**Duyu fizyolojisi -2**

Özel duyular:

* Görme
* İşitme
* Denge
* Koku
* Tat

**1.GÖRME**

**Gözün yapısı**

**Sklera:** Gözün etrafını saran tabaka

**Kornea:** En öndeki saydam sklera tabakası. Işığın ilk kırıldığı yer.

*Kornea refleksi* : *korneaya dokunulduğunda refleks olarak göz kapağı kapanır.*

**Koroid**: damarların olduğu tabaka.

**İris**: Renkli kısım. Radyal ve sirküler kaslar var: Pupil çapını ayarlar (sempatik-parasempatik sistem).

**Pupil:** göz bebeği. Işığın göze girebildiği açıklık.

*Pupiller ışık refleksi : Göze giren ışığın miktarını ayarlayan otonom mekanizma (parasempatik).*

**Lens**: Kırıcılığı değiştirilebilen bir mercek. Bunu iki ucuna tutunan zonula lifleri sağlar.

Lens iki ucundan gerilirse bombelik azalır ışığı daha az kırar (uzağa bakarken).

Lifler gevşekse lens bombeleşir ve ışığı daha fazla kırar

*Akomodasyon: yakına bakma sırasında görüntüyü netleştiren (lensi kalınlaştıran) mekanizma, göz uyumu.*

*Yaşlılarda bu işlev bozulur (presibiyopi yakını görememe).*

**Aköz ve vitröz humor**: gözün içini dolduran sıvı.

**Retina:** Görme duyusunun reseptif örtüsü**.**

Çok düzenli hücre katmanlarından oluşur. Reseptörler en dipte, gangliyon hücreleri aköz humora bakan taraftadır.

***Fovea***: retinada görüntünün en net oluştuğu yer.

Belli bir noktaya odaklandığımızda görme alanının merkezindeki ışınlar tam olarak makula ortasındaki foveaya düşer.

Retinadan gelen görme alanı bilgisi, optik sinirle beyne iletilir.

Optik sinirin gözü terk ettiği yerde fotoreseptörler olmadığı için burası **kör nokta** olarak bilinir.

***Pigment tabakası***: melanin içerir. Işığı absorbe eder, keskinlik artar.

Albinizmde eksik. Görme keskinliği çok düşük.

**Görme reseptörleri: FOTORESEPTÖRLER**

Görünür ışık (400-750nm) bu reseptörleri uyarabilir. Fotoreseptörler ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür (Fototransdüksiyon).

**2 tip fotoreseptör:**

**Koni**: Renkli görmeden sorumludur. Kırmızı, mavi ve yeşile duyarlı 3 alt tip vardır.

**Çomak (Basil)**: Renksiz, karanlıkta görmeden sorumludur.

Fotoreseptörden gelen bilgi retinadaki **gangliyon hücrelerine** iletilir. Gangliyon hücrelerinin aksonları **optik siniri** (görme siniri) oluşturur.

**Fototransdüksiyon:**

* Kimyasaldır
* G proteinler ve ışık pigmentleri (rodopsini fotopsin vb) rol alır.
* Işık pigmentleri fotonların etkisiyle yapısını değiştirir, hücre içi sinyal kaskadını başlatır.
* Rodopsinin yeniden oluşmasında A vitamini gereklidir.
* *A vit. eksikliğinde gece körlüğü oluşur.*

Transdüksiyon basamakları:

* **Işık** etkisiyle **rodopsin** parçalanır (aktifleşir)
* **Transdusini (**G protein) uyarır
* **cGMP fosfodiesterazı** aktive eder;
* **cGMP** yıkılır
* cGMP-kapılı **sodyum kanalları kapanır**
* Zar hiperpolarize olur.

Fototransdüksiyon sırasında oluşan reseptör potansiyeli depolarizasyon değil, **hiperpolarizasyon** şeklindedir: Karanlıkta sitoplazmada cGMP yüksektir. Membrandaki Na+ kanalları açıktır, hc. İçine Na+ girişi olur. Aydınlıkta, cGMP azalır, Na+ kanalları kapanır. Zar hiperpolarize olur.

