**Duyu fizyolojisi -1**

Duyu sistemi, dış veya iç ortamdan uyarı alan duyusal reseptörlerden, informasyonu beyne veya omuriliğe ileten sinir yollarından ve beyindeki ilgili bölümlerden oluşur.

İç-dış ortam hakkındaki bilgiler sürekli işlenir.

İşlenen sinyaller her zaman bilince ulaşmaz. Talamus üzerinden kortekse ulaşan bilgi bilinçli, serebellum gibi daha alt seviyelerde sonlanan duyular bilinçsiz olarak işlenir.

Duysal informasyon şu işlevlerde kullanılır:  
1- Duyuların algılanması

2- Motor kontrol (hareketlerin kontrolü)

3- Uyanıklık (Retikuler formasyo)

4- İç organ işlevlerinin düzenlenmesi, homeostaz

**Uygun uyaran – Reseptör özelleşmesi**

Farklı tipte enerji değişikliklerine duyarlılık gösteren yapılar, duyu reseptörleri olarak adlandırılır.

Her reseptör tipinin uygun uyaranı farklıdır. Örneğin, bir fotoreseptör ses dalgası ile etkinleşmezken ışık uyaranı ile etkinleşir

Örnekler:

Işığa duyarlı reseptör: Fotoreseptör

Sıcak veya soğuğa duyarlı : Termoreseptör

Kimyasallara duyarlı : Kemoreseptör

Ağrı verici uyarıya duyarlı : Nosiseptör

Dokunsal uyarana, basınca duyarlı : Mekanoreseptör

Duyu reseptörü afferent nöronun kendisi (ör. koku ve somatik duyu) veya afferent nöronla sinaps yapan bir reseptör hücresi (ör. işitme, denge, görme, tat) olabilir.

Dokunma, sıcaklık, ses veya ışık… Hangi enerji türü olursa olsun mutlaka elektrik enerjisine dönüşür (**duyusal transdüksiyon**).

Duyu reseptörleri uyarıldıklarında dinlenim memran potansiyelleri değişir ve **reseptör potansiyeli** oluşur. Bu potansiyel, dereceli, lokal potansiyeldir. Birikmeye (sumasyon) uğrayabilir. Nöronda aksiyon potansiyeli oluşturacak güçte ve sıklıkta ise bilgi nöronlar aracılığıyla üst merkezlere iletilir.

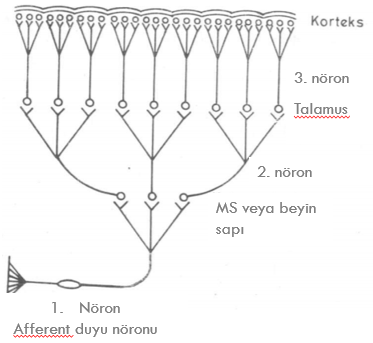
**Reseptif örtü**: reseptörlerin yerleştiği yapıdır (ör. Retina, görme reseptörlerinin yerleştiği doku tabakasıdır)

**Reseptif Alan**: Duyu sisteminde bir nöronun uyaranlardan etkilendiği reseptif örtü bölgesidir.

**Duyusal birim**: Bir 1. duyu nöronu (afferent nöron) ve bunun periferik-merkezi tüm dallarını ifade eder. Birden fazla duyusal birimin reseptif alanları iç-içe geçmiş olabilir.

**Duyusal sistemlerde seri-hiyerarşik, paralel ve topografik organizasyon**

**Duyu Yolları,** Bir grup duyu nöronunun seri organizasyonu ile oluşur. Bunlar 1., 2., 3. ve yüksek sıralı nöronlar şeklinde adlandırılır (bkz. Şekil 1).



Şekil 1: Duyu yollarınınn seri organizasyonu. 1. duysal nöronun sinaps yaptığı nöron 2. duysal nöron (gövdesi MS veya beyin sapında), 2. duysal nöronun sinaps yaptığı nöron 3. duysal nörondur (gövdesi, talamusta spesifik bir duysal nukleustadır).

Duyusal informasyon, Talamustaki spesifik nukleuslardan ilgili duyu korteksine İletilir.

Her duyu sistemi için farklı 1. duysal alanlar (primer duyu korteksi) vardır.

1. duysal alanların çevresinde 2. (sekonder duyu korteksi) ve daha üst düzey duysal kortikal alanlar (asosiasyon korteksi) vardır.

**Duyusal kodlama**

Duyunun yalnızca ne olduğu değil, süresi, şiddeti ve konumu da reseptör düzeyinden itibaren kodlanmaya başlar.

