
DUYU SİSTEMLERİ

Prof. Dr. Alaattin Duran

-
- İçinde yaşadığımız dünya pek çok stimulus (uyaran) ile doludur. Bu uyaranlar duyu sistemlerimizle alınarak idrak etmemizi sağlayan süreci başlatır.
 - Duyu sistemlerimiz işleyişleri birbirinden oldukça farklı olan (görme, işitme, koku, tat ve dokunma olmak üzere) esas olarak 5 tanedir.
 - Duyuların alınması için özel tarzda işleyen ya da çalışan hücreler vardır. Bu alıcı hücrelere **reseptör** denmektedir. Bunlar ışık, ses, koku ve tat gibi çevreden gelen uyaranlara duyarlılık gösterecek biçimde özelleşmiş olan sinir hücreleridir.
-

-
- Her alıcı bir lif aracılığı ile belirli sinir hücrelerine bağlıdır.
 - Bir reseptör uyarıldığında **iki olay hızla birbirini izler:**
 1. Uyarıcı enerji *jeneratör potansiyeli* adı verilen elektrik enerjisine dönüşür. Bir enerjinin başka bir enerji türüne değişmesi sürecine **transduction (dönüştürüm)** denir. Tat reseptörleri, kimyasal sinyalleri elektrik aktiviteye dönüştürür.
 2. Reseptördeki jeneratör potansiyeli yeterince yüksek olduğu taktirde sinir hücresi ile bağlantılı sinir lifinde sinir akımını başlatır ve sinir yolu boyunca ilerler ve kortekse (beyin kabuğuna) gelir.
-

-
- Bu duyu hücrelerinin (reseptörlerin) aldıkları uyarıların sinir sisteminde değerlendirilmesi sonucunda **duyumlar algılanır, yani idrak edilir.**
 - Her reseptör beyne bilgi taşıyan sinir hücreleri ile kendine has bağlantılar içindedir.
 - Her alıcı **değişik enerji biçimine tepki gösterir.**
Görsel alıcılar belirli dalga boylarındaki ışığa, koku alıcıları gaz halinde bulunan kimyasal maddelere, tat alıcıları sıvı içindeki kimyasal maddelere, ısı alıcıları deri ısısındaki değişmelere ve işitme, dokunma, ağrı, vestibuler ve kinestetik duyu alıcıları ise belirli mekanik uyarıcılara duyarlıdır.
-

•İnsanlar için **görme duyusu** ön planda gelmekte, bunu **işitme duyusu** izlemektedir. Buna mukabil koku ve tat duyuları insanlarda daha az kullanılmaktadır.

•**Eşik (threshold) veya uyarılabilme eşiği**; herhangi bir uyarının duyu organı tarafından hissedilmesi için o duyu organının reseptörlerini uyarabilecek, belirli ve minimum bir şiddette olmasıdır.

•**Fark eşiği (differential threshold)**; bir uyarıcı diğerinden daha fazla sayıda sinir akımının beyne gitmesine yol açıyorsa bu uyarıcı, diğerinden daha şiddetli olarak algılanır. İnsanların şiddet farklarını ayırdedebilmesi sınırlıdır. Bu sınırdan fark eşiği olarak söz edilir.

-
- Çok az ışık alan bir yerde ışık şiddetinin biraz artırılması ile ışığın arttığı hissedilir. Fakat fazla ışığın olduğu bir odada ufak bir ampul ışığının eklenmesi fark edilemez.
 - Kısaca değişen uyaranlar karşısında meydana gelen değişikliğin şiddeti yeterli değilse değişiklik algılanamaz.
 - İnsanların, şiddetteki farkları ayırdetme yeteneği **reseptör adaptasyonuna (uyumuna)** da bağlıdır. **Değişik reseptörler uyarılma şiddetine** **değişik derecelerle uyum yaparlar.**
-

-
- Örneğin, göz büyük bir şiddet aralığına uyum yapmaktadır. Parlak bir gün ışığından karanlık bir sinema salonuna girildiğinde önceleri çok az şey görülür. Ancak kısa zaman içinde göz bu ışığa uyum yapar, yani daha duyarlı hale gelir.
 - Uyarı uzun süre devam edince ona adapte olurken daha düşük eşik seviyedeki yeni bir uyarı ile reseptörlerimiz uyarılır. Vapurun makine dairesinde bütün makinelerin gürültüsüne rağmen uyuyabilen bir gemici, vapurun makineleri durduğunda ufak bir sesle uyanabilmektedir.
-

