



Duyuların Genel Özellikleri, Duyumla İlgili Biyofizik Kavramlar

DOÇ. DR. ERKAN TUNCAY

Ders işleyişi

1. Duyuların genel karakteristikleri
2. Duyusal yollarda ardışık işlemler ve çevrim
3. Duyumun Boyutları ve Psikofizik
4. Duyumun niteliği ve kodlanması
5. Uyarın yerinin belirlenmesi
6. Uyarının zaman deseninin belirlenmesi
7. Reseptörlerin adaptasyonu
8. Reseptör Potansiyeli ile Aksiyon Potansiyeli İlişkisi
9. Deri duyuları
10. Tat duyusu
11. Koku duyusu

Duyuların Genel Karakteristikleri

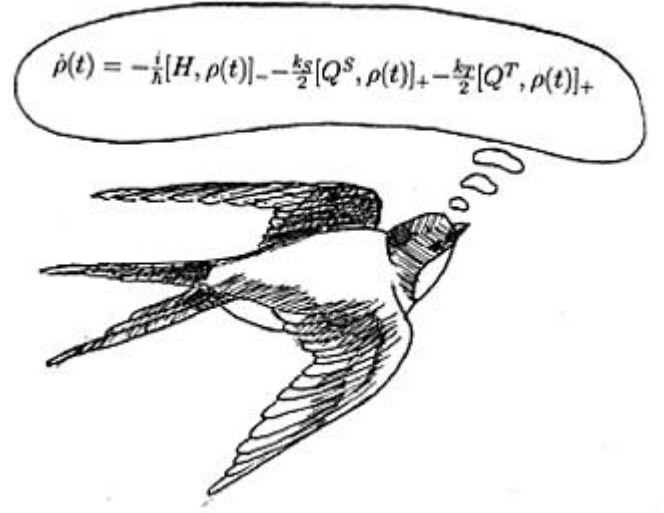
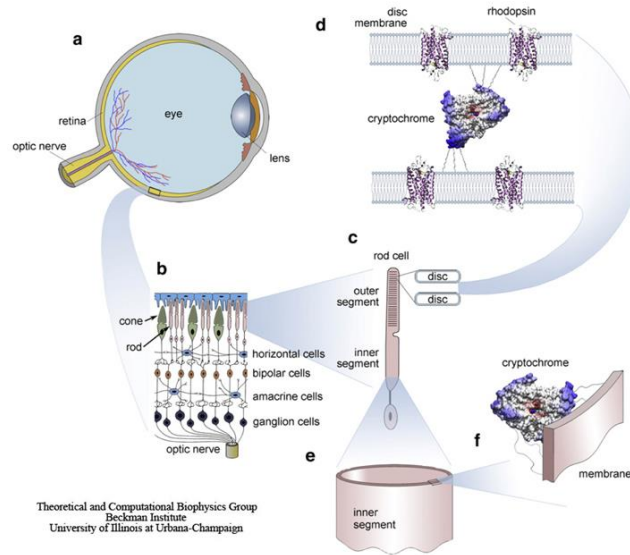
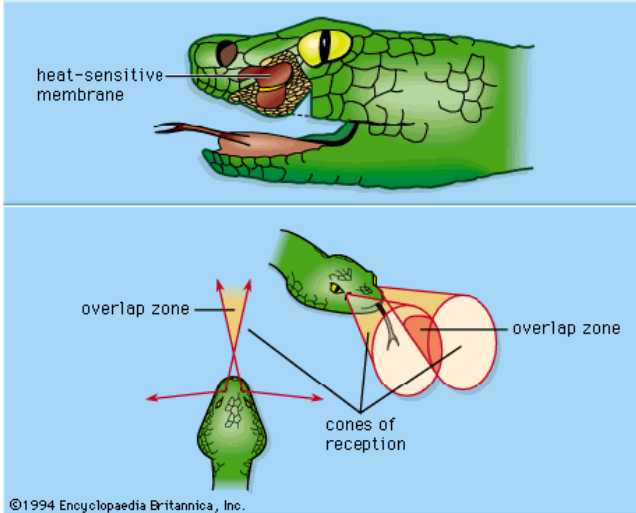
Herhangi bir fizikokimyasal uyaran etkisi ile sinirsel yollarla beyin kabuğunun belirli bir bölgesinde informasyonun ulaşması ve orada bir uyartı oluşmasına **duyum** adı verilir.

Duyumların yorumu, yani karşılaştırılması, ayrımı ve birçok duyunun integrasyonu ise **algı** olarak adlandırılır.

Duyuların Genel Karakteristikleri

Kimyasal maddelere duyarlılık tek hücreliden çok hücreliye tüm canlıların ortak özelliklerindedir.

Deniz hayvanlarında koku duyusu çok gelişmemişken elektroreseptörleri ile elektrik alan değişimlerini detekte edebilirler.



Duyusal Yollarda Ardışık İşlemler ve Çevrim

Uyaran enerji reseptör zarına ulaşmadan öncesi dokularda filtrelenir.

Çevirim (Transduction)

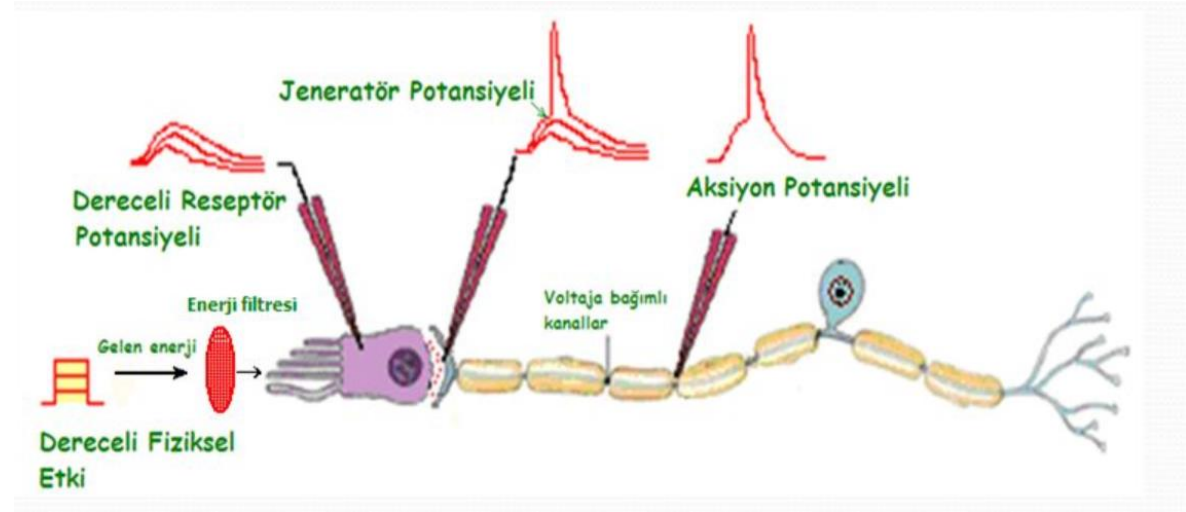
Bir reseptör için uyaranın cinsi ne olursa olsun, reseptörün yanıtı elektrikseldir.

MAKRO YAPI	MİKRO YAPI	İŞLEV	OLAY
Duyu organı	Yardımcı (aksesuar) yapılar	Koruma, Filtreleme, Duyarlaştırma, Enerji yoğunlaştırma	Uyaran ↓
	Reseptör hücresi (özelleşmiş nöron, veya nöronal olmayan hücre)	Çevirim (transduction), Amplifikasyon	Reseptör potansiyeli ↓
	Sinaps	Aktarım	Kimyasal aracı ↓
	Duyusal nöron, Dendritler Nöron gövdesi, Başlangıç segmenti	İntegrasyon ve A/D (analoğ/dijital) dönüşümü	Jeneratör potansiyeli ↓
Duyusal sinir	Akson	İletim	Aksiyon potansiyeli ↓
Merkez	Akson uçları	Aktarım	Kimyasal aracı
	Sinaps		

Duyusal Yollarda Ardışık İşlemler ve Çevrim

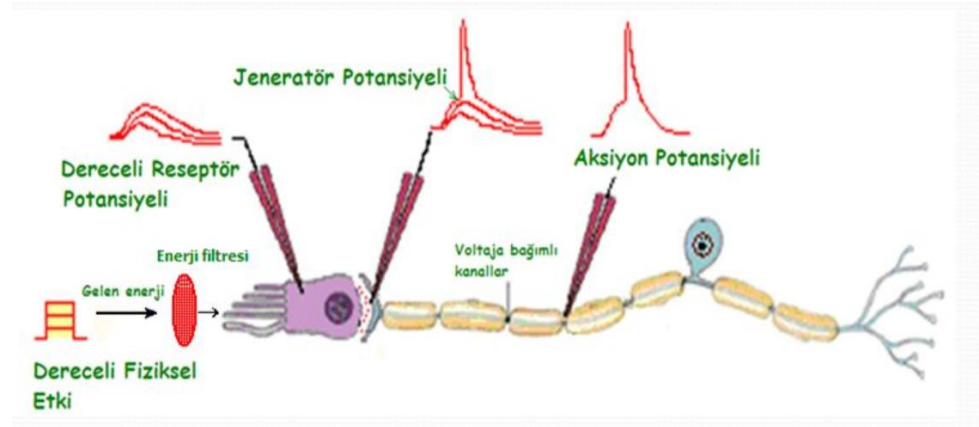
Uyaran etkisi ile reseptör zarında bu uyaran enerji cinsine duyar kanallar açılır, zar geçirgenliği değişir. Geçirgenlik değişmesi ile zarda **reseptör potansiyeli** olarak adlandırılan, dereceli, yöresel bir potansiyel değişikliği gözlenir. Bunu daha sonra aksiyon potansiyeli süreci izler.