**GÖRME DUYU YOLLARI**

Sağ ve sol görme alanı iki gözle beraber tek bir görüntü haline getirilir. Nazal retinadan gelen aksonlar çapraz yaparken, Temporal retinadan gelenler çapraz yapmaz. Korpus kallsoum iki hemisferin iletişimini sağlar. Böylece görüntünün her iki hemisfere de gelmesi sağlanır. Görme alanında iki komşu bölge retinada da yan yana düşer, beyne kadar bu komşuluk korunarak bilgi iletilir (**retinotopik organizasyon**).

Tıpkı diğer duyu modaliteleri gibi önce talamusa (lateral genikülat nukleus, LGN) sonra kortekse ulaşır. Görme işlevinden sorumlu korteks = **oksipital** kortekstir (Brodmann 17, 18, 19)(V1, V2, MT).

Soru

Hipofiz tümörü nedeniyle optik kiazmasında bası bulunan bir hastada hangi tipte görme kaybı beklenir?



*Cevap : B*

**Pupiller ışık refleksi**

Afferenti: CN2 (n. opticus)

Efferenti: CN3 (n. oculomotorius)

Merkezi: Mezensefalon

Parasempatik etki ile : **miyozis** (pupil daralır)

Sempatik etki ile : **midriazis** (pupil genişler)

**2. İŞİTME**

**Kulağın Yapısı:**

**1)Dış kulak**

**Kulak kepçesi**: sesi toplar,

**Dış kulak yolu**: sesi iletir.

Ses dalgaları **timpan zarı**nı titreştirir.

**2) Orta Kulak**

**Östaki Borusu** ile farenkse bağlıdır, basınç dengesi

**Malleus, incus, stapes**: titreşince sesi yükseltir

**3) İç kulak**

**Kohlea:** Duyu reseptörlerinin olduğu **korti organı**nı içeren yapı.

İçi sıvı dolu bir tüp şeklinde, dışı kemikle çevrili.

Reseptörler sıvının hareketi ile mekanik olarak uyarılır.

**İşitme reseptörleri : KIL HÜCRELERİ**

Transdüksiyon basamakları:

* Ses dalgaları kohlear sıvıları titreştirir,
* Korti organındaki **bazilar membran** hareket eder.
* Duyu reseptörleri (**kıl hücreleri**) hareket eder.
* Mekanik etkiyle iyon kanalı açılır, hücre içine **K+** dolar.
* Reseptör Potansiyeli oluşur

Kohleanın içinde kanallardan oluşan bir sistem vardır.

Kanallarda **endolenf** ve **perilenf** denilen sıvılar bulunur. Ses dalgaları bu sıvıları titreştirdiğinde (soldaki şekil), korti organındaki **bazilar membranı** hareket ettirir. Her ses frekansı farklı bir zar bölgesini titreştirebildiğinden sesin tizliği-kalınlığı uyarılan zar bölgesi ile kodlanır (**tonotopi**).

Duyu reseptörleri (kıl hücreleri) bazilar membrana oturduğu için, zar titreyince hareket ederler. Hareketleri, hücrede bir iyon kanalının açılmasını sağlar ve hücre içine **K+** dolar (endolenfin K+ içeriği fazladır bu nedenle kapı açılınca hücre içine girer). Zar potansiyeli değişir. Ses dalgalarının enerjisi, elektrik enerjisine bu şekilde dönüşmüş olur. Burada Reseptör hücresi ile sinir hücresi arasında bir sinaps vardır. Bilgi işitme sinirine (**kohlear sinir, nervus cohlearis=CN 8**) aktarılır. Kohlear sinir beyin sapında bir sinaps yapar sonra **talamusa** ve orda sinaps yaptıktan sonra beyne (**temporal lobdaki işitme korteksine, 41-42. alan**) ulaşır.

Soru

Sesin şiddetinin (yüksekliği) kodlanmasında hangisi rol alır?

A. Frekans

B. Tonotopi

*Cevap : A*

* Sesin yüksekliği yani şiddeti arttıkça aksiyon potansiyeli sıklığı artacaktır.

