

Hafıza ve Öğrenme

İnsan, bilinen canlı türleri arasında en gelişmiş beyne sahiptir. Konuşabilme özelliği bile tek başına insan beyninin ne kadar gelişmiş olduğunun kanıtıdır. Orantısız olarak vücudun küçük bir bölümünü kaplasa da, toplam enerjinin beşte biri beyin tarafından kullanılır. Hafızası en güçlü olan ve en fazla öğrenme yetisi-ne sahip olan canlı insandır. Öğrenme ve hafıza konusunda ilk bilimsel deneyler 1885 yılında Hermann Ebbinghaus, birkaç yıl sonra da Ivan Pavlov ve Edgar Thorndike tarafından yapılmıştır. Pierre Paul Broca adlı bir bilim insanı 1863 yılında, beynin belli bir bölgesindeki hücre kaybının konuşma işlevinin kaybına yol açtığını gösterdi. Şiddetli epilepsi (sara) nöbetleri geçiren bir hastada, tedavi amacıyla beynin orta bölgesindeki bir bölgenin çıkarılması, hafıza ve öğrenme konusunda yeni bir çığır açtı. Beynin iç kısmındaki, hipokampus denilen bölgesi çıkarılan hastanın epilepsi nöbetleri geçti ve düşünme (entelektüel) yetisinde belirgin bir değişiklik gözlenmedi. Buna karşın hasta kahvaltıda ne yediğini dahi hatırlayamıyor, hastanede yolunu bulamıyordu. Uzun yıllardır tanıdığı doktorunu, geçmişte olan olayları hatırlıyor ancak yakın zamanda olanları kesinlikle hatırlamıyordu. Ek olarak bu hasta, yeni şeyler öğrenemiyor ancak daha önce öğrendiklerini uygulamakta zorluk çekmiyordu. Bu tecrübe bilim insanlarına hafızanın merkezi ve türleri hakkında önemli ipuçları verdi.

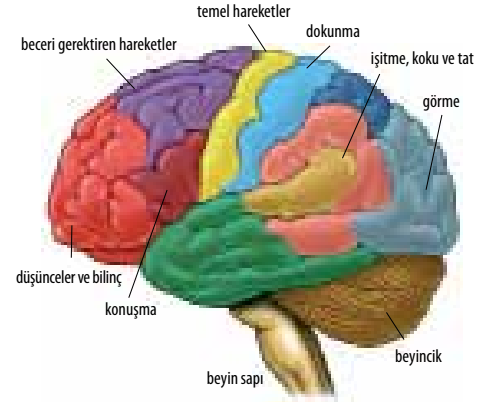
Hafıza, kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere ikiye ayrılır. Kısa dönem hafıza, bilgilerin birkaç saniye ile birkaç dakika kadar bellekte tutulmasıdır. Çalışma hafızası olarak da adlandırılan bu hafıza anlık işleri yapmak için kullanılır. Biraz sonra çevireceğimiz yeni bir telefon numarasını veya bir kere göreceğimiz bir kişinin ismini kısa bir süre aklımızda tutmak için bu hafızayı kullanırız. Kısa süreli hafızadaki bilgiler, onlara ihtiyacımız kalmadığında kaybolur, yani unutulur. Uzun dönem hafızaysa, bilgilerin birkaç ay veya ömür boyu bellekte tutulmasına denir. Hafıza, açık hafıza (deklaratif) ve kapalı hafıza (deklaratif olmayan) olarak da sınıflandırılır. Kişiler, varlıklar ve olaylarla ilgili bildiklerimiz açık hafızada depolanır. Derste öğrenilen bilgilerin, eşyaların, isimlerin hatırlanması açık hafızanın görevidir. Bu bilgileri istediğimizde bilinçli olarak bellekten çıkarıp kullanabiliriz. Kısaca, açık hafıza tamamen kontrolümüz altında olan bilgilerden oluşur. Açık hafıza da kendi içinde, anısal ve ol-

gusal olmak üzere ikiye ayrılır. Anısal hafıza daha önce yaşanmış olayların hatırlanmasını sağlar. Örneğin "geçen hafta buraya gelmişim, gölde balık avlamışım" gibi bilgiler anısal hafızanın içeriğidir. Olgusal hafızaysa "Türkiye'nin başkenti Ankara'dır, bir yıl 365 gündür" gibi olguların hatırlanmasından sorumludur.