-
- İşitmede olduğu gibi bazı reseptörlerin uyumu çok azdır ama bütün reseptörler sürekli uyarılmanın şiddetine çok fazla uyum yapar.
 - Kısaca her duyunun belirli bir enerji türüne duyarlı özelleşmiş reseptör hücreleri bulunur. Her reseptörün bir duyusal şifresi vardır. Bu şifre reseptörün uyarılmasından doğan yaşantının niteliğini belirler.
 - Bazıları diğerlerinden daha fazla olmak üzere tüm reseptörler uyum yapar.
-

GÖRME DUYUSU

- Görme duyusunun meydana gelebilmesi için önce alıcı organ olarak **gözün bulunması** ve kendisine gelen uyarınları alabilecek sağlamlıkta olması gerekir.
- Görünür spektrumdaki elektromanyetik dalgalar, göz merceği ile **retina tabakasındaki reseptörler üzerine odaklaştırılır**. Işık, burada bulunan ışığa duyarlı pigmentlerde **çözölmeye yol açar**.
- Pigmentlerdeki bu **çözölme sinir akımını başlatacak jeneratör potansiyelini ortaya çıkarır**.
- Sinir akımı, görme siniri boyunca ilerleyerek gözden çıkar ve beyne girer.

GÖRME DUYUSU

- Göz küresi **sklera** denen bir dış tabakaya sahiptir. Skleraların altında bir vasküler tabaka olan **korioid** vardır. Korioidin altında ise **fotoreseptörleri içeren retina** vardır.
- Korioid, ışığın geçirilmesine izin vermeyen hayli pigmente bir yapıdır.
- Sklera, gözün önünde ışığı içeri alacak bir açıklığa sahiptir. **Kornea** (saydam tabaka) bu açıklığı örter ve ışığın göze giriş yerini oluşturur.
- Korioid, kas grubu olan **irisi** de oluşturur. Ortasında **pupilla** (göz bebeği) denen merkezi bir açıklığı vardır. İris pupillanın kasılıp gevşemesine sebep olur.

GÖRME DUYUSU

- Pupillanın büyüklüğü göze giren ışığın miktarını düzenler. Kornea yanlarda sklerayı örten özelleşmiş bir epitel olan **konjonktiva** ile devam eder.
- Korioid, silier cisim (gözün önünde korioidin kalınlaşması ile oluşur) ve iris müştereken **uvea** diye isimlendirilir.
- Göze giren ışık transparan, kristal bir yapı olan lens tarafından kırılıp fotosensitif reseptörlerin bulunduğu retinaya yansıtılır. Bu mekanizmaya **akomodasyon** denir.

GÖRME DUYUSU

- Gözün iç yüzü nöral retina ve retinal epitelyumdan ibaret tabakalanmış bir yapı olan retina ile örtülüdür.
- En dış tabakası olan pigment epitelyumu koroid ile temas halindedir ve iyonların ve plazmanın geçişini engelleyen küboidal hücrelerden yapılmıştır.
- Bu tabaka retinayı ışığa aşırı maruz kalmaktan korur. Nöral retinaya glikoz ve bazı iyonları geçirir ve nöral retinanın devamlılığında önemli role sahiptir.

GÖRME DUYUSU

Nöral tabaka, yedi farklı tabakaya sahiptir.

- fotoreseptör iç ve
- dış segment tabakası,
- dış nükleer tabaka,
- dış pleksiform (ağsı) tabaka,
- iç nükleer tabaka,
- iç pleksiform tabaka ve
- ganglion hücreleridir.

Sinir tabakaları, iç sınırlayıcı membran tarafından saydam sıvıdan (vitreous humor) ayrılır.

GÖRME DUYUSU

Retinadaki sinirsel organizasyonundaki farklı hücre tipleri şunlardır:

1. **fotoreseptörler: çubukçuklar ve koniler**
2. sinyalleri dış pleksiform tabakada, çubukçuk ve konilerden bipolar hücre dendritlerine yatay olarak ileten **horizontal hücreler**
3. sinyalleri çubukçuk, koni ve horizontal hücrelerden, ganglion hücreleri ve amakrin hücreler ile sinaps yaptıkları iç pleksiform tabakaya ileten **bipolar hücreler**
4. sinyalleri iki doğrultuda ileten, bipolar hücrelerden doğrudan ganglion hücrelerine ya da iç pleksiform tabaka içinde bipolar hücre aksonları, ganglion hücreleri dendritleri ve/veya diğer amakrin hücreler arasında ileten **amakrin hücreler**
5. çıkış sinyallerini retinadan optik sinir aracılığı ile beyne ileten **ganglion hücreleri**