(frekans kodu)

* Aynı zamanda yüksek eşikli duyusal birimler de uyarılacak olaya katılan birim sayısı artacaktır

(popülasyon kodu)

* Her ses işitilmez.
	+ 20-20.000 Hz arasına duyarlı.
	+ İşitme için duyusal eşik : 20Hz
* Her ses frekansı farklı bir zar bölgesini titreştirir.
* Sesin frekansı (Hz) yani tizliği-kalınlığı uyarılan zar bölgesi ile kodlanır.
* *Tonotopik harita* tüm duyu yolları boyunca korunur.
* İşitme korteksinde anterior bölge düşük, posterior bölge yüksek frekanslı seslere duyarlıdır.

**İŞİTME DUYU YOLLARI**

* Korti organı (kulak)
* Vestibulo-kohlear sinir (CN 8)
* Beyin sapı (nuc. kohlearis ve olivaris)
* Talamus (medial genikülat nukleus)
* İşitme korteksi (temporal lob)

Araştırma Sorusu

* Sesin ortamın neresinden geldiği (lokalizasyonu, yönü) nasıl kodlanır?
	+ İki kulağın ve kulak kepçesinin rolü nedir?

**3. DENGE**

**İç kulağın yapısı**

**1. Kohlea:** işitme

**2. Labirent**: Koklea ile bağlantılı. İçinde endolenf-perilenf dolaşır.

**Yarım daire kanalları**: Farklı eksende bulunan üç kemik yapı. Başın dönüşünde aktif.

**Ampulla**: Yarım daire kanallarının alt ucundaki genişlik.

Krista ampullaris ve kupulayi içerir

**Utrikulus ve sakkulus**: Başın doğrusal hareketinde aktif.

(U: horizontal S: vertikal hareketlerde)

Otolitler bulunur

Yarım daire kanalları da **endolenf** ve **perilenf** içerir. Reseptörleri iç kulaktaki yarım daire kanallarında, utrikulus ve sakkulustadır. **crista ampullaris** ve **cupula** olarak bilinir.

Transdüksiyon basamakları:

* Baş hareket eder
* Endolenf eylemsizlikle ters yönde kalır, kupulayı iter
* Reseptör **kıl hücreleri** uyarılır.
* Mekanik etkiyle iyon kanalı açılır, hücre içine **K+** dolar.
* Reseptör Potansiyeli oluşur

**DENGE DUYU YOLLARI**

1. bilinçli proprioseption

* İç kulak
* Vestibulo-kohlear sinir (CN 8)
* Beyin sapı (nuc. vestibularis)
* Talamus
* Somatosensoriyel Korteks (bilinçli proprioseption)

2. bilinçsiz proprioseption

* İç kulak
* Vestibulo-kohlear sinir (CN 8)
* Beyin sapı (nuc. vestibularis)
* Serebellum (bilinçsiz proprioseption)

Ayrıca beyin sapına vücuttan bilgi gelir (kapsüllü mekanoreseptörler, kas iğciği, GTO…).

Denge ve oryantasyonla ilgili üç model vardır:

1. Vestibuler reseptörler
2. Görme reseptörleri
3. Somatik reseptörler

Baş ve gözlerin birlikte hareketi için vestibuler lifler ile göz kaslarına giden motor sinirler arasında bağlantılar var.

 Araştırma sorusu

Nistagmus nedir?

**4. KOKU**

**Burun**: Havayı süzme, ısıtma ve koklama

**Olfaktör Bulbus :** Burnun tavanında 2,4 santimetre karelik alanda. Kribriform kemiğin üzerinde.

**Kribriform kemik**: Beyin boşluğunu burun boşluğundan ayırır.

1. duyu nöronu aksonları bu kemikteki deliklerden geçer.

**Koku reseptörleri : OLFAKTÖR HÜCRELER**

Merkezi sinir sisteminden köken alan bipolar sinir hücreleridir. Yaklaşık 100 milyon hücre vardır. Bazı çalışmalar, koku reseptörlerinin 1000 kadar farklı tipinin olabileceğini göstermektedir.

Destek hücreleri ve goblet hücreleri de koku işlevinde görevlidir.