Kapalı hafıza bilinçli olarak geri çağırmadığımız ancak ihtiyaç üzerine otomatik olarak ortaya çıkan bilgileri kapsar. Araba kullanırken vites değiştirmek, evimizin yolunu bulmak gibi sürekli yaptığımız işlerde, kapalı hafıza devreye girer. Bu bilgileri bellekten çekmek için düşünmeyiz, bunlar gerektiği zaman otomatik olarak bilinç düzeyine çıkar. Kapalı hafıza temel olarak alışkanlık (habituasyon), hassaslaşma (sensitizasyon) ve şartlanma şeklinde oluşur. Alışkanlık sürekli tekrar eden bir uyarana karşı canlılığın verdiği yanıtın giderek azalmasıdır. Bir köpeğe değişik bir ses dinletildiğinde ilk önce belirli bir tepki verir. Aynı ses, iyi veya kötü başka bir uyarana birleştirilmeden sürekli dinletildiğinde, köpek artık bu sese tepki vermez. Beyin, bu sesin yararsız veya zararsız, kısaca anlamsız olduğunu öğrenmiştir. Hassaslaşma ise bu mekanizmanın tam tersi yönde işler. Ani ve yüksek tonda bir sesle uyarılan ve korkan köpek, daha sonra daha düşük şiddette de olsa benzer bir ses duyduğunda korkar ve tepki verir. Yani köpek uyarana karşı daha duyarlı hale gelmiştir. "Sütün ağzı yanan yoğurdu üfleyerek yer" sözünün temelindeki mekanizma hassaslaşmadır. Şartlanma da öğrenmenin diğer bir yoludur ve ilk olarak Dr. Pavlov'un deneylerinde gösterilmiştir. Bu deneylerde Pavlov, et gördükleri her sefer köpeklerin tükürük salgısının arttığını gözlemlemişti. Bunu üzerine her seferinde, et vermeden kısa bir süre önce zil çalmıştır. Bir süre sonra et vermeden zil çalan Pavlov, köpeklerin tükürük salgısının zil sesinden sonra arttığını gözlemlemiştir. Bu temel mekanizmalarla oluşan kapalı hafıza, canlıları tehlikelerden koruyan, temel işlerini yapmasını ve hatta hayatta kalmasını sağlayan önemli bir güçtür.

Beynin Hafıza Bölgeleri

Şiddetli epilepsi nöbetleri geçiren bir hastaya 1957 yılında yapılan bir ameliyatla beyninin iç-orta kısmındaki bir bölge çıkarıldı. Ameliyat sonrası hasta epilepsi nöbetleri geçirmede, ancak yakın zamanda yaptıklarını, örneğin



biraz önce ne yediğini hatırlayamıyordu. Hasta, geçmişte öğrendiklerini, eski tanıdıklarını hatırlayabiliyor fakat yeni bir şey öğrenemiyordu. Dr. Scoville ve Dr. Milner'in bu gözlemi, beynin iç-orta kısmında yer alan hipokampus bölgesinin, yeni bilgilerin işlemde geçirilip kalıcı hafızaya aktarılmasında kilit rol oynadığını gösterdi. Konum hücrelerinin keşfi, hipokampusun hafızadaki yerini vurgulayan önemli bir başka buluş oldu. Hayvan hipokampusundaki bu hücreler, sadece hayvan tanıdık bir yere geldiğinde elektrokimyasal sinyal gönderir. Komşu hücrelerle birlikte çalışan bu bölge, hayvanların yollarını, barınaklarını ve gıda bulmalarını sağlar.

Daha sonraki yıllarda yapılan hayvan deneyleri ve çeşitli görüntüleme teknikleri (örneğin magnetik rezonans) sayesinde beynin öğrenme ve hafızadan sorumlu bölgeleri büyük ölçüde belirlendi. Beynin dış kabuğu tarafından algılanan bilgiler ilk olarak hipokampus komşuluğundaki bölümlere gönderilir. Beynin iç-orta kısmında bulunan bu bölgelerde meydana gelen hasarlarda kişinin nesne tanıma hafızasında kayıplar olur. Daha sonra buradaki bilgiler hipokampusa gönderilir. Sağ hipokampustaki hasar yön bulma hafızasına, sol hipokampustaki hasarsa kelimeler, nesnelere ve insanlarla ilgili hafızaya zarar verir. Ancak her iki durumda da kısa süreli hafıza etkilenir, uzun süreli hafızaya zarar gelmez. Bu nedenle, hipokampusun uzun süreli hafızanın ilk basamaklarında görev aldığı düşünülmektedir. Hipokampusta değerlendirilen bilgiler eğer uzun süreli hafızada saklanacaksa, beynin dış kabuğuna, yani kortekse gönderilir. Beynin dış kabuğunda ön tarafta yer alan düşünmeden sorumlu bölgeyle, yan ve arka taraflarda bulunan işitme ve görme alanları hafızayla yakın ilişkili bölgelerdir.