Bu iki süreç aynı bir hücrede olmayabilir. Görme gibi duyu sistemlerinde bu iki işlev birbirlerinden sinaptik bir arayüzle ayrılmış farklı hücrelerce yerine getirilir. Bu durumda ikinci hücrede yine dereceli bir potansiyeli oluşur. Buna **jeneratör potansiyeli** denir.



Duyusal Yollarda Ardışık İşlemler ve Çevrim

Jeneratör potansiyeli zar boyunca genliği azalarak elektrotonik olarak yayılır. Entegrasyon işlemi ile jeneratör potansiyeli etkisinde duyuşal sinir hücresi zarında yeter sayıda voltaj bağımlı kanallar açılırsa bir aksiyon potansiyeli gelişebilir ve yayılabilir. Biyolojik reseptörler basit birer enerji çevireci değil, aynı zamanda **yükseltici ve işlemci** olarak da çalışırlar. Uyarının rolü, reseptörde potansiyel enerji biçiminde önceden depolanmış olan enerjinin salınmasını tetiklemektir.



Duyumun Boyutları ve Psikofizik

Duyumun özellikleri:

1.Duyumun niteliği

2.Yer

3.Zamansal ayırım (Duration)

4. Şiddet (intensity)

5. Duygulanım (affect)

DUYUMUN NİTELİĞİ VE KODLANMASI

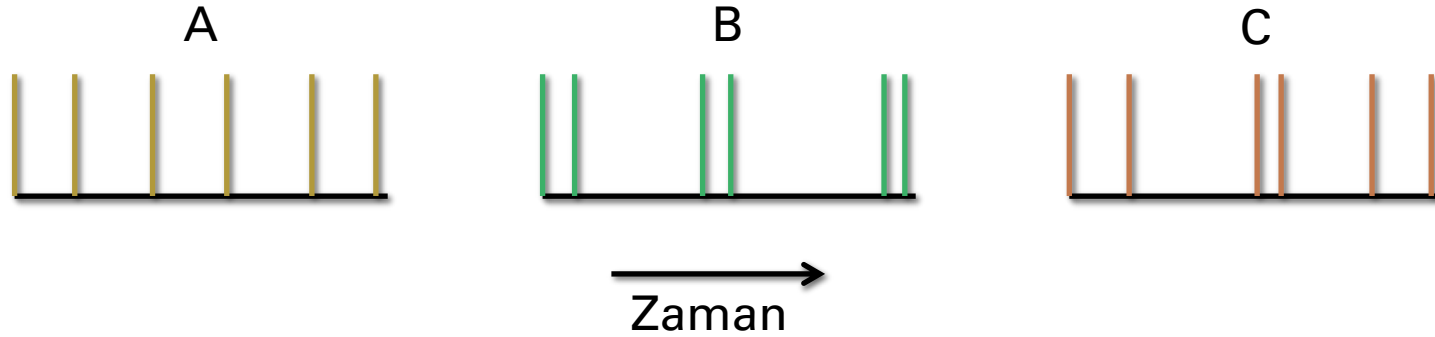
Bir duyu yolunun uygun olmayan bir uyararla uyarılmasında da aynı nitelikte bir duyum oluştuğu bilinmektedir.

Örneğın retinaya uygulanan basınç veya uygun frekansta bir magnetik alan ışık gibi algılamaktadır.

Uyaran enerjının tipi, MSS tarafından uyarının cinsine göre değıl hangi lifin veya lif grubunun uyarıldığına bağılıdır.

DUYUMUN NİTELİĞİ VE KODLANMASI

Aksiyon potansiyelinin aşağıdaki gibi 3 farklı deseni 3 farklı niteliğe karşılık gelebilir.



UYARAN YERİNİN BELİRLENMESİ

Uyarana karşı bir nöronun yanıt verdiği uzaysal bölge bu nöronun reseptif alanı olarak adlandırılır.

Keskinlik:

Uyarının lokalizasyonundaki duyarlığa keskinlik adı verilir. Keskinlik birçok nörofizyolojik faktöre bağlıdır.

- i. Reseptif alan büyüdükçe keskinlik azalır,
- ii. İnnervasyon yoğunluğu fazla ise keskinlik artar,
- iii. Merkezi yakınsama miktarı fazla ise azalır,
- iv. Lateral inhibisyon keskinliği artırır.

UYARAN YERİNİN BELİRLENMESİ

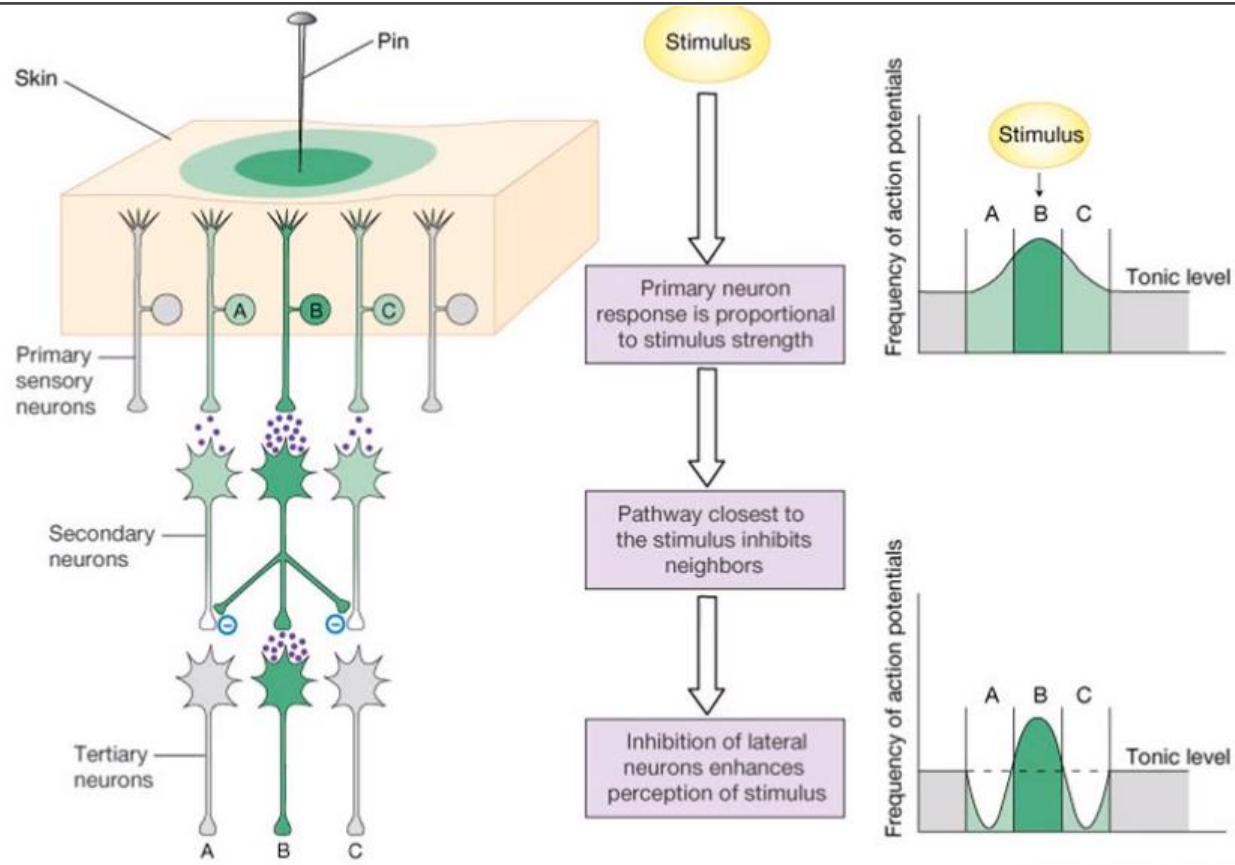
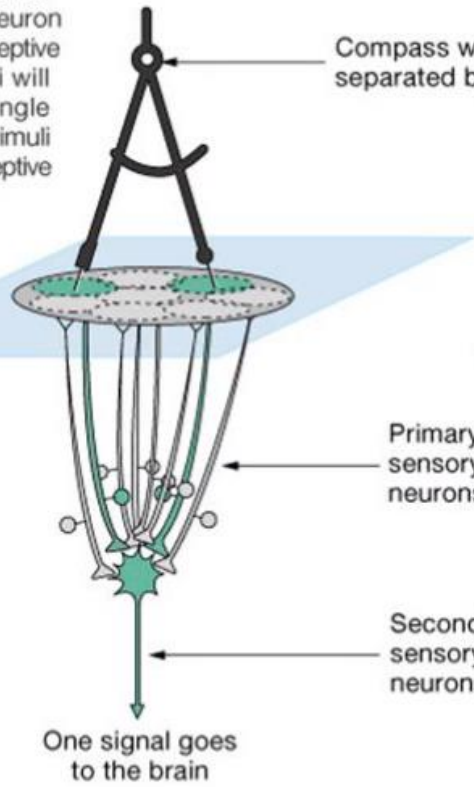


