmiştir. Ar-

turo Toscanini belleğinde 250 orkestra parçasının ve 100 operanın notalarını tutardı. Matematikçi Alexander Aitken 17 yaşındayken π sayısının 1000 basamağını ezberlemişti; 4 basamaklı bir sayının karesini akıldan 5 saniyede alıyordu; sonraları Edinburgh'da matematik profesörü oldu. Euler pekçok teorem ve formülü ezberde bilirdi. Bir satranç ustası tahta üzerindeki bir satranç pozisyonuna kısa bir göz attıktan çok sonra bile onu eskisi gibi dizebilir. Bazı satranç büyük ustaları 50-60 kişiyle satranç oynayıp bu maçların hepsini kazanabilmiştir (Capablanca, Portish vb.).

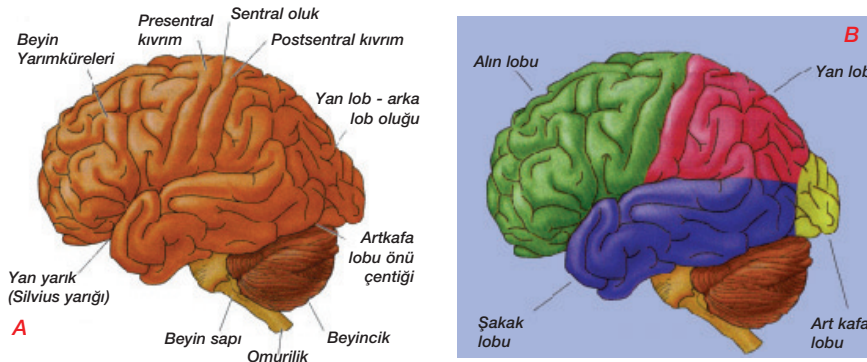
Bellek Tipleri

Bellek çok çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır.

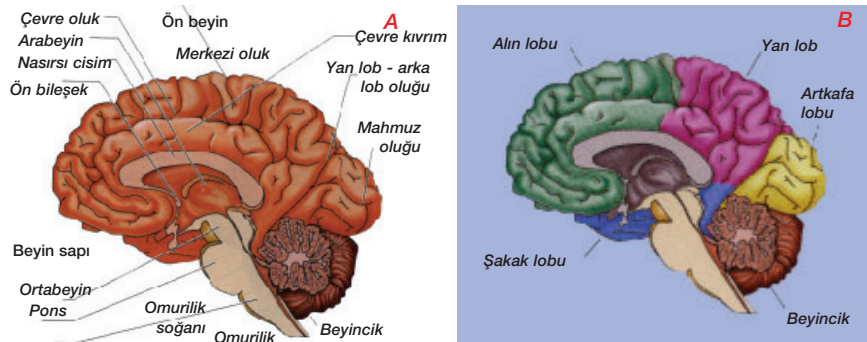
1) **Anlık bellek:** Gördüğümüz ya da duyduğumuz bir şeyi önceden biliyorsak, en geç 1-2 saniye içinde algılar ve tanırız. Merkez: Art kafadaki görme ve şakak lobundaki işitme merkezi.

2) **Epizodik bellek:** Kişisel anılarımız; hayatımızın tarihi. "Geçen hafta kardeşimle bir Çin lokantasında yemek yedim", "Onu bir ilkbahar günü tanıdım" derken uyanan anılarım. Bu belleğin kaybı amneziye neden olur; geçmişimizi unuturuz.