Algılanan bilgiler bazı basamaklardan geçerek açık hafızaya atılır. İlk basamak olan kodlamada, değişik duyu organlarının algılanan bilgiler beynin kullanabileceği bir şekilde dönüştürülür. Beynin dış bölümlerinde (korteks) yapılan bu işlemde sonra pekiştirme denilen ikin-

ci basamakta, bilgiler hipokampus ve etrafındaki bölgelerde uzun süreli saklanabilecek şekle dönüştürülür. Kalıcı şekle dönüştürülen bilgiler depolanmak ve gerektiğinde geri çağrılmak üzere sürekli saklanacakları kısımlara, yani kortekse gönderilir. Kapalı hafızanın saklandığı bölgeler biraz daha farklıdır. Örneğin korkunun öğrenilmesi beynin amigdala bölgesinde olur. Beyin sapı ve beyincik bölgelerinde meydana gelen hasarlar, göz kırpmaya refleksi gibi bazı şartlanmış hareketlerin yapılmasını engeller.

Duygusal hafızanın merkezi amigdaladır. Hipokampusun ön tarafında yer alan amigdala, duygusal uyarılarla hafıza arasındaki bağlantıları sağlayarak kalıcı hafızanın güçlenmesine önemli katkıda bulunur. Duygusal uyarılarla ilişkilendirilen bilgiler çok daha kalıcı olarak depolanır. Öğrenme ve hafıza beynin sadece belirli bir bölgesiyle sınırlı değildir, hipokampus ve çevresindeki alanların beynin değişik bölgeleleriyle etkileşmesine ve çok sayıda mekanizmanın çalışmasına bağlıdır.

Hafıza ve Öğrenmenin Hüresel Mekanizmaları

Sinir hücresi gövde, kuyruk ve sinir ucu olmak üzere üç temel bölümden oluşur. Sinir hücreleri birbirleriyle sinaps denilen ve hücreler arası köprü vazifesi gören bağlantılar sayesinde haberleşir. Her sinir gövdesi, ortalama 1000 sinir hücresinden uzanan sinir uçlarıyla bağlantı halindedir. Hücre gövdesi uyarıldığında oluşan elektrokimyasal sinyaller, akson sayesinde sinir ucuna hızla iletilir. Elektrokimyasal sinyal sinir ucuna geldiğinde, buradaki mesajcı (nörotransmitör) moleküller sinir ucundan bağlantı boşluğuna yani sinaps aralığına salgılanır. Sinaps boşluğuna geçen moleküller diğer hücrenin uyarılmasına yol açar. Bu sayede bir hücrede oluşan sinyal adeta dalga şeklinde diğer hücrelere yayılır. Hücreler arasındaki sinyal iletim gücü ve yönü hücreler arası bağlantı sayısına, mesajcı moleküllerin miktarına, türüne, salgılanma hızına ve bu moleküllerin diğer hücreye yapışma sayısına göre değişir. Bu unsurlar temelde genetik olarak belirlenmiş olsa da zaman içerisinde önemli değişiklikler gösterir. Beyne ulaşan uyarılara ve vücudun ihtiyaçlarına göre, beyin sinirler arasındaki bağlantı sayısını, salgıladığı mesajcı molekül miktarını veya türünü değiştirmek suretiyle sinyal iletim gücünü ayarlar. Beyinde sürekli devam eden bu değişime, esneklik anlamına gelen "plastisite" denir. Beyin plastisitesi, öğrenme ve hafızanın temel mekanizmasını oluşturur. Yeni bilgiler öğrenirken beyindeki sinir hücrelerinin sayısı artmaz, ancak bağlan-

tı sayısı ve sinyal ileti gücü değişir. Bağlantı sayısı ve gücü, o sinirlerin uyarılma sıklığıyla orantılıdır. Sürekli uyarılan sinirler arasındaki bağlantılar artarken, kullanılmayan bağlantılar zayıflayarak kopar. Son yıllarda yapılan çalışmalar, öğrenme sürecinin insan uyurken dahi devam ettiğini göstermiştir. Uyanıkken beynin algıladığı yeni bilgiler sonucunda oluşan sinirler arası bağlantılar, uyurken daha da güçlenir.