Figure 10-6: Lateral inhibition

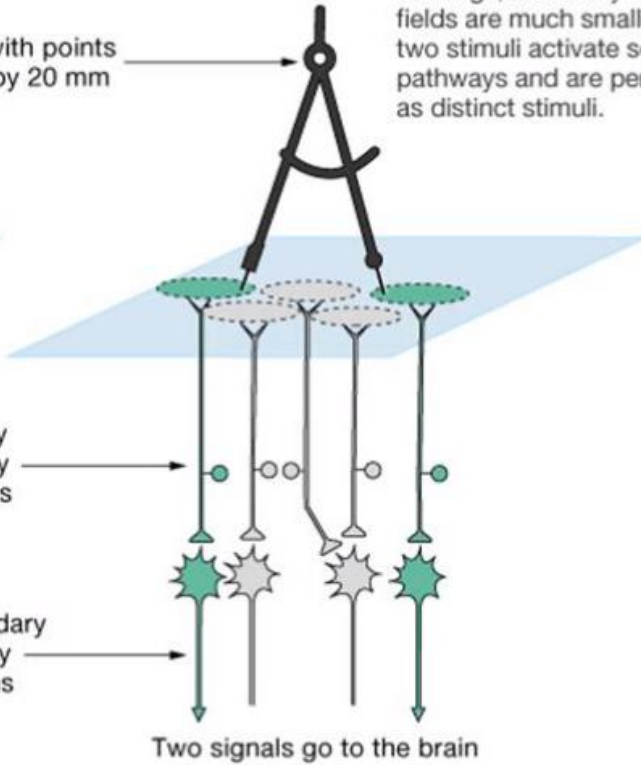
İKİ NOKTA AYRIMI

(a) Many primary sensory neurons converging onto a single secondary neuron creates a very large receptive field. The two stimuli will be perceived as a single point because both stimuli fall within the same receptive field.



Compass with points separated by 20 mm

(b) When fewer neurons converge, secondary receptive fields are much smaller. The two stimuli activate separate pathways and are perceived as distinct stimuli.



Primary sensory neurons

Secondary sensory neurons

Figure 10-3: Two-point discrimination

UYARANIN ZAMAN DESENİNİN BELİRLENMESİ

Uyaranın şiddeti ile algılanan şiddet arasındaki ilişki duyunun zaman deseni olarak adlandırılır. Zaman deseni uyum ile yakından ilişkilidir.

Reseptörler, aniden uygulanan sabit şiddette bir uyaran karşısında, zamanla duyarlıklarını azaltarak yanıt vermesine **uyum** adı verilir. Örneğin, soğuk suya parmağımızı batırdığımızda önce soğuk algılamak, uyum yapma sonucu, zamanla daha az soğuk olarak yorumlarız.

Uyum sonucu, **jeneratör potansiyeli** genliği ve duysal liften iletilen **aksiyon potansiyeli** frekansı azalır. Uyaran ortadan kaldırıldığında, uyum derece derece ortadan kalkar ve duyarlılık tekrar artar.

RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU

Bütün reseptörler, sabit şiddetteki bir uyarana sürekli olarak uyarılırlarsa, başlangıçta o reseptör uyarana hızlı ve yüksek cevaplar verir.

Daha sonra giderek verdiği cevapların şiddeti azalır. Buna **RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU** denir. Adaptasyon, reseptör tipine göre değişir. Bazıları milisaniyeler içinde (paccini), bazıları daha geç, bazılarıda hiç adaptasyon göstermezler.

Dokunma reseptörleri özellikle paccini cisimcikleri çok çabuk adapte olurken, Ağrı reseptörleri, baroreseptörler ve kemoreseptörler hemen hiç adaptasyon göstermezler.

RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU

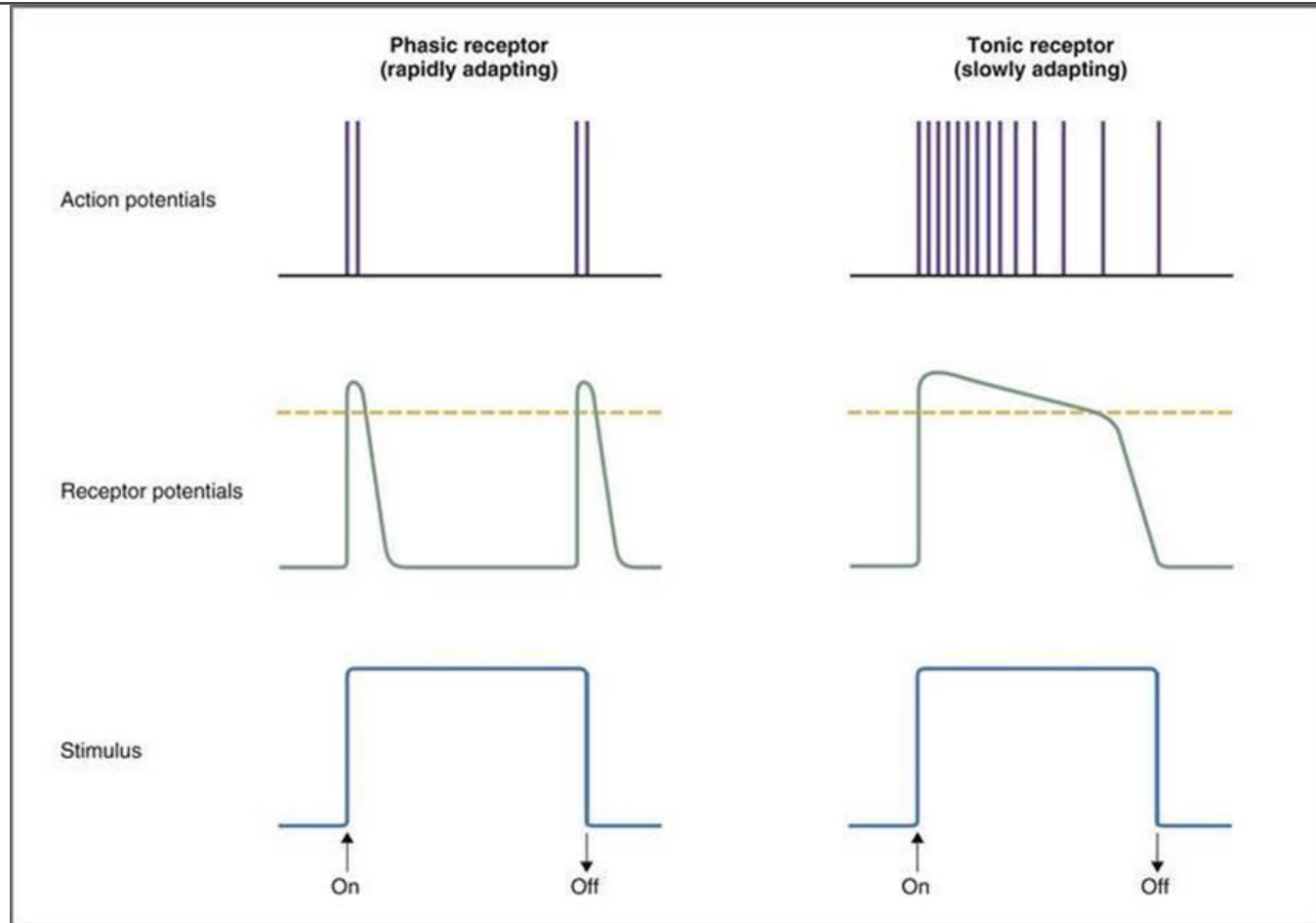
Her reseptör aynı hızda adapte olamaz. Bu nedenle, adaptasyon hızına göre reseptörler iki gruba ayrılırlar.

- Hızlı adaptasyon gösteren reseptörlere FAZİK RESEPTÖRLER (hız reseptörleri = hareket reseptörleri) denir. Bunlar hızlı değişiklik gösteren reseptörlerdir. Mekanoreseptörlerin bir kısmı bu tiptendir. Böyle reseptörler sadece uyarın şiddeti değiştiğinde uyarılırlar bu yüzden sürekli sinyal yayamazlar.
- Fazik reseptörlerinin “önceden sezme yetenekleri vardır. Bu nedenle bir sonraki hareketin ne olacağını tahmin ederek sinir sistemine bildirirler.
- Koşarken, eklem reseptörleri sayesinde ikinci adımın nereye ulaşacağı tahmin edilebiliyor, böylece koşma rahatlıkla gerçekleşip denge sağlanmış oluyor (cerebellumla birlikte. Denge ve önceden sezme fonksiyonu).

RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU

- Yavaş adapte olan reseptörler ise MSS'ne sürekli sinyal ilettikleri için (başlangıçta hızlı, sonraları azalsa bile) TONİK RESEPTÖRLER adı verilir.
- Fotoreseptörler, kemoreseptörler ve termoreseptörlerin genellikle yavaş adapte olduğu bilinmektedir. Uyarın bulunduğu sürece impulsları beyne göndermeye devam eder. Uyarıyı saatlerce iletebilirler.
- Tonik reseptörlerin sinyali kesilmez, uyarının durumunu sürekli olarak bildirirler. Böylece beyin vücudun durumu ve çevresiyle olan ilişkisinden sürekli olarak haberdar olur.
- Örneğin, kas iğcikleri ve golgi tendon apareyleri MSS'ne her an için kasların kontraksiyon durumunu ve tendonlar üzerindeki yükü bildirirler.

RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU



RESEPTÖRLERİN ADAPTASYONU

Uyaran zaman desenini kodlama biçimleri:

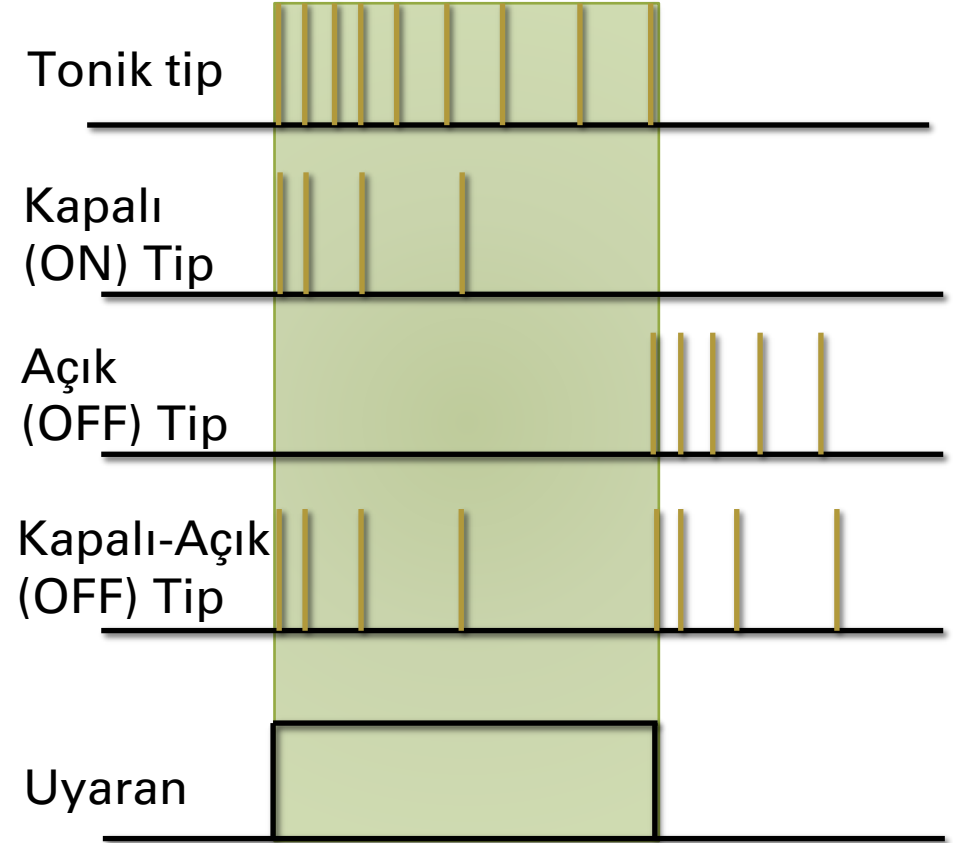
Uyaranın zamanla değişim desenini kodlamada da, reseptör tiplerine göre farklı yollar izlendiği anlaşılmaktadır. Bir elektrik anahtarının kapalı (on) ve açık (off) durumlarına benzetme yapılarak, uyaranın zaman değişim desenini kodlamada,

Bağlantılı olduğu duyuşal liflerde sürekli impulşlar oluşturan tonik reseptörler,

Yalnızca uyaranın başlaması sırasında yanıt veren kapalı (on) tip reseptörler,

Yalnızca uyaranın kesilmesi sırasında yanıt veren açık (off) tip reseptörler,

Uyaranın hem başlangıcında hem bitiminde yanıt verenler kapalı-açık (on-off) tipi reseptörler, şeklinde dört tip davranış saptanmaktadır



Reseptör potansiyeli

Bütün duyu reseptörleri hangi tip uyararla uyarılırsa uyarılsın, ilk etki reseptörün membran potansiyelinin değişmesidir. Buna reseptör potansiyeli denir.

Reseptör potansiyeli;

1-Reseptörün mekanik deformasyonunun membranı gererek iyon kanallarını açmasıyla,

2-Kimyasal bir maddenin membrana uygulanması sonucu iyon kanallarını açmasıyla,

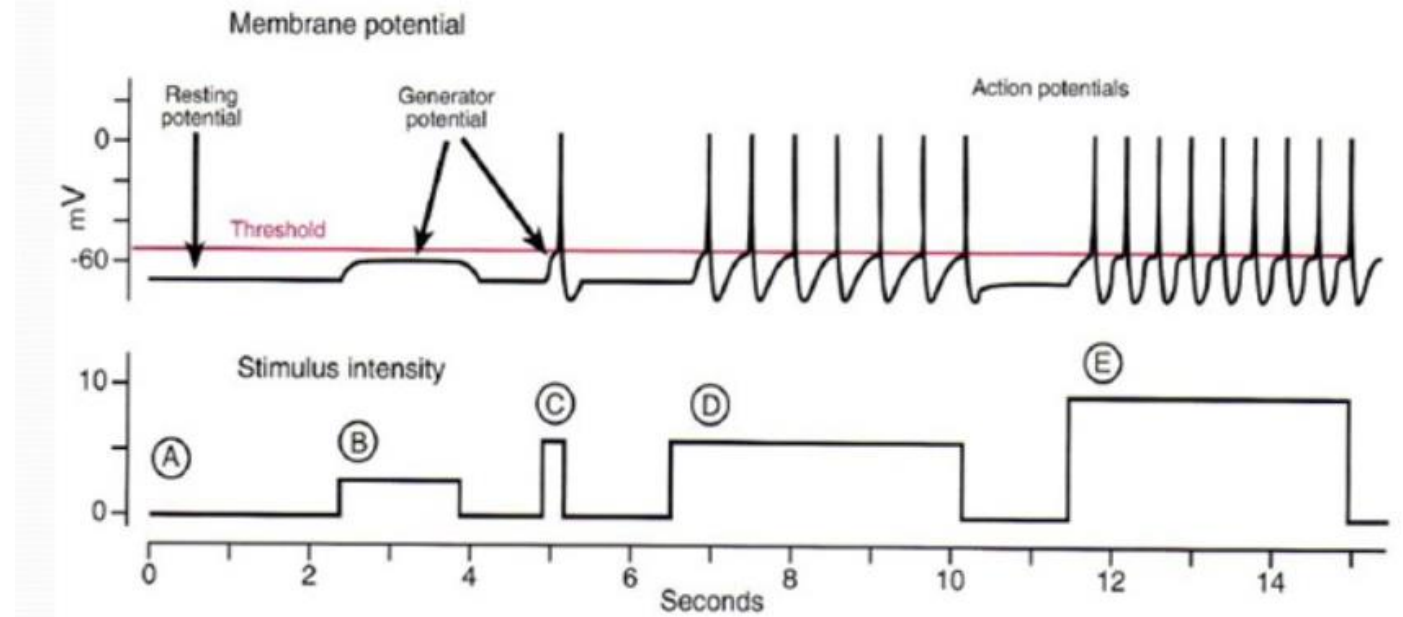
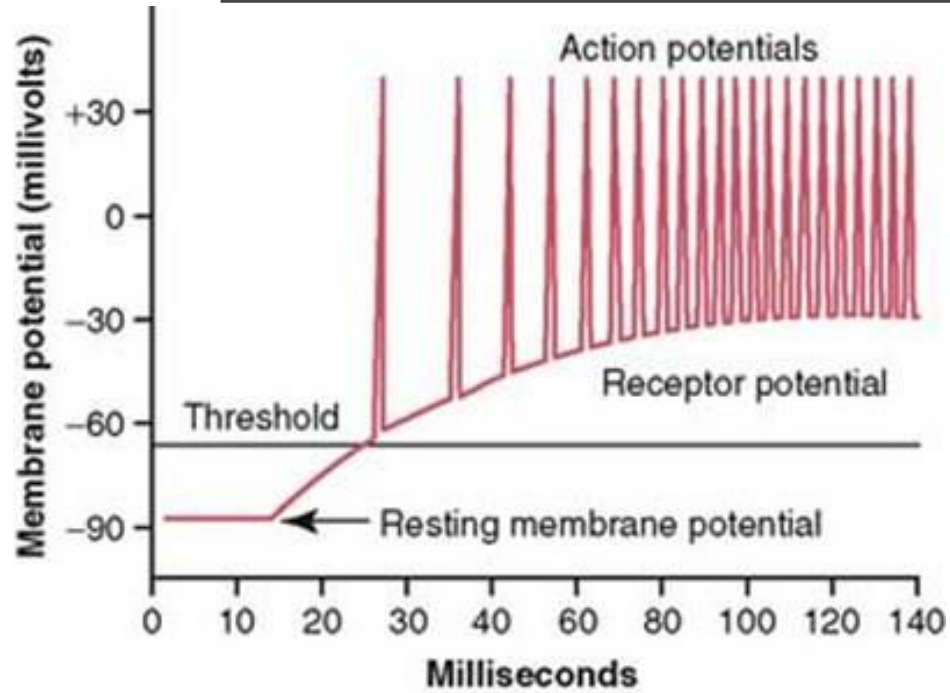
3-Membranın sıcaklığının değişmesi sonucu membran geçirgenliğinin değişmesiyle,

4-Reseptöre düşen ışık gibi elektromanyetik radyasyonların etkisiyle, doğrudan ya da dolaylı olarak membran karakteristiklerinin değişmesi suretiyle membran kanallarından iyon akışı sağlanır.