3) **Çalışma belleği (birincil bellek):** Yedi cismi ya da yedi basamaklı bir sayıyı (öne ve arkaya doğru) 30 saniye hatırlayabilmek. Günlük bilişsel görevleri yerine getirirken geçici olarak gereksinim duyduğumuz küçük bilgilerin belleği, Telefon rehberine bakıp bir numarayı hatırlamak için kullandığımız bellek (numarayı he-



Şekil 1. İnsan beynine dıştan bakış. A - Başlıca kıvrım ve oluklar, B - Beynin 4 lobu



İnsan beynine içten bakış. A - Bir yarımküreye içten bakış, B - Beyin loblarına içten bakış

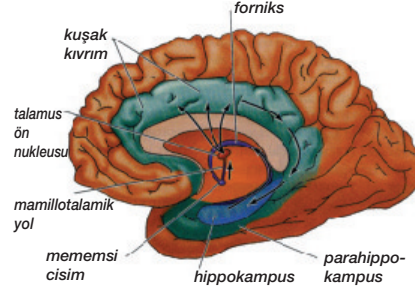
men unutturuz). Merkez: Sylvius yarığı etrafı ve alın lobu. Bu bellek olmasa konuşamaz ve kafadan hesap yapamazdık.

4) İşlevsel bellek: (İmplicit bellek, ifade edilemeyen bellek, örtük bellek): Daktilo yazmak, keman ya da piyano çalmak, otomobil sürerken debriyaj pedalına basmak, bisiklete binmek, giyinmek ve soyunmak gibi otomatik hareketlerimizin belleği. Bu belleği sözle tarif edemeyiz; ancak o hareketleri yaparak kanıtlarız. Merkez: Bademsi çekirdek, beyincik, beyinin birleştirme alanları, alın lobu, çizgili cisim.

5) Semantik bellek: Sözcüklerin anlamını ve kendimiz dışındaki dünyayla ilgili değişmez bilgileri (tarih, coğrafya, bilim, kültür)saklayan bellek. Başkentleri, başbakanları, kahramanları vb. bu bellekle hatırlarız. Yapacağımız işlerin sırasını bize bu bellek hatırlatır. Bu bellek evimizin, soğakımızın ve kentimizin haritasını saklar.

6) Algılarımızın belleği: Beş duyumuzla ilgili bellek; biçim, renk, sözcük ve yüz belleği. Koku belleği en kuvvetlisidir. Bir çörek bize ninemizi, parfüm sevdiğimiz kişiyi hatırlatabilir.

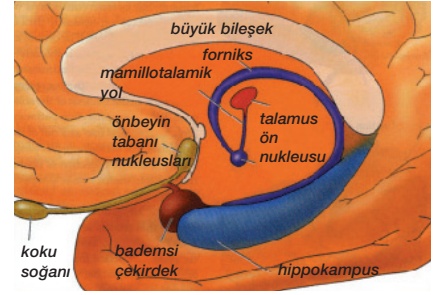
7) Uzak bellek: Çocukluğumuz, okul yıllarımız vb. Merkez: Beynin birleştirme alanları.



Şekil 2. Beyinde bellek kaybına en sık yol açan bölgeler. Limbik sistem Alzheimer bunamasında en sık patoloji gösteren bölgedir. Limbik sistem iki yarımküreyi birleştiren beyin büyük bileşegini (corpus callosum, nasırsı cisim) bir halka gibi çevreler (yeşil). Limbik sistemde hipokampus (denizati), parahippocampal kıvrım (hipokampus yanı kıvrım), ikisi arasında (burada görülüyor) koku kabuğu (rinal korteks), kuşak kıvrımı (girus cingularis) ve badem çekirdek (amigdala) vardır. Ayrıca amnezilerde forniks (kubbe kemeri), ön beyin taban çekirdekleri, talamus ve mememsi cisimlerde patoloji vardır. Limbik sistem aynı zamanda duyguların merkezidir.

Semantik ve epizodik belleğe dışı açık (eksplisit) bellek de denir; çünkü bu belleklerin içeriği söz ya da yazıyla anlatılabilir. İmplicit ve eksplisit bellek bir arada referans belleği, pekiştirilmiş bellek, ikincil bellek ve yeni bellek gibi adlarla da anılır. Bu bellek anıları dakikalar, günler ve aylarca saklayabilir. Temeli 3 sözcüğü 3-5 dakika hatırlayabilmektir. Merkez: Denizati, talamus, mememsi cisim (corpus mammillare), bademsi çekirdek (amigdala) ve beyincik.