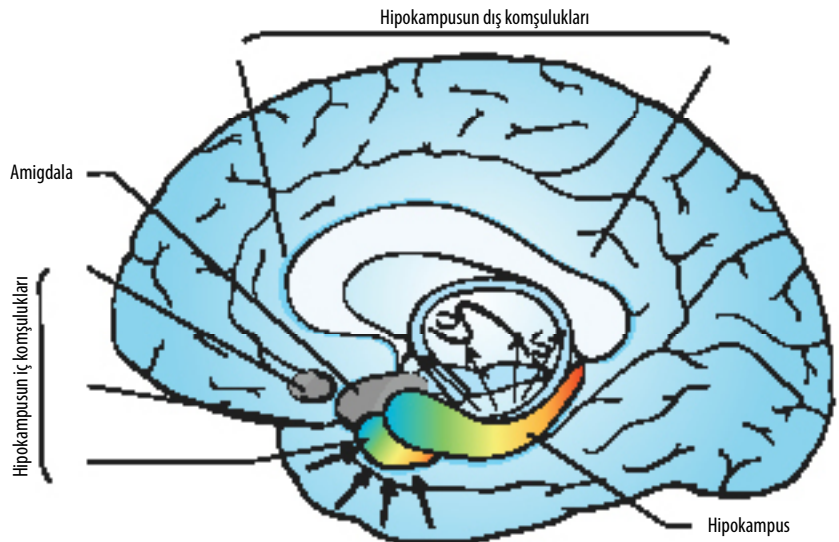
Sinir hücrelerinin uyarılması, hücrelerde bazı genlerin açığa çıkmasına, yeni mesajcı RNA'ların ve proteinlerin yapımına yol açar. Hücrede meydana gelen bu değişimler, bağlantı gücünü bazen çok kısa süre (1-2 saniye veya dakika), bazen de uzun süre (aylar veya yıllar) etkiler. Sinirler arasındaki bağlantıların kalıcı hale gelmesi uzun süreli hafızadaki en önemli etkidir. Kısa süreli hafızadaysa hücrelerde kalıcı yapısal değişiklikler değil, geçici işlevsel değişiklikler olur. En temel değişimler mesajcı moleküllerin salgılanmasında ve hücrelere kalsiyum (Ca^{2+}) girişinde olur. Kısa süreli hafızada değişimler geçicidir, hücreler arası bağlantılar zayıftır ve hücre kısa bir süre sonra eski konumuna döner. Bir kere göreceğimiz bir kişinin adını hatırlamak için kısa süreli hafızamızı kullanırız. Bir daha kullanılmadığı takdirde kısa sürede bu bilgiler unutulur. Ancak kısa süreli hafızadaki bilgiler belirli bir süre tekrarlanırsa uzun süreli hafızaya atılır. Kısa süreli hafıza için oluşturulan zayıf hücre bağlantıları güçlenerek kalıcı hale gelir. Bazı genlerin açığa çıkması, yeni proteinlerin yapımı, sinaps sayısının artması gibi hüresel değişiklikler uzun süreli hafızada belirginleşir ve kalıcı hale gelir. Sinir yolunun sürekli uyarılması yapısal değişikliklere yol açmanın yanı sıra hüresel bağlantıların etkileşimindeki verimliliği de

artırır. Yani, aynı sinir hücresi bir diğerini artık daha kuvvetli bir şekilde uyarmaya başlar (LTP-*long term potentiation*). Sinir hücresinin ucunda, bağlantı yüzeyinde açığa çıkan N-metil-D-aspartat (NMDA) algılayıcıları, sinyal iletim gücünün önemli düzeyde artmasını sağlar. Ek olarak, sinir hücrelerinde bazı proteinlerin yapımını tetikleyen CREB genlerinin açığa çıkması da sinyal iletim gücünü artırır. Uzun dönemde sinyal gücünde meydana gelen ve LTP denilen bu artış, hafızanın kalıcı olmasındaki en önemli etkidir.

Mesajcı Moleküller ve Hafıza

Mesajcı moleküller, sinir hücrelerinde oluşan elektrokimyasal sinyallerin diğer hücrelere iletilmesini sağlar. Mesajcılar sinir uçlarında üretilir ve depolanır. Sinir hücresi uyarıldığında, hücreler arası bağlantı boşluğuna, yani sinaps aralığına bir veya birden çok mesajcı yollar. Her mesajcının bağlandığı ayrı bir algılayıcı ve ilettiği ayrı bir mesaj vardır. Mesajcılarının çoğu, tek bir amino asitten veya 8-30 amino asit birleşmesinden oluşan protein yapısındaki moleküllerdir. Glutamat, glisin, aspartat ve GABA amino asit olan mesajcılardır.