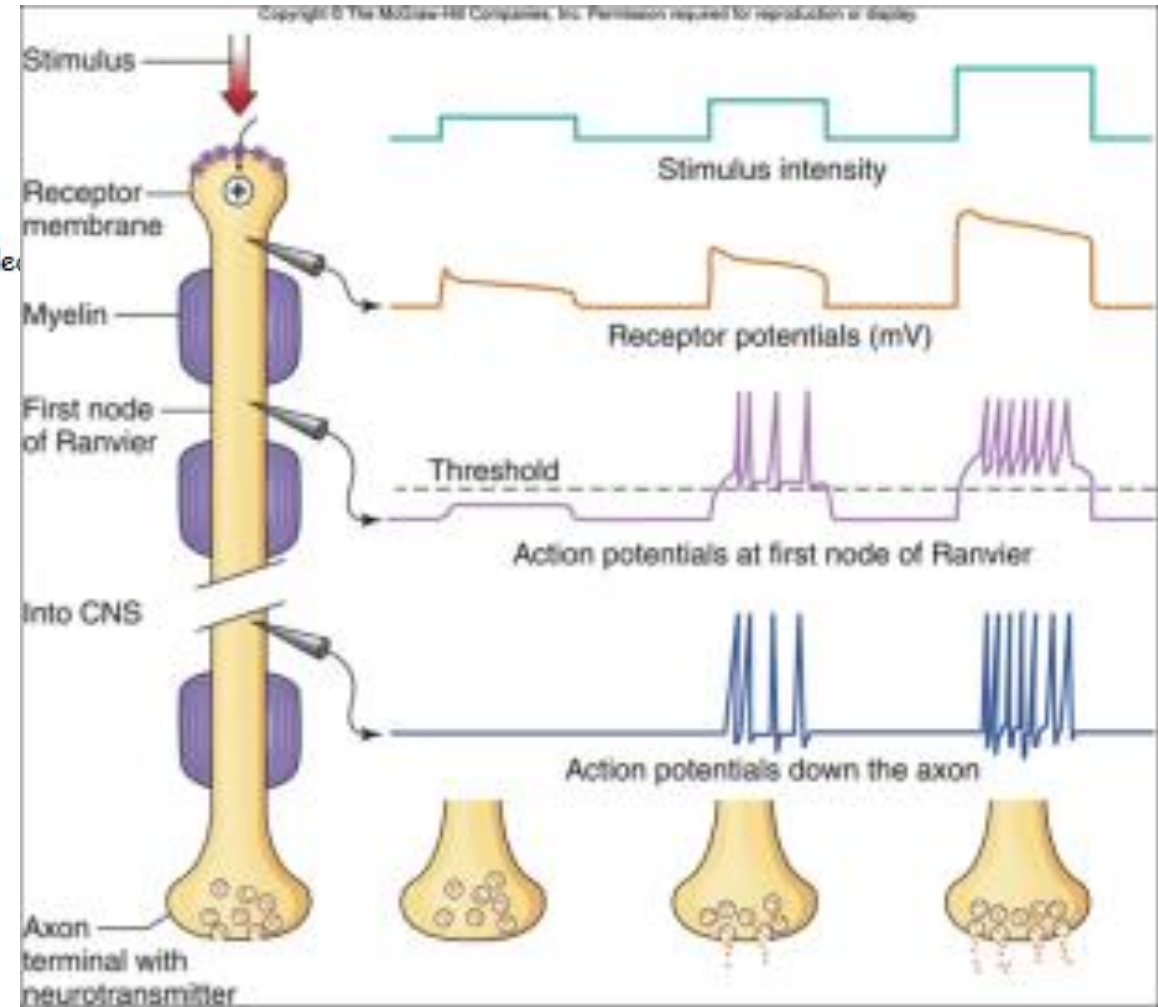
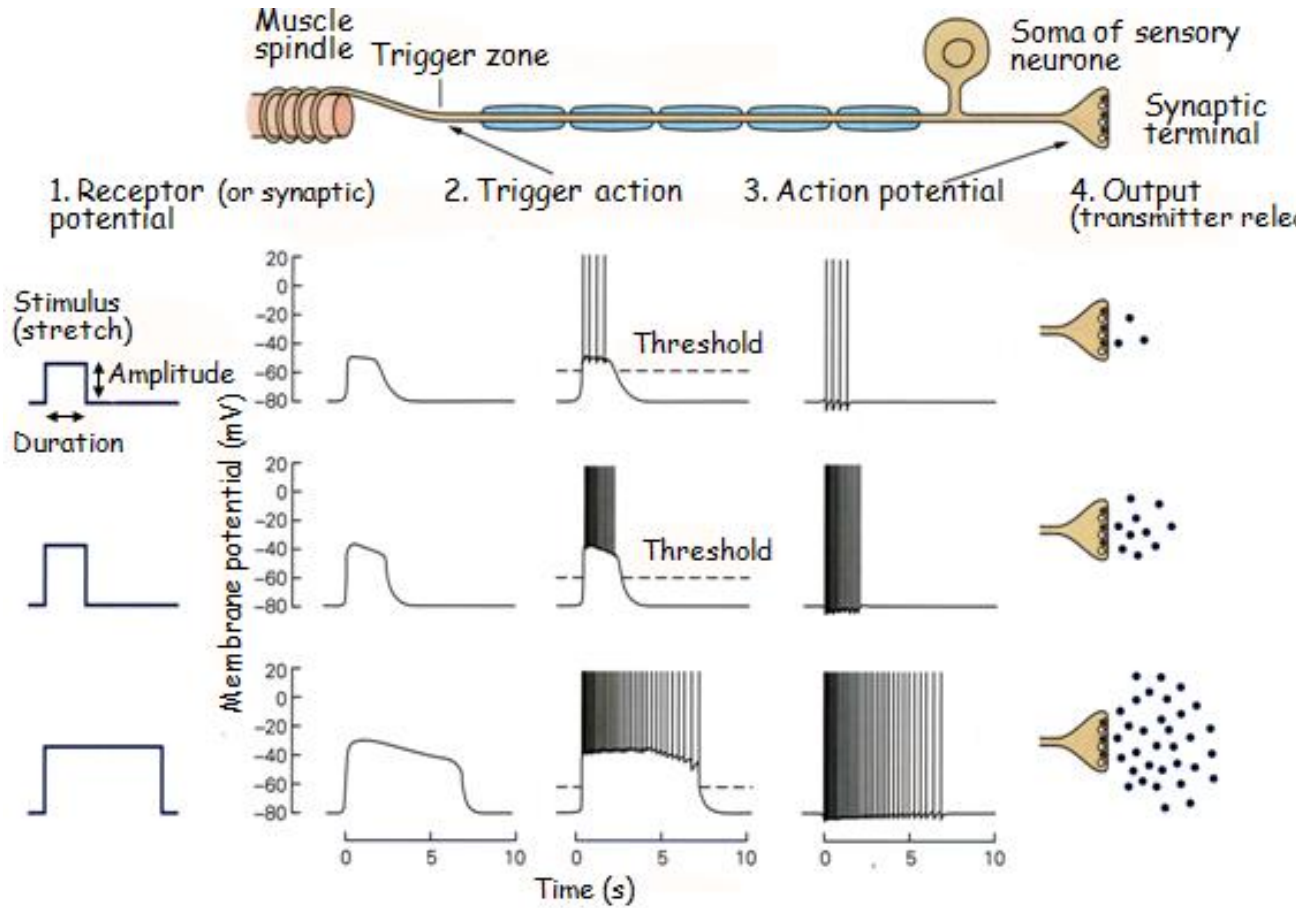
Reseptör potansiyeli

- Reseptör potansiyeli reseptörün bağlı bulunduğu sinir lifinde aksiyon potansiyeli yaratacak eşik değerin üstüne çıktığı zaman aksiyon potansiyeli gelişir.
- Potansiyel eşik değerin üstünde daha fazla yükseldikçe aksiyon potansiyelinin frekansı artar. Böylece reseptör potansiyeli duysal sinir lifini uyarır.
- Reseptör potansiyelinin, sinir aksiyon potansiyeli yaratmasında 10 mv'luk değişim yeterlidir ve sinir hücrelerinin aksonlarında Ranvier boğumlarının olması da çok önemlidir. Çocukluğun ilk dönemlerinde Ranvier boğumları oluşmadığı için bazı algılamalar gerçekleştirilemez. Örneğin, ayağının altı gıdıklanan küçük çocuklar gıdıklanmazlar.