İnsan belleği, Dales Purves ve ekibine göre iki büyük bölüme ayrılır: 1) Bilinç alanına çağrılabilen. Bu bellek yazı ve sözle ifade edilebilir. Örnekler: bir telefon numarasını, bir doğum gününü, bir alışveriş listesini, önemli olayların zamanını hatırlamak. 2) Bi-



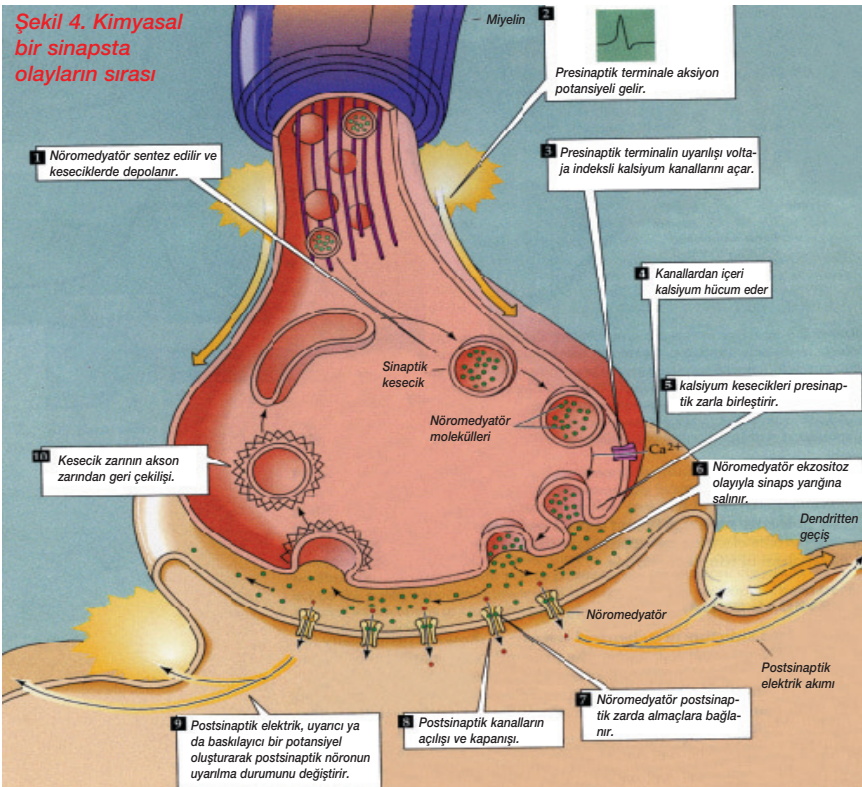
linç alanına çağrılmayan (prosedüral ya da işlevsel bellek, örtük bellek, imPLICIT bellek, ifade edilemeyen bellek): Hareket becerilerini (keman çalmak, bisiklete binmek vb.) lisanla ifade edemezsiniz; fakat bu hareketleri yaparken onları hatırlarsınız. Çağrışımlar bilinçli değildir; örneğin Mustafa Kemal denilince Kurtuluş Savaşını ve devrimleri hatırlarız. Kısa vadeli anılar, beyinin belli bölgelerindeki yoğun sinaptik-kimyasal çalışmalar sonucu kalıcı hale getirilir; belleğin pekiştirilmesi denilen bu olay da bilincimiz dışında gerçekleşir. Bilmece çözme ustalığı da bilinç dışı bir bellek gerektirir.