Mesajcı moleküllerin bazıları uyarıcı, bazıları ise baskılayıcı etki gösterir. Asetilkolin, noradrenalin, serotonin, histamin, glutamat ve aspartat uyarıcı, dopamin, GABA ve glisin ise baskılayıcı mesajcılardır. Glutamat öğrenme ve hafızayla ilişkili olan önemli bir mesajcıdır. Bu molekül, sinapslarda oluşan uyarının giderek daha fazla güçlenmesini sağlar. Yani sinirde oluşan her sinyal diğer siniri, giderek artan şiddetle uyarmaya başlar. Sinir ileti gücünde uzun süreli artma (LTP) hafızanın kalıcı olmasını sağlar.



Hafızayı Güçlendirmek

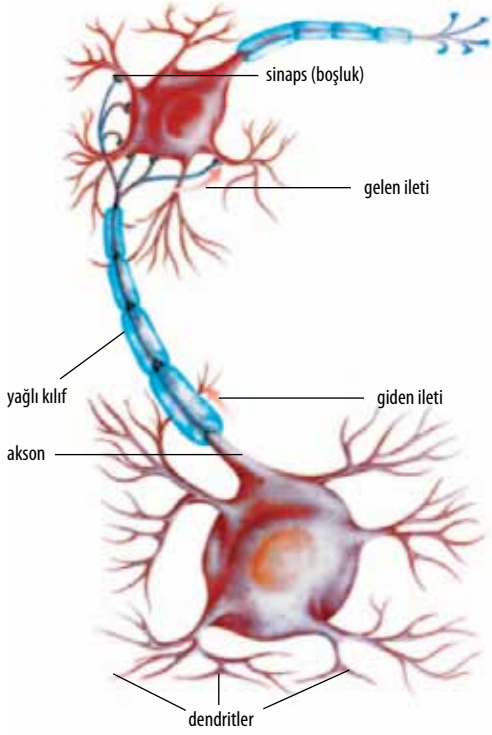
Algıladığımız bilgilerin depolanması hafızanın görevidir. İnsan beyni yeni öğrendiği bilgiyi çok kısa süreyle kullanacaksa kısa süreli hafızaya atar. Bir süre sonra kullanılmayan bilgiler silinir. Eğer tüm bilgiler kalıcı olarak depolansaydı beynin iş yükü gereksiz yere artmış olurdu. Beyne giren bilgiler daha sonra kullanılacaksa uzun süreli hafızaya atılır. Kişiye gerekli olan bilgilerin uzun süre akılda kalması, yani iyi bir ezber ve hafıza gücü hepimizin sahip olmak istediği bir özelliktir. Uzun süreli hafızanın güçlendirilmesi için bazı şartların sağlanması gerekir. Öğrenilmek istenilen konunun sürekli düşünülmesi, yani üzerinde kafa yorulması ve bilginin sürekli kullanılması kalıcı hafızaya aktarılmasında önemli unsurlardan biridir. Kişinin öğrendiği konuya ilgisinin olması, konudan zevk alması ve daha önce o konu hakkında bir miktar bilgi sahibi olması, bilginin kalıcı hafızaya daha kolay atılmasını sağlar.

Yeni bilgiyi öğrenmeye hazır olmak, dikkatini vermek yani konuya yoğunlaşmak, bilginin hafızaya atılmasında temel şartlardır. Öğrenme, mümkün olduğunca dinlenmiş durumda yapılmalıdır. Aşırı stres, yorgunluk, uykusuzluk ve dengesiz beslenme öğrenmeyi olumsuz etkileyen unsurlardır. Konular, basitten karmaşığa doğru hiyerarşik bir sıraya konularak öğrenilmelidir. Kolay konular önce, daha zor ve karmaşık konulara sonra öğrenilmelidir. Öğrenilen unsurların kendi içinde belirli bir sıraya koyulması, gruplandırılması, ilişkilendirilmesi ve çeşitli çağrışımların kullanılması öğrenmeyi kolaylaştırır tekniklerdir. Örneğin bir telefon numarasını ezberlerken o numarayı çağrıştıracak doğum tarihimiz, evimizin kapı numarası gibi başka bilgilerden yararlanabiliriz. Yeni öğrenilen bir bilgiyi daha önce okumuş, görmüş ve yaşamış olduğumuz olaylarla veya tanıdığımız insanlarla ilişkilendirmek de ezberlemeyi kolaylaştırır.