Reseptör Potansiyeli ile Aksiyon Potansiyeli İlişkisi



Reseptör Potansiyeli ile Aksiyon Potansiyeli İlişkisi



DUYUMUN ŞİDDETİ

Duyumun Şiddeti uyaranın Şiddeti veya miktarı ile ilgilidir. Duyusal Şiddet ile ilgili önemli bir kavram eşiktir.

Uyaranın Şiddet bilgisi afferent liflerde genel olarak iki farklı biçimde kodlanmış olarak iletilir.

Birinci yol, uyarın Şiddeti arttıkça uyarılmış lif sayısının artmasıdır.

İkinci yol ise, uyarın Şiddeti arttıkça bir lifteki aksiyon potansiyelleri frekansının artmasıdır.

DUYUMUN ŞİDDETİ

Bir uyarının enerjisi reseptör zarına ulaşmadan önce reseptör öncesi dokularda filtreden geçirilir. Örneğin, göze gelen ışık retinadaki elektromanyetik enerjiye duyarlı hücrelere (fotoreseptörler; koni ve çubuk hücreler) ulaşmadan önce kornea, göz merceği, camsı cisim gibi dokulardan geçerken filtrelenir.

Duyu reseptörleri uyarıları elektrik enerjisine çevirir. Bir reseptör için uyarının cinsi ne olursa olsun, reseptörün yanıtı her zaman elektrikseldir.

Reseptör potansiyeli

Uyaran karşısında reseptör tarafından oluşturulan elektriksel sinyale reseptör potansiyeli (veya jeneratör potansiyeli) denilmektedir. Bu potansiyelin genliği ve süresi uyaranın şiddeti ve süresine bağlıdır. Yani, uyaranın şiddeti arttıkça daha fazla iyon kanalı açılarak zarın geçirgenliği değişir. Geçirgenlik değişmesi ile zar da reseptör potansiyeli olarak adlandırılan, dereceli, yerel bir potansiyel değişikliği gözlenir. Uyaran baskısı ortadan kalkınca da kanallar kapanır. Jeneratör potansiyeli zar boyunca genliği azalarak elektrotonik olarak yayılır.

Reseptör potansiyeli

Uyarının boyutu uyarılan toplam reseptör sayısını etkiler. Vücudun bir bölgesindeki reseptör sayısı o bölgeye uygulanacak uyarının ne kadar ayrıntılı hissedileceğini belirler.

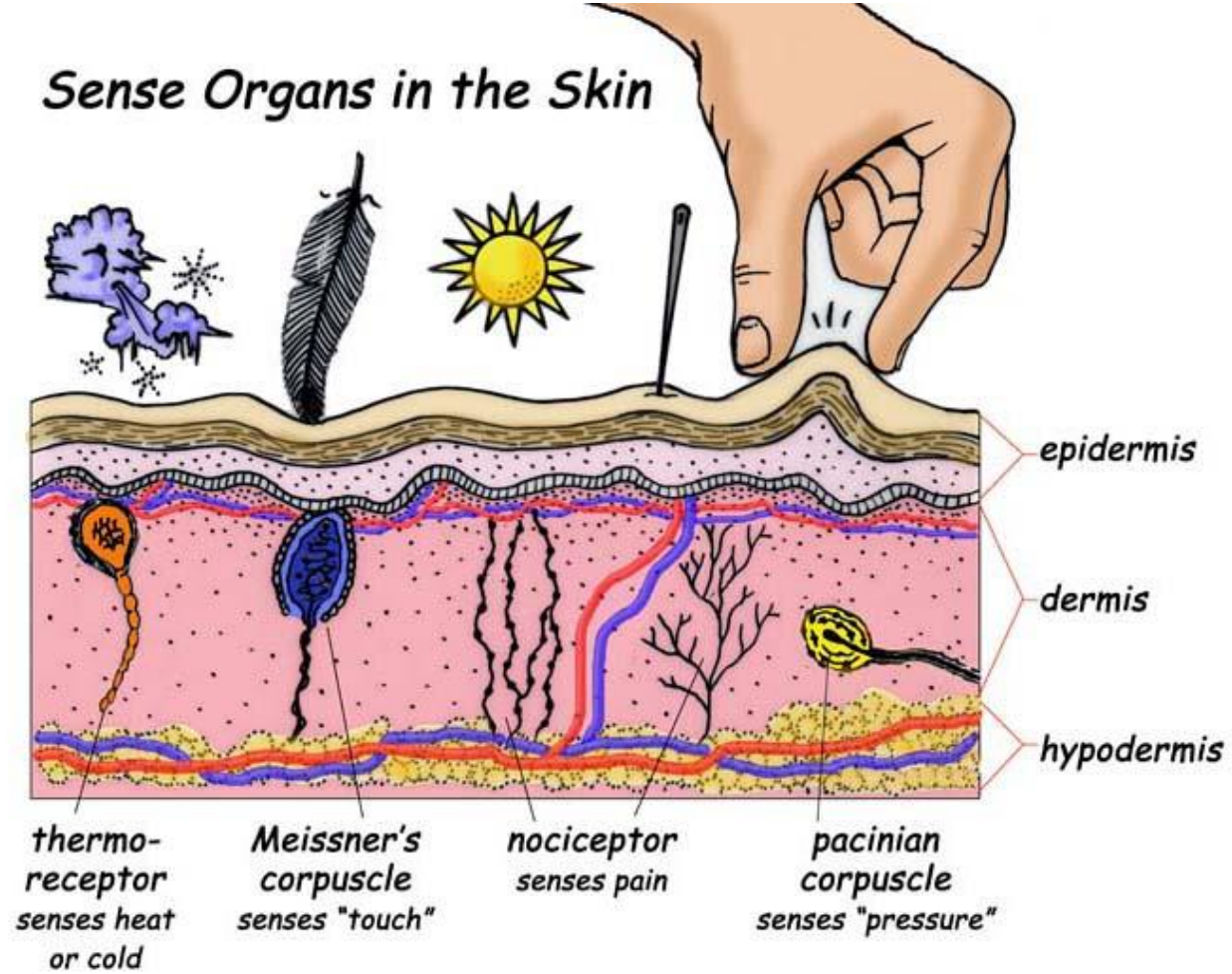
Birim alandaki reseptör yoğunluğu, uzaysal ayrıntının daha iyi çözümlenmesine olanak tanır.

Duyu sisteminin uzaysal çözümlenmesi tüm bölgelerde aynı değildir. Örneğin, uzaysal ayırım parmak uçlarında ve retinanın merkezinde (yani fovea da) çok daha keskindir. Bu alanlarda reseptör sayısı fazla ve reseptif alanları daha küçüktür.

DERİ DUYULARI

Derinin uyarılması dört alt tip olan dokunma, sıcaklık, soğukluk, ağrı duyularına neden olur.

Deri reseptörlerinin dağılımı homojen değildir. Bu nedenle keskinlik ve lokalizasyonda bölgesel farklar vardır. Örneğin, iki nokta eşiği dil ucunda 1mm, parmak ucu ön yüzünde 2mm, el ayasında 11mm, el sırtında ise 32 mm kadardır.

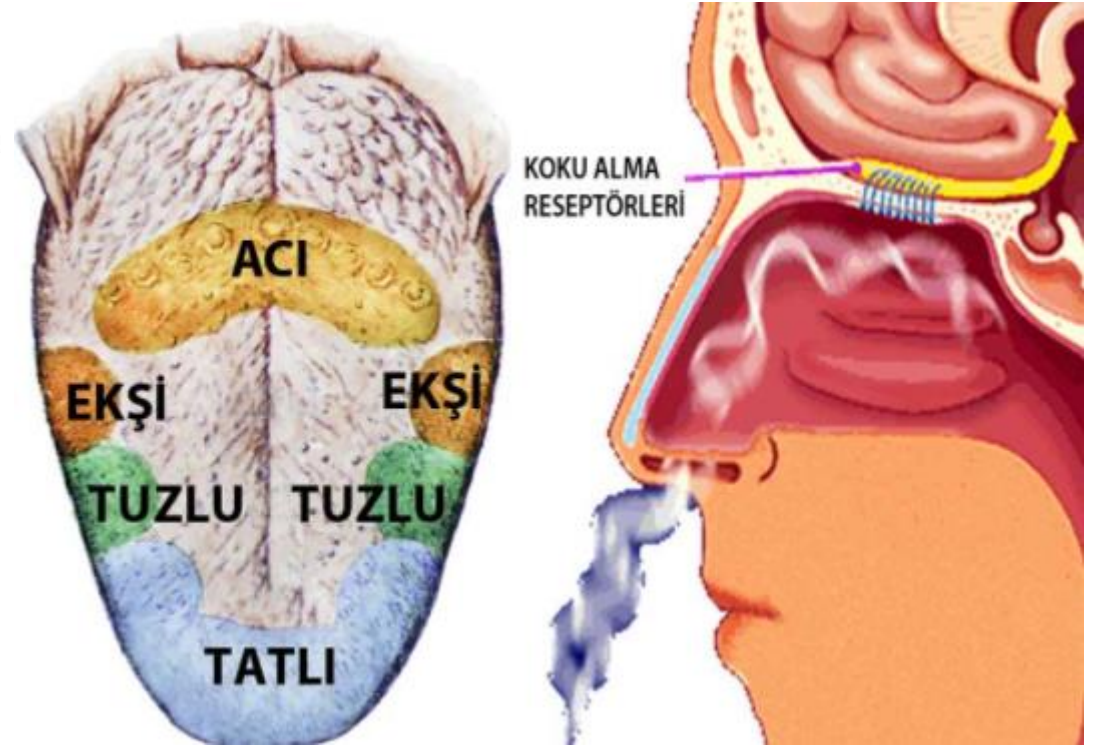


TAT DUYUSU

Tat duyusunda ağız içi sıvıda çözünen kimyasal maddeler sinyal olarak kabul edilir. Dil ve damak mukozası tat yanında deği, sıcaklık gibi uyarılara da duyarlıdır.