Unutma

İnsan beyni unutma ustasıdır. Yalnız insan değil, insanlık da unutmada ustadır: "Hafıza-i beşer nisyan ile malüldür" denmiştir (İnsan belleğinin hastalığı, unutma illetidir). Beyin henüz bilmediğimiz bir mekanizmayla bazı ayrıntıları siler. Böyle yapmasaydı belleğimiz gereksiz ayrıntılarla yüklenmiş olurdu. Belleğin her çeşidindeki anılar bir gün silinebilir; bu normal bir olaydır. Ancak şunu da belirtelim ki bazı araştırmacılar şöyle düşünmektedirler: "Öğrendiğimiz herşey hatırlamamızda kalır; yalnız bazen ayrıntılar unutulur". İnsanlar unuttuklarını sandıkları bazı şeyleri unutmazlar. Bazı insanların kriz anlarında, çocuklarında öğrenip unuttuklarını sandıkları bir yabancı dili (örneğin İtalyancayı) su gibi konuştukları görülmüştür.

Sinaps Elektrigi

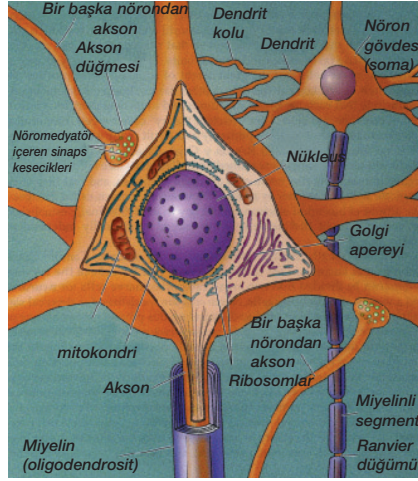
Beyinde ve omurilikte nöron denilen sinir hücreleri bulunur. Her nöro-



nun çok sayıda kısa uzantıları vardır; bunlara dendrit deniyor. Her nöronun tek ve uzun bir uzantısı vardır, buna da akson deniliyor. Akson uçları ile başka nöronların dendritleri veya gövdeleri arasındaki bağlantıya (temas noktasına) sinaps denir. Sinir sistemindeki bütün etkinlikler, bu arada bellek, nöronlarda doğan elektrik akımıyla ilgilidir. Belleği anlamak için sinapsı anlamak şarttır. Nöronla iyi iletken değildir; fakat zarlarında iyon değiş tokuşu sağlayarak sinirsel elektriği oluşturur ve iletirler. “Sinir akımı” denilen bu özel tipteki elektriksel olay metal bir iletkenindeki elektron akımına benzemez. Çok yavaş (1-200 m/san) yayılan bu akım türü, iyonlaşmanın hücre zarı boyunca ilerlemesidir.

Dokuda nasıl oluyor da elektrik doğuyor? Bunu anlamak için hücrenin içindeki ve dışındaki iyonları (başlıca sodyum, potasyum, kalsiyum (+elektrik yüklü) ve klor (-elektrik yüklü)) harekete geçiren iki öğeyi iyi anlamalıyız: 1) Difüzyon (yayınım) kuvvetleri; 2) Elektrik kuvvetleri. Difüzyonun ne olduğunu bir örnekle belirtelim. Sol kompartmanda 0.1 M tuz, sağda ise 10 M tuz var. Gerek sodyum iyonlarının sayısı, gerek klor iyonlarının sayısı sağda, sola göre daha fazla. İki kompartman arasındaki zar suya, sodyuma ve klora geçirgen olsun. Hem sodyum, hem de klor iyonları, her iki tarafta sodyum ve klor yoğunlukları eşit olana kadar, sağdan sola gidecektir; işte buna difüzyon (yayınım) diyoruz. Kompartmanın duvarları katı olduğunda zardan su geçemeyecek, yani ozmos hemen hemen hiç olmayacak.