1. **Uyaranın ne olduğu** reseptör tipiyle belirlenir (**duyu modalitesi** de denir). Ağrı, sıcak, dokunma gibi her bir duyu bir modalitedir. Modaliteler merkezi sinir sistemine (MSS) kadar birbirine karışmadan paralel sinir lifleri ile taşınırlar.
2. **Uyaran şiddeti** ne kadar fazlaysa nöronun ateşleme (aksiyon potansiyeli, AP) sıklığı o kadar fazla olur (*frekans kodu*). Eşik altı reseptör potansiyelleri merkeze iletilmez ve duyu algılanmaz. Bir nöronda iletilebilecek AP frekansı sınırlıdır; belli bir şiddetten sonra sinir lifi ne şiddetle uyarılırsa uyarılsın daha sık AP oluşturamaz.

Ayrıca, nöronların uyarılma eşikleri farklı farklı olduğundan, uyaran şiddetlendikçe eşiği yüksek olan nöronlarda ateşlemeye başlar ve uyarılan reseptör populasyonu (olaya katılan duysal birim sayısı) artar. Böylece uyarılan nöron sayısı arttıkça uyaran daha şiddetli hissedilir (*popülasyon kodu*).

1. **Uyaran süresini** belirlemede reseptörlerin adaptasyonu (*uyum*) önemlidir. Reseptör **adaptasyonu** ile kastedilen şey uyaran devam etse bile nöronun ateşlemeyi bırakmasıdır. Bazı reseptörler hızlı, bazlıları yavaş adapte olur. Örneğin kıyafet giydiğimiz anda kumaşın dokunduğu hissini alırız ancak daha sonra bu his kaybolur. Ancak, yeni bir değişiklik olursa (kumaşın kayıp düşmesi gibi) nöron tekrardan ateşler. Böylece MSS’ne sadece gerektiği durumlarda bilgi götürülmüş olur. Adaptasyon, metabolik kaynakların ve dikkat kaynaklarının ekonomik kullanılmasını sağlar.

Tüm duysal reseptörlerin ve nöronların özelliği, sabit şiddetteki uyarana adapte olmalarıdır. Adaptasyon, hücre membran özelliklerinden veya akson son ucunu çevreleyen yapılardan kaynaklanır (Ca++ bağımlı K+ kanallarının açılması, Na+ ve Ca++ kanallarının kapanması veya Pacinian korpüskülünü çevreleyen bağ doku halkaları tarafından uyaranın sönümlenmesi gibi)

* Hızlı adapte olan (fazik) reseptörler: Meissner ve paccini korpüskülleri
* Yavaş adapte olan (tonik) reseptörler: Soğuk, ağrı, kas iğciği reseptörlerinin bir tipi, karotid, aortik reseptörler

Adaptasyon,

1. AP sıklığını azalttığı için enerji tasarrufu sağlar

2. Sistemi gereksiz informasyon yükünden korur (ör. Sürekli temas edilen kıyafetler)

3. Sinyal/Gürültü oranını artırır

İyonik çevre, sıcaklık, pH gibi faktörler uyaran olmadığı halde AP oluşturabilir (gürültü)

Adaptasyon gürültüyü azaltır, sadece uyaran şiddetindeki değişikliklere yanıt verilmiş olur

1. **Uyaranın konumu** reseptif alan ile belirlenir. Reseptif alan bir duyu reseptörünü uyarabileceğiniz bölgenin sınırlarını belirtir. Reseptif alan küçükse duyu daha kolay lokalize edilebilir. Dudak ve parmak ucunda reseptif alanlar dardır iki noktayı daha rahat ayırt edebiliriz. Sırtta ise iki noktayı ayırt etme becerisi oldukça düşüktür, çünkü reseptif alan büyüktür.

Reseptif alanların iç içe oluşu, geçiş istasyonlarında nöronların konverjans ve diverjans ilişkisi nedeniyle uyarılan bölgenin sınırları ile ilgili bilgi giderek keskinliğini yitirir

Bu durum lateral inhibisyon mekanizması ile engellenir.

Özetle;

* Uyaranın ne olduğu : reseptör özelleşmesi ve işaretlenmiş hat (modalite)
* Uyaran şiddeti : nöronun ateşleme sıklığı (*frekans kodu*), uyarılan nöron sayısı (*popülasyon kodu*)
* Uyaran süresi : reseptörlerin adaptasyonu
* Uyaranın konumu : topografik organizasyon, lateral inhibisyon, iki nokta ayrımı

**Afferent Lif tipleri:**

Farklı duyu modaliteleri, farklı hızlarla iletilir . Bir sinirin iletim hızı, akson çapına ve miyelinli oluşuna bağlıdır.

A alfa (Tip I): kas iğciği, GTO

A beta (Tip II): deri mekanosereptörleri

A delta (Tip III): ağrı, sıcak, soğuk

C (Tip IV): Ağrı, kaşınma, sıcak, soğuk

**Somatik duyu fizyolojisi**

Soma: vücut (Greek)

Özel duyulardan farklı olarak reseptörleri tüm vücuda dağılmıştır:

* deri,
* subkutan doku,
* iskelet kasları,
* kemikler ve eklemler,
* iç organlar,
* epitel ve
* kardiyovasküler sistem

**1. Dokunma-Basınç duyusu**

Başlıca 4 kapsüllü mekanoreseptör bu duyudan sorumludur.