Transdüksiyon basamakları:

* Reseptör proteine koku molekülü bağlanır
* G protein aktifleşir
* cAMP artar
* Kapılı iyon kanalları açılır
* Reseptör potansiyeli oluşur

Sinyal amplifikasyonu ile en güçsüz koku maddesi için bile uyarıcı etki büyük çapta arttırılır. Olfaktör sinirler çok hızlı adapte olur.

**KOKU DUYUSU YOLLARI**

Beynin koku bölümleri evrimsel olarak gelişen ilk beyin yapıları arasındadır; **limbik sistem** bunun üzerine gelişmiştir.

* 1. Afferent duyu nöronu (olfaktör hücre)
* 2. Duyu nöronu

a. Medial koku alanı

b. Lateral koku alanı

c. Talamusa ulaşır.

Daha sonra,

a. Hipotalamus, limbik sistem

b. Hipokampus, limbik sistem

c. Kortekse (Brodmann 34) iletilebilir.

**5. TAT**

Dilin yapısı:

**Tat tomurcuğu**: epitel hücreleri. Destek ve tat hücreleri. (Sık mitoz)

**Papillalar**:

(1) Sirkumvallat papillalar: dilin arka kısmında,V şeklinde

(2) Fungiform papillalar: dilin ön düz yüzeyi üzerinde

(3) Foliat papillalar: dilin yan yüzleri boyunca uzanan kıvrımlarda.

Damakta, hatta proksimal özofagusta da tat reseptörleri bulunur.

Erişkinlerde 3.000-10.000 tat tomurcuğu var, çocuklarda daha fazla.

Kırkbeş yaşından sonra tat tomurcuklarının çoğu bozulur ve tat duyarlığı azalır.

**TAT Reseptörleri**

Tat hücrelerinde en az 13 olası **kemoreseptör** vardır:

* 2 Na+ reseptörü (tuzlu tat)
* 2 K+ reseptörü,
* 1 Cl- reseptörü,
* 1 adenozin reseptörü,
* 1 inozin reseptörü,
* 2 tatlı tadı reseptörü (birçok organik bileşiğe duyarlı: şeker, glikol, alkol, aldehit, keton, ester, bazı amino asitler, bazı küçük proteinler, sülfonik asit, halojenli asit, kurşun ve berilyumun inorganik tuzları),
* 2 acı tadı reseptörü (birçok organik bileşiğe duyarlı: azot; kinin, kafein, nikotin gibi alkaloidler)
* 1 glutamat reseptörü (umami tat) : MSG tuzağı
* 1 H+ reseptörü (ekşi tat)

Transdüksiyon basamakları:

* Reseptörün tipine göre, bir **iyon kanalı** açılır (H+, Na+ vb) veya bir **ikincil haberci yolağı** aktifleşir
* Reseptör potansiyeli oluşur.
* Sinir hücresi ile sinaps kurulur
* Sinir hücrelerinde önce hızlı deşarj olur, sonra adaptasyon oluşarak AP frekansı azalır.

**TAT DUYU YOLLARI**

* Tat reseptörleri
* Dilin ön 2/3ü : *n. fasialis (CN 7)* Dilin arka kısmı, ağız ve boğazın posteriyor bölgeleri: n. *glossofaringealis (CN 9)* Dilin tabanı, faringeal bölge: n.*vagus (CN 10)*
* Beyin sapı (Nuc. traktus solitarius)
* Talamus(nuc. ventralis posteromedialis)
* *Pariyetal korteks postsentral girus* *(SI’e komşu)*

Traktus solitaryus çekirdeklerine gelen tat sinyali, merkezi beyin sapında olan **tükürük salgısı**yla ilgili otonom reflekslere de afferentler verir.

* Submandibüler bez (CN 7, sup. *Salivator çekirdek*),
* Sublingual bez (CN 7, sup. *Salivator çekirdek*),
* Parotis bezi (CN 9, inf. *Salivator çekirdek*)

**Kaynaklar:**

1- Guyton & Hall Fizyoloji. 12. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi.

2- Ganong’s Review of Medical Physiology, 27. baskı, Lange

3- Vander İnsan Fizyolojisi, 13. baskı, Güneş Tıp Kitabevi