Sulu çözeltilerde sodyum ve klor eşit hızlarla hareket etmezler; bunun nedeni etraflarında bir su “bulutu” sürüklemeleridir; sodyum daha büyük bulut oluşturduğundan daha yavaş hareket eder. klor hızla sola göç ettiğinden sol kompartman sağa göre negatifleşir. Bu voltaj farkına “difüzyon potansiyeli” deniyor. Görüyoruz ki iyon hareketleri elektrik yaratabiliyor. Soldaki klor iyonları sağdan gelen klor iyonlarını itip sodyum iyonlarını çekeceğinden, klor ve sodyum iyonlarının zarı geçiş hızları giderek birbirine yaklaşır ve nihayet eşitleşir. Bu noktada difüzyon potansiyeli sıfıra iner. Bu deneyi biraz değişmiş olarak düşünelim.



Nöron, akson ve dendritler

Herşey aynı olsun; yalnız ortadaki zar “seçici geçirgen” bir zar olup yalnız klor geçirsin; sodyum geçirmesin. Klor hızla sola geçeceğinden sol taraf hızla negatifleşecektir. Klor iyonunun hareketi, onu 2’den 1’e iten difüzyon kuvvetiyle 1’den 2’ye iten elektrik kuvveti (klor, kloru itecektir) eşitlendiği zaman sona erecektir. Bu noktada soldaki potansiyel geldiği düzeyde kalacak; ne sıfıra inecek, ne de daha artacaktır. Böylece görüyoruz ki zarın iyonlardan birini geçirmesi, diğerini geçirmemesi kalıcı bir elektrik yaratabiliyor. Böylece artık şu kuralı anlayabiliriz: “Bir iyonun bir hücre zarından geçmesi iki faktöre bağlıdır: 1) Zarın iki yanı arasındaki iyon yoğunluk farkı; 2) Zarın iki yanı arasındaki elektrik potansiyel farkı”.

Sodyum Pompası

Memeli hücreleri mükemmel bir ozmotik ve iyonik denge sağlanmış görünürler. Bir süre bunun gerçek hayvan hücrelerini temsil ettiğine inanıldı. Fakat sonra normalde hücre zarının sodyuma geçirgen olduğu anlaşıldı. Ne var ki hücre zarı sodyuma kontrolsüz derecede geçirgen olsaydı sonuç bir felaket olur, bütün hücre dışı sodyum, hücre içine hücum ederdi. Bu felaketi önleyen şey sodyum pompasıdır. Sodyum pompaları hücre zarını delip geçen proteinlerdir; hücreye giren sodyum kadar sodyumu hücre dışına pompalarlar, hücre dışına kaçan potasyum kadar potasyumu hücre içine alırlar.

Sinapslar

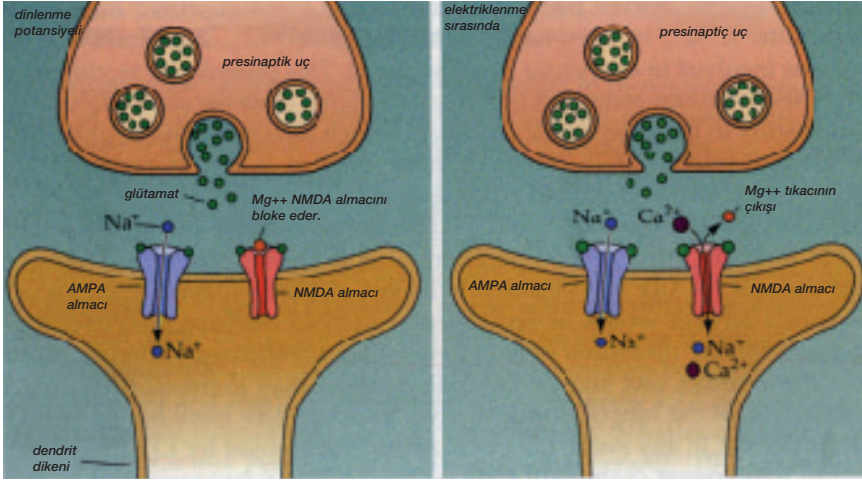
Belleği anlamak için sinapsları çok iyi anlamalıyız. 1952’de Yeni Zelanda Otago Tıp Fakültesinden J.C. Eccles ekibi önemli bir buluş yaptı: Sinaps yapısının berisindeki nöronun ötesindeki nörona geçen uyarı, nöromedyatör (NM=Sinir ileti maddesi) maddenin cinsine bağlı olarak, postsinaptik nöronda ya yeni elektrik potansiyel farkı yaratır ya da orada bulunan elektriği azaltır. Böylece iki çeşit sinaps olduğu anlaşıldı: Uyarıcı ve baskılayıcı sinapslar. Bellekle ilgili uyarılar sinapstan geçerken sinaps yapısını değiştirirler; bilgi bu şekilde sinapslarda saklanır. Yeni