Epidermise yakın (yüzeyel) yerleşimliler : Meissner korpüskülü ve Merkel diski. Bunların boyutları küçük, reseptif alanları dardır. İnce uzaysal analiz için avantajlıdır (ör. Braille alfabesi ile okuma)

Dermiste (daha derinde) bulunanlar : Paccini korpüskülü ve Ruffini sonlanmasıdır. Boyutları büyük, reseptif alanları geniştir (cm2). Uzaysal çözünürlükleri düşüktür.

**2. Ekstremite Pozisyonu Duyusu (Derin duyu, proprioseptif duyu):**

2 alt modalitesi var:

* Pozisyon duyusu
* hareket duyusu

Dengenin sağlanmasında, Hareketin kontrolünde ve Tutulan objenin tanınmasında önemlidir.

**3. Termal duyu**:

Termoreseptörler ile alınır. Deri ve mukoza termoreseptörleri sıcaklık algısında önemlidir. Hipotalamustaki termoreseptörler vücut sıcaklığının sabit tutulmasında ve homeostazda kritiktir (enzimler sabit sıcaklıkta optimal çalışır, protein yapısı sıcaklıktan etkilenir…).

* Soğuk reseptörleri
  + 34-35°Cnin altında yanıt vermeye başlar
  + Soğukluk arttıkça yanıt büyüklüğü artar
* Sıcak reseptörleri
  + 30-45°C arasında yanıt vermeye başlar
  + Sıcaklık arttıkça yanıt büyüklüğü artar

**4. Ağrı duyusu**

Dokuda hasar yapan uyaranlara özelleşmiş ağrı reseptörleri / nosiseptörler ile alınır.

(Nocere: yaralanma, Poena: işkence, Latince).

Bu uyaranlar,

Mekanik : keskin obje ve güçlü mekanik uyarılara duyarlı

Termal : 45°C üstünde: sıcak nosiseptörleri / 5°C altında : soğuk nosiseptörleri

Kimyasal : K+, H+, Histamin, Bradikinin, Sitokinler, Seratonin, Prostaglandinler

Polimodal : mekanik, termal ve kimyasal enerjinin üçüne de duyarlı

**Ağrı duyusu reseptörleri**

Nosiseptörler; Aksonları ince, az miyelinli (A delta) veya miyelinsiz (C tipi) nöronlardır.

* A delta tipi lifler: hızlı, keskin, lokalize edilebilen ağrı (glutamat)
* C tipi lifler: gecikmiş, yavaş, yanma şeklinde veya künt ağrı (glutamat + substans P)

Deri, kemik, kas, iç organlar, kan damarı ve kalpte bulunur. İronik olarak, beynin kendisi duyulardan yoksundur, meninkslerde ağrı reseptörleri bulunur.

**Yansıyan Ağrı**

İç organlardan kaynaklanan ağrı duyusunun vücut yüzeyinden geliyor gibi hissedilmesi (referred pain). Sebebi, somatik afferentlerle aynı 2. nörona konverje olmalarıdır.

ör, kalp krizinde kalpten gelen ağrı duyusunun sol omuz ve sol kolda hissedilmesi.

Algılanan ağrı seviyesi, uyaranın yalnızca fiziksel bir özelliğinden ibaret değildir, deneyimler, telkin, duygular (özellikle anksiyete) ve diğer duyu modalitelerinin eşzamanlı aktivasyonundan etkilenir:

1. **Hiperaljezi**

Ağrı duyusunun olduğundan daha şiddetli hissedilmesidir.

Sebebi reseptör ve ağrı yollarındaki modifikasyonlar yani değişikliklerdir (reseptördeki iyon kanallarında değişiklik gibi).

1. **Analjezi**

Analjezi, bilinç veya diğer duyular etkilenmeksizin ağrının seçici olarak bastırılmasıdır.

Anestezi ise tüm duyuların bastırıldığı durumdur, bilinç korunabilir veya bilinç kaybı olabilir.

Endojen mekanizmalarla veya Analjezik ilaçlarla ağrı hafifletilebilir.

*Kapı kontrol teorisi:*

İnen yoların etkisiyle veya diğer duyusal informasyonların etkisiyle (ör. Dokunma) ağrı duyusu modüle edilebilir.

**SOMATIK DUYU YOLLARI**

1. duyu nöronu (afferent nöron) pseudo-unipolar nörondur, 1 Merkezi - 1 Periferal aksonu vardır.