Tat alma duyusu "acı,tatlı,ekşi,tuzlu" şeklinde sınıflandırılmaktadır. Dört temel tada duyarlı bölgelerin dildeki dağılımı, homojen değildir.

Tuzluluk, tuz konsantrasyonu; ekşilik asitlik miktarı ve dolayısı ile [H+] konsantrasyonu; acılık, zehirlilik derecesi; tatlılık ise besin değeri hakkında bilgi taşırlar.



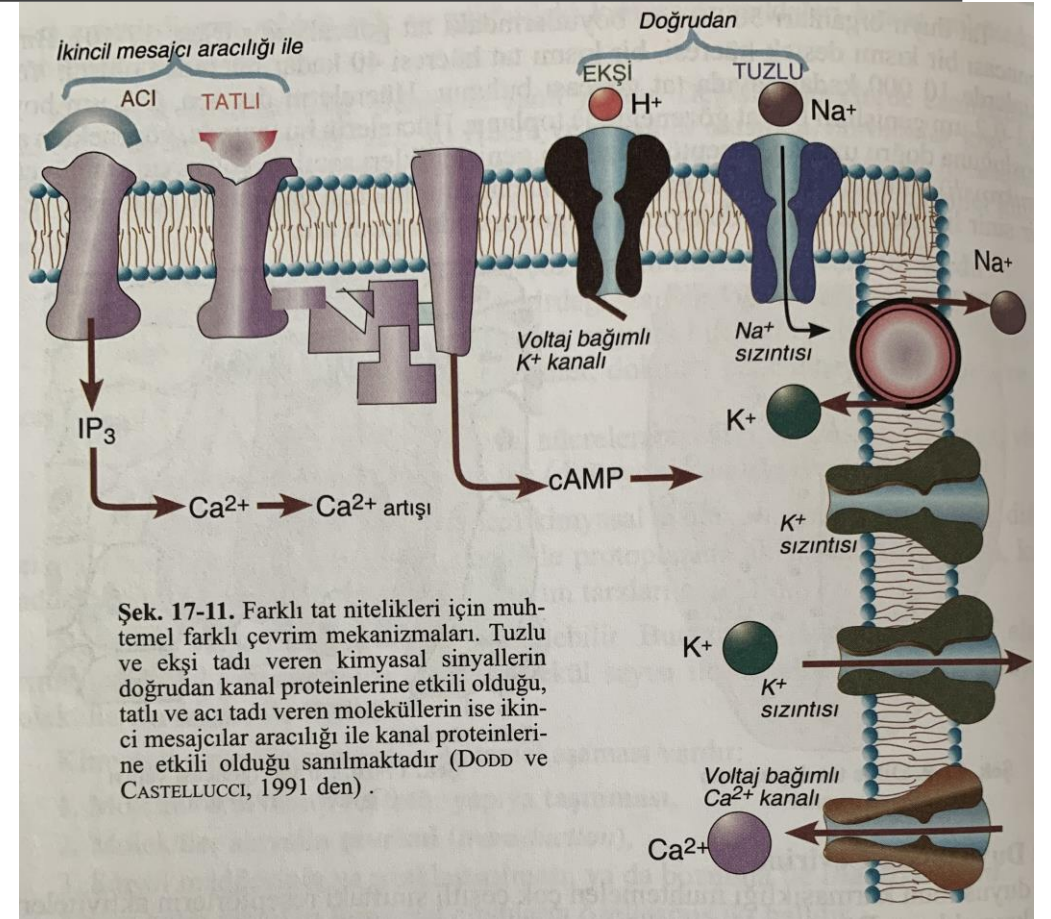
Tat Duyusunda Çevirim

1. Acılık

Acı uyarının hücre içi depolardan Ca^{2+} salınmasına neden olduğu, bunun da muhtemelen IP_3 (inositol trifosfat) veya cAMP ile tetiklendiği gözlenmiştir. Ca^{2+} artışının tat hücresinden nörotransmitter salınmasını ve bu yolla duyu lifini aktive ettiği düşünülüyor.

2. Tatlılık

Tatlılığın çevrimi için iki muhtemel mekanizma önerilmektedir: 1. Voltaj bağımlı K^+ kanallarının kapanması ile depolarizasyon ki bunun da cAMP düzeyinin yükselmesi ile birlikte olduğu kabul ediliyor. 2. Sakarozun voltaj bağımlı olmayan seçici geçirgen Na^+ kanallarının açılmasına, bu yolla depolarizasyona neden olduğu kabul ediliyor.



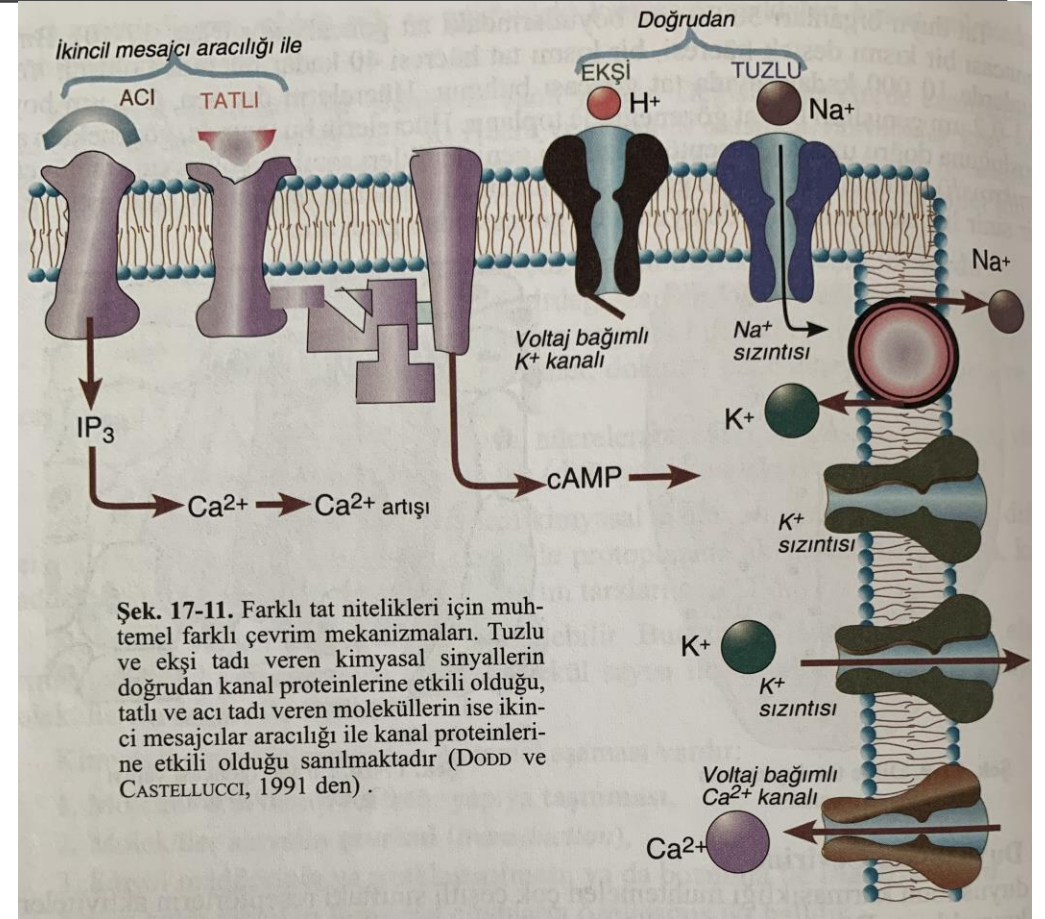
Tat Duyusunda Çevirim

3. Ekşilik

Asitlerin neden olduğu tat duyusudur. Bu maddeler, özel bir reseptör proteine gerek olmaksızın voltaj bağımlı Na^+ , K^+ , Ca^{2+} kanallarının bloke edici aktivite gösterirler. Bu kanallardan H^+ iyonlarının geçmeye çalışması ile özellikle voltaj bağımlı K^+ kanallarının bloke olduğu, bunun da bir depolarizasyona neden olduğu düşünülmektedir.