Aplysia Deniz Salyangozunda Duyarlılaştırma

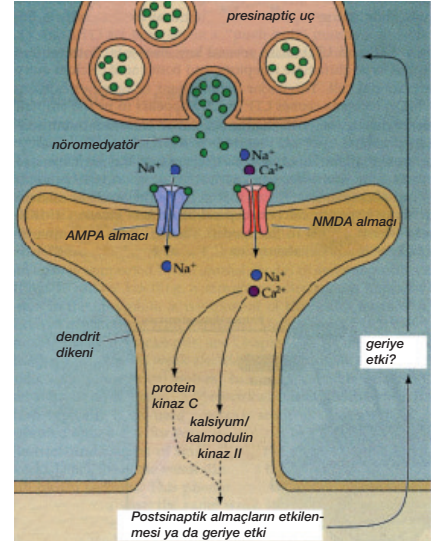
1989’da Eric Kandel ve arkadaşlarının deniz salyangozu *Aplysia californica* üzerindeki deneyleri, beyinde uzun süreli bilgi depolanmasına ışık tuttu. Kandel, *Aplysia*’da 1 ay süren duyarlılaştırma sırasında protein sentezinin arttığını gösterdi. Bu yavaş evre, ilaçlarla (antibiyotikler vb.) yokedilebiliyordu; bunlar protein sentezini azaltan ilaçlardı. Protein sentezinin artışı sırasında his nöronlarının sinaptik uçlarında şişkinlikler belirdiği gözlemlendi. Bu hayvanın beyinde yalnız 20 000 nöron vardır (en küçük memelide ise yüz milyonlarca). *Aplysia*, su çekici sifonu sıkılırsa solungaçlarını içeri çeker. Bu sıkıma birçok kez tekrarlanırsa sonunda hayvan solungaçlarını içeri çekmez. Buna alışma (habitüasyon) deniyor. Hayvan bununla bu uyarının zararsızlığını anladığını ifade etmiş oluyor. Şimdi hayvanın sifonunu sıkarken kuyruğunu da sıkalım ya da kuyruğa bir elektrik şoku verelim. Bu durumda *Aplysia* sifona en hafif bir dokun-

mayla bile solungaçlarını içeri çeker. Bu duyarlılık 1 saat kadar sürer (kısa süreli duyarlılaştırma). Bu deneyler sık sık tekrarlanırsa günler ve haftalar süren bir duyarlılık görülür (uzun süreli duyarlılaştırma). Uzun süreli duyarlılığın oluşması kısa süreli denemelerden farklı bir mekanizmayla olur. Senotonin Δ cAMP artışı Δ protein kinaz A (PKA) etkinliği şöyle devam eder; PKA bazı DNA kopyalama faktörlerini fosforilayarak etkinleştirir. Bu faktörlere CRE (cAMP responsive elements = cAMP’a yanıt veren elemanlar) deniyor. Bunlardan CREB (cAMP response element binding proteins = cAMP’a yanıt veren elemanları bağlayıcı proteinler) uzun süreli duyarlılığı sağladığı gibi öğrenmede de rol oynuyor. Meyve sinekleri CREB olmayacak şekilde mutasyon yapınca kokulara eşlik eden elektrik şokundan kaçınmayı öğrenemezler. CREB’siz fareler bazı görevleri öğrenemezler; bunlarda LTP eksikliği de olabilir.

Alışma ve duyarlılaştırmanın evrimsel önemi vardır: hayvan tek düze tekrarlayan uyarıları dikkate almaz; çünkü hayvan çevrenin sabitliğiyle değil, değişimsiyle ilgilenir. Kuvvetli bir uyarıya hayvan tarafından tehlike olarak algılanır ve bu nedenle birçok nöron aşırı etkin hale gelir.



LTP (long term potentiation = uzun süreli potansiyasyon) oluşması ve devam ettirilmesi. Postsinaptik nöron yeterince elektriklenmişse, glutamat molekülleri NMDA kanallarını açar. Kanaldan giren kalsiyum iyonları, protein kinaz C'yi ve kalsiyum/kalmodulin kinaz II'yi etkinleştirir. Bu kinaz enzimleri geriye doğru giderek presinaptik nöromedyatör salgısını artırırlar. kalsiyum ve/veya kinazlar, postsinaptik almaçların glutamata duyarlılığını artırırlar. Bunun sonucu olarak özellikle hipokampusta sinaps iletimi artar ve uzar. Bu, uzun süreli bellekle ve belleğin pekişmesiyle ilgili bir olaydır.



bir sinyal böyle bir sinapstan geçerken, sinapstaki kalıba göre biçimlenir; bu ise hatırlama olayının temelidir. Bu gibi sinapslara "plastik sinapslar" denilir.

Sinirsel uyarı bir nöronun diğerine sinapslarla geçer. Bir sinapsın 3 ana ögesi vardır: Sinaps öncesi (pre-sinaptik) nöron, sinaps yarığı ve sinaps sonrası (post-sinaptik) nöron. Uyarı sinapsa milivolt düzeyinde elektrik akımı olarak gelir ve sinaps yarığından kimyasal yolla geçer. Uyarı pre-sinaptik nöronun asetilkolin, serotonin, glutamat vb. gibi bir NM salgılanmasına neden olur. NM post-sinaptik hücre zarı üzerindeki almaçlara bağlanır; bu ise bu zaradaki kalsiyum, sodyum ve potasyum kanallarının açılmasına ya da kapanmasına neden olur. Hangi kanalların nasıl etkinleşeceğini NM belirler. Bu iyonik olaylar postsinaptik hücrede yeniden elektrik yaratırlar; böylece ileti devam eder. Presinaptik nöronun akson denilen tek ve uzun (birkaç metre olabilen) bir uzantı çıkar. Aksonun ucu düğme gibidir. Akson bir sonraki nöronun dendrit denilen saç gibi çok sayıda kısa uzantılarıyla bağlantı yapar. Her nöron ortalama 1000 sinaps yapar; insan merkez sinir sisteminde 10^{11} nöron olduğundan toplam 10^{14} sinaps vardır. Omurilikte tek bir hareket nöronuna 10000 terminal düğme yapışır (2000'i hücreye ve 8000'i dendritlere). Terminal düğme küçük bir alan kaplar; fakat o kadar çoktur ki hücre yüzeyinin % 40'ı ve dendrit zarlarının % 75'i bu düğmelerle kaplıdır. Beyin kabuğunda sinapsların %98'i dendritler ve %2'si hücreler üzerinde-

dir. Beyin ve beyincik kabuğunda uyarıcı uçların çoğu dendritlerin dikensiz çıkıntıları üzerinde son bulur.