Somatik duyu nöronlarının hücre gövdesi arka kökte spinal gangliyonda, kafa ile ilgili duyu nöronlarının hücre gövdesi beyin sapındaki çekirdeklerindedir (çoğu n. trigeminalis (CN V), kulak ve burnun bazı bölgeleri ile farenks çevresindeki deriden n. facialis (VII), n. glossofaringealis (IX) ve n. vagus (X)).

***Merkeze projeksiyonlar (çıkan yollar):***

Farklı modalitelere ait afferentlerin beyne projeksiyonları da farklıdır.

Başlıca iki büyük çıkan yol vardır:

1- Dorsal kolon-medial lemniskal sistem (Arka kordon-MLS)

2- Anterolateral Sistem

**Dorsal Kolon-Medyal Lemniskal Sistem**

1. Uyarının yüksek derecede lokalizasyonunu gerektiren dokunma duyuları

2. Şiddetin çok iyi derecelendirilerek iletilmesini gerektiren dokunma duyuları

3. Titreşim duyuları gibi fazik duyular

4. Deri üzerindeki hareketi haber veren duyular

5. Eklemlerden gelen pozisyon duyuları

6. Basınç şiddetinin hassas derecelerini değerlendirmekle ilgili basınç duyuları bu yolda taşınır.

**Anterolateral Sistem**

1. Ağrı

2. Soğuk ve sıcak duyularının her ikisini de içeren termal duyular

3. Vücut yüzeyindeki sadece kaba lokalizasyonu mümkün kılan kaba dokunma ve basınç duyuları

4. Gıdıklanma ve kaşınma duyuları

5. Cinsel duyular bu yolda taşınır.

Deriden gelip omuriliğe giren duyu liflerinin omurilik seviyeleri bellidir. Her bir duyu lifi takip edildiğinde anatomik olarak **dermatom** profiline uygun bir şekilde omuriliğe giriş yaptıkları görülür. Lifler omurilikte birbirine karışmadan beyne doğru çıkar. Beyin sapından geçer, talamusa gelir.

**Talamus**, koku hariç tüm duyuların geldiği bir beyin bölümüdür. Burası duyusal bilgiler için bir nevi beyne giriş kapısıdır. Talamus çekirdeklerinde sinaps olur nöron değişir ve gerekli bilgiler beyne iletilir. MSS'de daha ilerde anlatılacak olan pariyetal kortekste 3,1,2. broadman alanları "**somatosensoryel korteks**" olarak bilinir. Duyusal bilginin ne olduğu, süresi, şiddeti ve lokalizasyonuna dair bilgiler daha sonra bütünleştirilir, texture bilgisi (yumuşaklığı, pürüzlülüğü) vs ile nesnenin ne olduğu tanımlanmaya başlanır. Hatta bu aşamadan sonra görme, işitme gibi diğer duyu modalitelerinden gelen bilgiler de bir araya gelerek pariyetal kortekste farklı bir alanda (5 ve 7) birleştirilip obje tüm özellikleriyle tanınır.

Soru

Sırtından bıçaklanan bir kişide yarım omurilik hasarı oluşuyor. Bu hastada kesi bölgesi ile aynı tarafta hangi duyu kaybı beklenir?

A. ağrı, sıcak, soğuk

B. vibrasyon, iki nokta ayrımı, proprioseption

*Cevap : B.*

Omurilik kesileri motor-duyusal kayıp yapabilir:

İnen yollar : kortikospinal yol – motor kayıp

Çıkan yollar : Dorsal yol ve anterolateral yol – Duyusal kayıp yapar.

**SOMATİK DUYU İLE İLGİLİ KORTİKAL ALANLAR**Serebrumun genel organizasyonu ile uyumlu olarak primer ve sekonder alanlar ile asosiasyon alanları rol alır.

Somatik duyu ile ilişkili alanlar pariyetal lobda yer alır

Primer somatosensöryel alan (S1) : Brodmann 3, 1, 2. alanları

Sekonder somatosensöryel alan (S2): Brodmann 40. alan

Posterior pariyetal korteks: Brodmann 5 ve 7. alan

**Kaynaklar**:

1- Neuroscience, Exploring the Brain, 2. baskı, Bear M.F., Connors B.W., Paradiso M.A., 2001.

2- Neurophysiology, 4. baskı, R.H.S. Carpenter, 2003.

3- Principles of Neural Science, 4. baskı, Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessel T.M.2000. (22-23. kısımlar)

4- Fitzgerald's clinical neuroanatomy and neuroscience, 7. baskı, Elsevier

5- Ganong’s Review of Medical Physiology, 27. baskı, Barrett K.E., Brooks H.L., Barman S. M., J-Yuan J.X.. 2019, Lange

6- Vander İnsan Fizyolojisi, 13. baskı, Widmaier E.P, Raff H., Strang K.T., ç. Özgünen T., Güneş Tıp Kitabevi