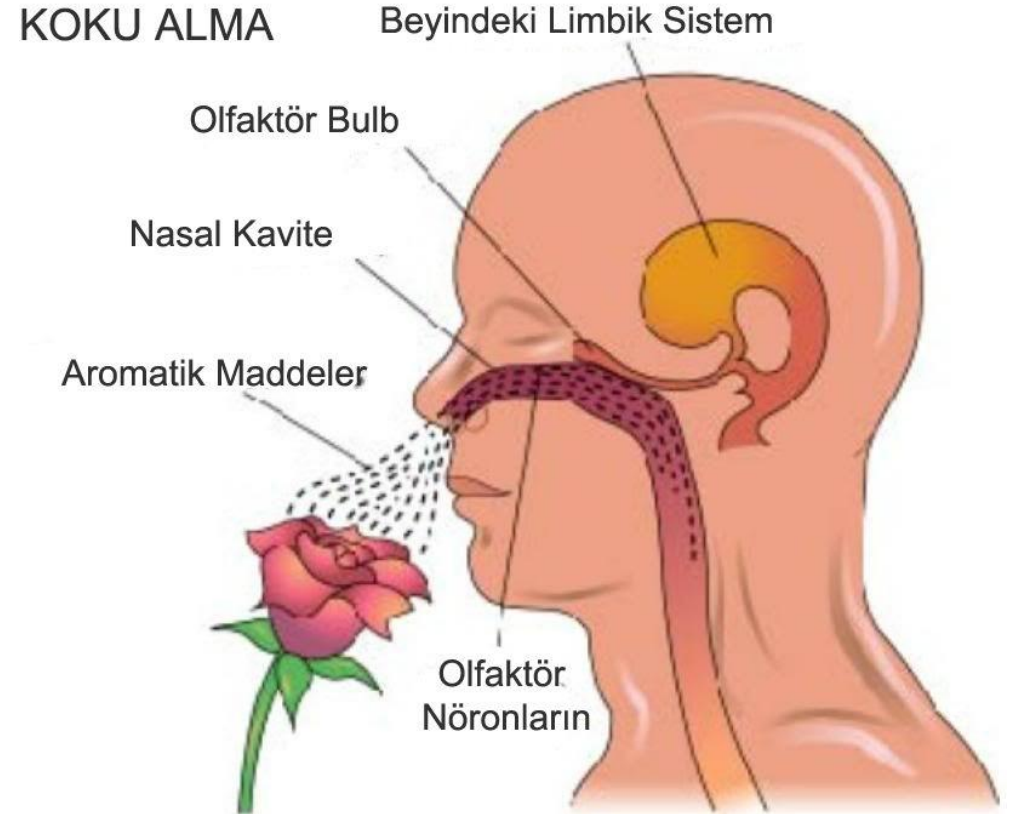
4. Tuzluluk

Tuzluluk uyarını kimyasal maddelerin, muhtemelen pasif Na kanallarından içeri girişi ile zar depolarize olmaktadır.



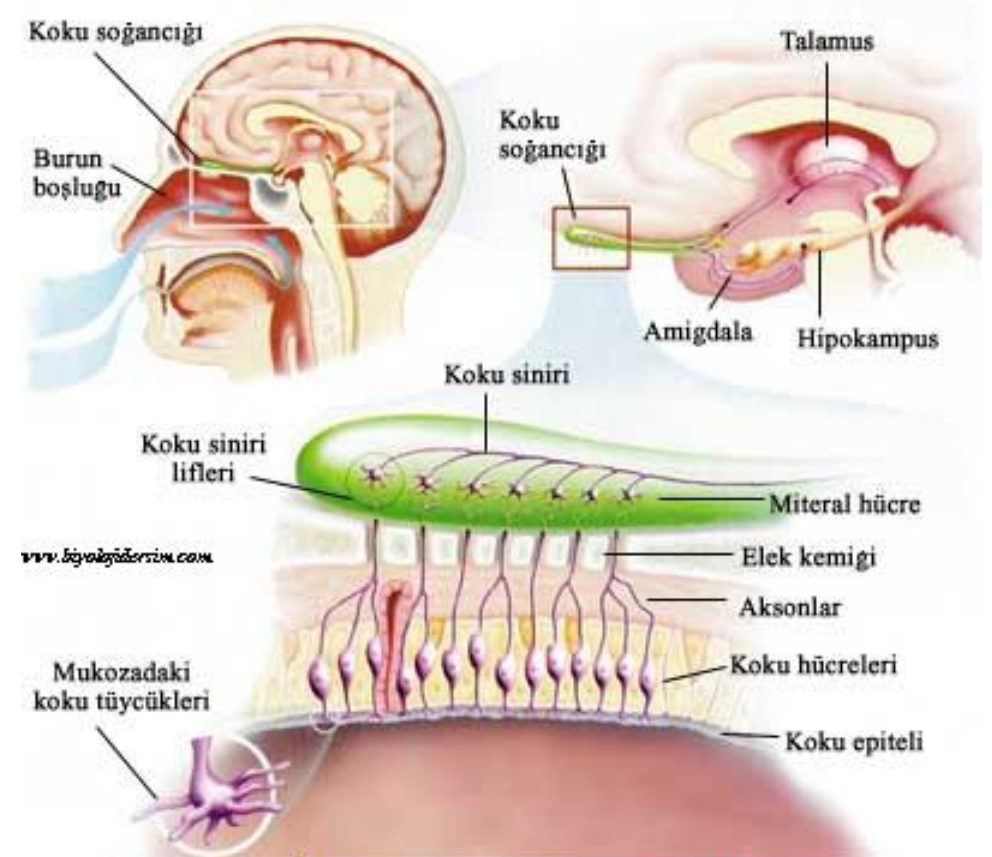
KOKU DUYUSU

Koku uyararı havadaki taneciklerdir ve maddenin buharlaşabilmesi ile yakından ilgilidir. Koku reseptörleri burun tavanında, mukozasının özel bir kesimine yerleşmişlerdir ve 5-8 hafta yaşar ve yenilenirler. Koku duyusunun thalamusta bir durağı yoktur, reseptörlerin aksonların doğrudan MSS ne uzanır. Çevirim (transduction) ve beyne kadar iletim aynı bir tek hücrede gerçekleşir. Koku yolu, dış dünya ile beynin doğrudan bağlantılı olduğu yoldur.



Koku Duyusunda Çevirim

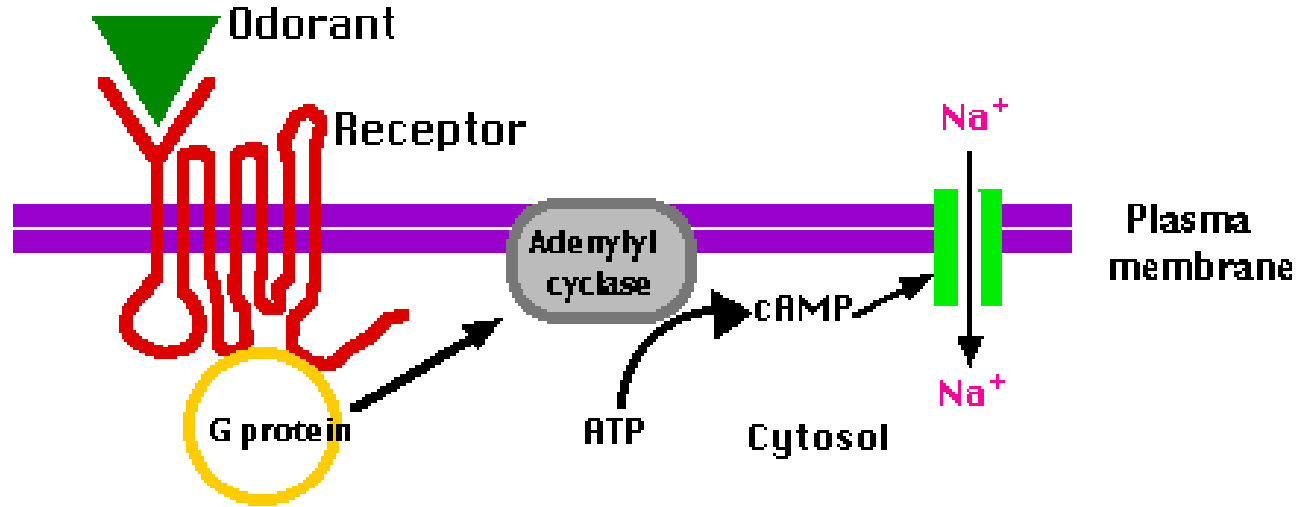
Reseptör hücreler olarak da bilinen Olfaktör hücrelerden yaklaşık 50 milyon adet bulunmaktadır. Bu hücrelerin aksonları lif halinde bulunurlar ve hücre yüzeyinde silyalar mevcuttur. Koku duyusu şiddeti moleküllerin havadaki konsantrasyonları ile ilgilidir. Koku şiddet ayarımı da herhangi bir koku için çok zayıftır. İnsanda koku duyusu kaba sayılır. Örneğin görmede %1 lik şiddet farklı ayırt edilebilirken koku da bu oran %30 kadardır ve çok kabadır.



Şekil 2 : İnsanda koku alma ve değerlendirme

Koku Duyusunda Çevirim

İnce moleküler mekanizmalar bilinmemekle beraber, havadaki moleküllerin koku duyumu oluşturmaları için, mukusu karışımında çözülmüş olmaları, reseptör moleküle bağlanmaları gerekir. Çevrimde ikinci mesajcı olarak cAMP nin rol aldığı, cAMP moleküllerinin Na⁺ kanallarına bağlanarak açılmalarına ve reseptör potansiyelinin gelişmesine neden oldukları sanılmaktadır.



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER