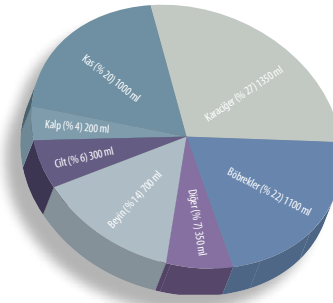
Öğrenme sırasında farklı konuların benzerliği hafızayı etkiler. İlk öğrenilen konuyla sonradan öğrenilen konu arasındaki benzerlik ne kadar çok ise, unutma da o kadar çoktur. Bu nedenle birbirinden farklı olsa da birbirine benzer konuları aynı anda öğrenmek sakıncalıdır. Öğrenilen iki farklı konu arasındaki zaman çok kısa veya çok uzunsa da unutma riski artar. İlk öğrenilen konunun sadece iyi bilinmesi yeterli değildir, o bilginin kalıcı hafızaya atılması için mükemmel öğrenene kadar çalışmaya devam edilmesi gereklidir. Öğrenmenin sonucunda bir kazanım olacağını bilmesi de, bilginin hafızaya atılmasında son derece önemlidir. Düzenli spor, dengeli beslenme ve olaylara olumlu bakış açısı öğrenmeyi kolaylaştıran ve hafızayı güçlendiren diğer unsurlardır.

Kaynaklar

- Benfenati, F., "Synaptic plasticity and the neurobiology of learning and memory", *Acta bio-medica*, Cilt 78, s. 58-66, 2007.
- Öğren, S. O., Kuteeva, E., Elvander-Tottie, E., Hökfelt, T., "Neuropeptides in learning and memory processes with focus on galanin", *European Journal of Pharmacology*, Cilt 626, s. 9-17, 2010.
- Purves, D., Brannon, E. M., Cabeza, R., Huettel, S. A., LaBar, K. S., Platt, M. L., Marty Woldorf, M., *Principles of Cognitive Neuroscience*, 14. Bölüm, "Declarative Memory", s. 353-78, 2008.
- Breedlove, S. M., Watson, N. V., Rosenzweig, M. R., *Biological Psychology: An Introduction to Behavioral, Cognitive, and Clinical Neuroscience*, 6. Basım, 17. Bölüm, "Learning and Memory", s. 511-514, 2010.
- Johnston, M. V., Alemi, L., Harum, K. H., "Learning, Memory, and Transcription Factors", *Pediatric Research*, Cilt 53, Sayı 3:3, s. 69-74, 2003.
- Vincent, J. L., "Learning and memory: while you rest, your brain keeps working", *Current biology*, Cilt 19, Sayı 12R, s. 484-486, 23 Haziran 2009.
- Phelps, E. A., "Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex", *Current Opinion in Neurobiology*, Cilt 14, s. 198-202, 2004.



Morfin benzeri etkiye sahip olan enkefalin ve dinorfin, hipokampusu baskılayan mesajcılardır. Hipokampusta sinir iletici gücünün artmasını engelleyerek bilginin uzun süreli hafızaya atılmasını önler. Bu mesajcılar, stresli olaylarla başa çıkmada hayli yararlıdır. Nosisseptin ve galanin öğrenme ve hafızada etkili olan diğer mesajcılardır. Nosisseptin öğrenmeyi ve duygusal hafızayı artıran bir moleküldür. Galanin, bazı sinyal iletici yollarını tıkayarak hipokampusu baskılar. Öğrenme ve hafızayı olumsuz etkileyen galanin, Alzheimer hastalığıyla da yakından ilişkilidir.



İstirahat 5000 ml

Düzeltili
Geçen sayıdaki istirahat grafiğinin düzeltilmiş hali yandadır. Kas (% 20) 1000 ml olacaktır

Bir nöron yeterince güçlü bir uyarı aldığıında komşu nöronlardan birine bir elektrik sinyali gönderir.

İki hücrenin arasında geçici bir bağ oluşur. İleride birlikte elektrik sinyali gönderme eğilimine girerler. Başka komşu hücrelerle bağ kurarlar.

Yinelenen sinyal göndermelerle nöronlar birbirine sıkıca bağlanır. Hangi hücreye bir uyarı gelse, artık hep birlikte elektrik sinyali gönderirler.

Etkinliğin sürmesiyle başka nöronlar da ağa katılır. Oluşan ağ tek bir araya karşılık gelir.