Sinaps yarığı 20-40 nm (nanometre: metrenin milyarda biri) genişliktedir. Pre-sinaptik uçta çok sayıda mitokondri ve 3 çeşit vezikül (sıvı dolu kesecik) vardır. Terminal düğmede sürekli bir devir vardır:NM içeren veziküller "ekzositozla" dışarı atılır, "endositozla" geri alınır, endosom içine girer, buradan tomurcuklanarak ayrılır, yeniden NM ve ATP (adenosin trifosfat) alır, zara yanaşır ve yeniden dışarı boşalır. Sinirsel elektrik terminal düğmeye gelince kalsiyum kanalları açılır ve hücre içine kalsiyum hücumu, NM yüklü vezikülün ekzositozla sinaps yarığına atılmasını sağlar.

Sinapsların Değişkenliği

Nöron elektriği kısa süreli, ani voltaj değişimleri gösterir; her postsinaptik voltaj değişimi, sinaps yarığına NM'ler salgılanışına ve bir uyarının geçişine karşılıktır. Bazı sinapslarda uyarı geçerken postsinaptik nöronun voltaj yükselir (uyarıcı sinapslar); bazı sinapslarda uyarı geçerken postsinaptik voltaj düşer (baskılayıcı sinapslar). Sinapsın cinsini NM belirler. Baskılayıcı bir NM, postsinaptik nöronun ateşleme yapmasını engeller; uyarıcı bir NM ise postsinaptik nöronu ateşler. Bir nöron birden fazla (bazen binlerce) nöronla sinaps yapmışsa gelen uyarılar birbirine eklenir. Peşpeşe uyarı verilmesi sinaps voltajını artırır. Milisaniyelerce süren en kısa sinaps kuvvetlen-

mesine "kolaylaştırma (fasilitasyon)" deniyor. Saniyelerce süren sinaps kuvvetlenmesine "sinaps ogmantasyonu" ve dakikalarca süren "sinaps kuvvetlenmesine", "potansiyasyon" denmektedir. Bu son iki sinaps kuvvetlenmesi, presinaptik nörona birkaç saniyede yüzlerce elektrik uyarı verilmesini gerektirir. Çok sayıda aksonun aynı nörona gelmesi böyle etki yaratır. Her üç kısa süreli sinaps kuvvetlenmesi de (fasilitasyon, ogmantasyon, potansiyasyon) uyarı sırasında presinaptik nörona giren kalsiyumun kalsiyum pompalarının yeterince dışarı atılmayışındandır.

Kalsiyumun birikmesi NM veziküllerinin zarla birleşmesini ve NM sentezini hızlandırır; bu şekilde sinaps yarığına dökülen NM artar. Bu olayın vücuda yararı şudur: en fazla uyarı alan nöronlar en yüksek voltaja erişir ve en fazla NM yaparlar; bu şekilde bu gibi nöronlar "sözünü dinletir" hâle gelirler; beyin o anda en önemli etkinliklerin neler olduğunu bu yolla anlamış olur.

Beyin o an için kendisine gerekmeyen uyarıları "sinaps depresyonu" yoluyla zayıflatır; bunda da sinapsa peşpeşe uyarılar gelmesi rol oynar. Bu, sinapslarda NM salgısının giderek azalması demektir.

Selçuk Alsan

Kaynaklar:
Psychol. Bull. 1999, 125: 800-25
Rev. Neurosci. 1999, 10: 267-78
J Neurol. Neurosurg. Psychiatry 1999, 67: 140
Rev. Neurosci. 2000, 11: 113-25
Ann. Med. 1999, 31: 380-7
Science 2000, 287: 248-51
Neuron 1999, 24: 295-8
Neurobiology, G. G. Matthews, Blackwell Co., 1998
Neuroscience, Dale Purves et al., Sinauer Ass. Co, 1997
<http://www.hcs.harvard.edu/~hst/hst/winter97/amnesia.html>
<http://130.14.32.49/cgi-bin/VERSION-A/IGM-client?239+records+1>
<http://www.macqs.mq.edu.au/~max/Memory/>