GÖRME DUYUSU

- Pigment tabakasındaki **siyah melanin pigmenti** göz küresindeki ışık yansımalarını önler; bu net bir görüş için çok önemlidir. Bu tabakada aynı zamanda büyük **miktarda A vitamini bulunur**. Bu vitamin reseptörlerin ışığa duyarlılıklarının düzenlenmesi için önemlidir.
- **Nöral retina ışığı fotoreseptörleri ile algılar**. Fotoreseptörler ışığı elektrik impulslara dönüştürür, **koni ve çubukçuklar** ışığa maruz kaldıklarında parçalanan kimyasal maddeler içerir ve sinyaller, **ganglion hücrelerinden çıkan aksonlar** ile beyne nakledilirler.

GÖRME DUYUSU

- Sinir uyarıları retinayı terkedince, optik sinirler aracılığı ile arkaya geçerler. Optik kiazmada retinaların nazal yarılardan kalkan liflerin tamamı karşı tarafa geçerler. Diğer taraf temporal retinalardan kalkan liflere katılırlar ve **optik traktusu** meydana getirirler.
- Her bir optik traktusun lifleri **dorsal lateral genikülat nukleusta sinaps** yapar ve buradan kalkan genikülokalkarian lifler, optik radyasyon (ya da genikülokalkarian) yolu ile oksipital lobun kalkarian bölgesindeki **primler görme korteksine** ulaşırlar.

GÖRME DUYUSU

- **Fovea** olarak adlandırılan retinanın merkezindeki küçük alan 1 mm kareden biraz fazladır ve özellikle keskin ve ayrıntılı görme yeteneğine sahiptir. Merkez fovea bölümü tümüyle konilerden oluşmuştur.
- Göz tüm ışık dalgalarına hassas bir organ değildir.
- İnsan gözünün algılayabildiği ışığın dalga boyu 380 ila 760 nanometre arasındadır. Buna görülebilen spektrum anlamına gelen “**visible spectrum**” denir.
- Görülebilen spektrum 380 nm ile mor renkli ışıkla başlar ve 760 nm olan kırmızı ışığa kadar uzanır. 380-760 arasında kalanlar sırasıyla mavi, yeşil ve sarı olarak görülür.

GÖRME DUYUSU

- Işık, gözün içindeki saydam tabakayı, merceği ve saydam sıvıyı (vitreous humor) geçtikten sonra retinadaki (ağtabaka) alıcı hücrelere çarpar.
- Gözün alıcı organı ve ışığa hassas bölgesi olan **retinada** bulunan **çubukçuk (rot)** ve **koni hücrelerinin** fotoreseptörleri yukarda belirtilen dalga boyları arasındaki ışığa hassastır.
- Gösterdikleri şekillerden dolayı bu isimlerle anılırlar.
- Retina yaklaşık **3.000.000 koni hücresi** ve **100.000.000 civarında da çubukçuk hücresi** içermektedir.
- Ganglion hücresi ise yalnızca 1.6 milyon kadardır.**

GÖRME DUYUSU

- Her göz sinir lifine ortalama 60 çubukçuk ve 2 koni bağlanır.
- Çubukçuklar konilerden daha fazla pigmente sahip olmaları nedeniyle daha duyarlıdır.
- Periferik retina ve merkezi arasında büyük farklılıklar bulunur. Foveaya yaklaştıkça, her bir optik life daha az sayıda çubukçuk ve koni bağlanır ve her iki hücrede incelme olur. Bu iki etki, merkezi retinaya doğru görme keskinliğini giderek artırır.
- En merkezde, foveada, yalnızca ince koniler bulunur. Yaklaşık 35000 tanedir ve çubukçuk yoktur.
- Bu bölgeden çıkan optik sinir lifi sayısı koni sayısına hemen hemen eşittir. Bu, merkezi retinadaki yüksek derecedeki görme keskinliğini açıklar.

GÖRME DUYUSU

- Her iki retina bölümleri arasındaki diğer bir farklılık, periferik retinanın zayıf ışığa çok daha fazla duyarlı oluşudur. Bu kısmen çubukçukların ışığa konilerden 30 ila 300 kez daha duyarlı olma gereğinden ortaya çıkar.
- Ancak daha periferik retinada 200 gibi büyük sayıdaki çubukçuğun aynı optik sinir lifine bağlanması gerçeği bu duyarlılığı daha da büyütür.
- Çubukçukların sinyalleri eklenerek periferik ganglion hücrelerinin daha da şiddetli uyarılmasına yol açar.

GÖRME DUYUSU

- Bütün çubukçuklarda **rhodopsin (göz moru)** denen pigment vardır.
- Konilerde ise renk görme olayından sorumlu en az üç değişik pigment bulunur, bileşimleri rodopsinden çok az farklıdır, genellikle **renk pigmenti** olarak adlandırılır.
- Koniler daha ziyade retina tabakasının merkezinde bulunurken, çubuklar ise retinanın periferinde yer almışlardır.
- Çubukçuk ve konilerin sinaptik terminallerinde karanlıkta **glutamat** salar ve bu salınım ışığa cevap olarak azalır.

GÖRME DUYUSU

- Çubukçuk ve konilerin her ikisi de ışığa hassas olmakla birlikte bu hassasiyet değişiklik göstermektedir.
- Normal gün ışığındaki görme olayında koni hücreleri fonksiyon göstermektedir.
- Akşam karanlığında görme olayı çubukçuk hücreleri tarafından yapılmaktadır.
- Çubukçuklar daha düşük ışık enerjisi ile fonksiyon gösterebilirler. Bu hücrelerin ışığa konilerden daha hassas oldukları söylenebilir.

GÖRME DUYUSU

- Çubukçuk hücreleri eşik üstünde olan bütün dalga boyları ile uyarılırken, koni hücreleri dalga boyuna göre seçicilik gösterir.
- Bu dalga boyu duyarlık farkından dolayı **renkleri algılamamızı** sağlayan hücreler **koni hücreleridir**. Renkleri görmeyi konilerdeki pigmentlerin farklı oluşu sağlamaktadır.
- Farklı konilerin her birinde renk pigmentlerinin üç tipinden biri bulunur.
- Böylece konileri seçici olarak **mavi, yeşil ve kırmızı** renklere duyarlı kılar. Bu renk pigmentleri sırasıyla **maviye duyarlı pigment, yeşile duyarlı pigment ve kırmızıya duyarlı pigment** olarak adlandırılırlar.

GÖRME DUYUSU

- Eğer bir kişi uzun süre parlak ışıpta durursa, çubukçuk ve konilerdeki fotokimyasal maddelerin büyük bölümü **retinal** ve **opsinlere** dönüşür. Aynı zamanda çubukçuk ve konilerdeki retinalin çoğu da **A vitaminine** dönüşür.
- Bu iki etkiden dolayı koni ve çubukçuklarda geriye kalan ışığa duyarlı kimyasal maddelerin konsantrasyonları belirgin şekilde azalır ve buna uygun olarak gözün ışığa duyarlılığı azalır. Buna **aydınlığa uyum** denir.

GÖRME DUYUSU

- Eğer kişi uzun süre karanlıkta kalırsa, çubukçuk ve konilerdeki **retinal** ve **opsinler** yeniden ışığa duyarlı pigmentlere dönüştürülürler. A vitamini, ışığa duyarlı pigmentler oluşturmak üzere retinale geri dönüştürülür.
- Son sınır, çubukçuk ve konilerdeki opsinlerin miktarı ile belirlenir. Buna **karanlığa uyum** adı verilir.
- Karanlığa ilk girişte retina duyarlılığı çok düşüktür. Fakat 1 dakika içinde hassasiyet hemen 10 katı artar. Yani retinanın cevap verebilmesi için önceden gereken ışık şiddetinin 1/10'u yeterli olur. Hassasiyet zamanla misli misli artar.

GÖRME DUYUSU

- Hızlı uyuma rağmen koniler yalnızca birkaç dakika sonra uyuma son verirler.
- Yavaş uyum sağlayan çubukçuklar ise, hassasiyetleri çok büyük miktarda artacak şekilde dakikalarca hatta saatlerce uyum sağlamaya devam ederler.
- Aydınlığa ve karanlığa uyumun diğer iki mekanizması; biri, pupilla büyüklüğündeki değişme, diğeri ise retinanın kendisindeki nöronları ve beyni ilgilendiren sinirsel uyumdur.

GÖRME DUYUSU

- Yani ışık şiddeti ilk arttığında bipolar hücreler, horizontal hücreler, amakrin hücreler ve ganglion hücreleri tarafından iletilen uyarıların şiddetlerinin tümü artar.
- Halbuki sinir devresindeki iletinin değişik aşamalarında, bu işaretler hızla azalır.
- Konilerin lokalizasyonu göz önüne getirildiğinde retina merkezi renk görünümünün zirvede olduğu bir sahayı oluşturur. Buradan perifere gittikçe renk görünümü bozulmaktadır.**

GÖRME DUYUSU

- İnsanlar ve bazı memeliler çevrelerini renkli olarak görebilirler. Oysa köpek, fare ve diğer memeliler renkli göremezler. Çok mükemmel görme yeteneği olan kuşlar insandan daha iyi bir şekilde renkleri görebilirler.
- Renk körlüğü: Bazı insanlar bazı renkleri göremezler. Bu duruma renk körlüğü denir. Birçok vakada renk körlüğü, tümüyle renk görmeme şeklinde değildir. Gerçekte tam renk körü olan ancak çok az insan tesbit edilebilmiştir.

GÖRME DUYUSU

- Renk körlüklerinin büyük çoğunluğu **herediter** olup, erkeklerde kadınlardan daha çok görülmektedir. En çok görülen renk körlüğü **dikromasidir**.
- Dikromasi** tipi renk körlüğünde kişi **kırmızı** ile **yeşili** veya **mavi** ile **sarıyı** ayırtedemez.
- Dikromatların** büyük çoğunluğu yeşili veya kırmızıyı, nadiren de her iki rengi göremezler.
- Bu kimseler spektrumdaki tüm tonları mavi ya da sarı olarak görürler. Yeşil-kırmızı renk körlüğü neredeyse tamamen erkeklerde ortaya çıkan fakat kadınlar tarafından taşınan bir hastalıktır.

GÖRME DUYUSU

- **Mavi-sarı tipinde** olan renk körlüğü çok nadir görülmektedir.
- Bu tip renk körlüğü, koni hücrelerinde normal renk görülmesi ile ilgili pigmentlerin bulunmayışı ile açıklanmaktadır.
- Renkler hakkında tam kör olan kişilere ise **monokromat** denmektedir.
- Çok nadir görülmektedir ve görme burada siyah beyaz ekran görüntüsüne benzer.

İŞİTME DUYUSU

- İşitme sistemi **periferik ve santral** olmak üzere iki ana bölümden ibarettir.
- Kulak ve kulaktan **impulsleri taşıyan sinirler periferik komponenti oluştururken, MSS yolları ve işitme bilgisini işleyen merkezler ise santral komponenti oluştururlar.**
- İnsanlar görme duyusundan sonra en çok işitme duyusunu kullanırlar. Kulak dış, orta ve iç kulak şeklinde bölümlenir.

İŞİTME DUYUSU

- DIŞ KULAK:** Kulak kepçesi, kulak kanalı ve bunun sonundaki kulak zarı ya da timpanik zardan oluşur.
- Kulak kepçesi** (pinna), sesleri kulak kanalına yöneltir ve sesleri lokalize etmeyi sağlar. Kulak zarı koni şekilde olup zarın merkezine çekiç'in (malleus) sapı bağlanmıştır.
- Havadaki basınç dalgası bu zara çarpar ve bunun titreşmesine neden olur.

İŞİTME DUYUSU

- ORTA KULAK:** Ağıza östaki borusu yoluyla bağlıdır. Bu borudan giren ya da çıkan hava sayesinde, normal olarak kulak zarının iki tarafında basınç eşit tutulur.
- Kulak zarının titreşimi iç kulağın girişindeki oval pencereye ileten üç küçük kemikçiktir (çekiç-malleus-, örs-incus-, özenği-stapes-).
- Orta kulak, timpanik membrana çarpan koklear sıvıya nakledilen ses dalgalarının enerjisini korumaya çalışır.

İŞİTME DUYUSU

•İÇ KULAK: işitmenin gerçek organı olan koklea, denge duyusunu sağlayan vestibuler organ ve semisirküler kanallardan ibarettir.

•İç kulak, yani koklea temporal kemik içinde yer alan bir kemik boşluğu olan kemik labirenti içine gömülüdür. Bu nedenle kafatasının tümüne ait titreşimler bizzat koklea içindeki sıvıda da titreşimlere neden olurlar.

İŞİTME DUYUSU

- **KOKLEA** helezoni şekilli kemikten oluşmuş içi sıvı dolu bir yapıdır ve Latince “**salyangoz kabuğu**” anlamına gelir.
- Sistem, **vestibuler skala**, **skala media** ve timpanik skala olmak üzere birbirinden zarla ayrılmış yan yana yerleşmiş üç kanaldan oluşmuştur.
- Vestibüler ve medial skalalar **Reissner zarı** (vestibüler zar) ile ayrılırken timpanik skala ile medial skala birbirlerinden **baziler zar** ile ayrılmışlardır.
- Baziler zarın yüzeyinde tüy hücreleri adı verilen bir seri elektromekanik duyarlı hücre içeren **Corti organı** yerleşmiştir.

İŞİTME DUYUSU

- Tüy hücreleri alıcı organlar olup ses titreşimlerine cevap olarak sinir uyarıları üretirler. Ses dalgalarının fiziksel hareketini **elektrik impulslerine** dönüştürür.
- Ses titreşimleri vestibüler skalaya oval pencere üzerindeki üzengi tabanlığı üzerinden girerler. Bu tabanlık, ses titreşimleri ile içe ve dışa doğru hareket edebilmektedir.
- İçe yönelik hareket, sıvının skala vestibüli ve skala medyaya doğru hareket etmesine, dışa doğru hareket ise sıvının geriye doğru hareket etmesine neden olur.

İŞİTME DUYUSU

- Baziler zar denen bir kanal zarının üstünde en önemli yapı olan **işitme organı** bulunur. Bu küçük yapı, işitme alıcılarını kapsar.
- Korti organı baziler zardaki titreşimlere cevap olarak sinir uyarıları üreten reseptör organdır.
- Sıvıda meydana gelen basınç farklılıklarından dolayı baziler membran harekete geçer ve üzerinde bulunan korti organının bünyesindeki kılları harekete geçirir. Bu faaliyet **jeneratör potansiyelini** ortaya çıkarır. Hücrelerin tabanlarındaki sinir lifleri uyarılır. Böylece sinir akımı bu lifler boyunca beyne gider.

İŞİTME DUYUSU

•Kortinin spiral ganglionundan çıkan sinir lifleri medullanın üst bölümündeki **dorsal ve ventral kokleal çekirdeklere** girerler. Bu noktada bütün lifler **sinaps yapar ve ikinci derecede nöronlar süperior oliver çekirdekte sonlanmak üzere temel olarak beyin sapınının karşı tarafına geçerler.** Bir kısım ikinci lifler ise aynı taraftaki süperior oliver çekirdeğe **ipsilateral** olarak ulaşırlar. Süperior oliver çekirdekten çıkan işitme yolu daha sonra yukarı doğru **lateral lemniskus** üzerinden geçer.

İŞİTME DUYUSU

•Liflerin bir kısmı **lateral lemniskus** çekirdeğinde sonlanır. Liflerin bir çoğu bu çekirdeği atlar ve hemen hemen tümü veya tamamının sonlanacağı **inferior kollikulusa** ulaşır. Bu noktadan itibaren işitme yolu bütün liflerin tekrar sinaps yapacağı **medial genikulat** çekirdeğe geçer. Son olarak işitme yolu temel olarak **temporal lobun süperior girusunda yer alan işitme korteksine** ulaşır.

İŞİTME DUYUSU

- İşitme duyusu için **ses** gerekmektedir. Ses dalgaları, birbirini takip eden hava basınçları şeklinde havada ilerlerler.
- Sesin şiddetini ölçmek için bilim **desibel** denen bir birim kullanır. Kulağın algılayıp ayırt edebildiği ses şiddetlerinde geniş değişiklikler olmaktadır.
- Ses enerjisinde on katlık bir artış **1 bel** olarak ifade edilmekte olup 0.1 bel'e **1 desibel** adı verilir. Normal konuşmadaki gürültünün şiddeti 60 desibel civarındadır.

İŞİTME DUYUSU

- Saniyedeki dalga sayısına **hertz (Hz)** denir.
- İnsanlar tarafından işitilen frekansların aralığı yaklaşık **20** ila **20.000 Hz** arasındadır.
- Bir insanın işitebildiği aralıkta en fazla duyarlı olduğu ve yaklaşık **1000** ila **4000 Hz** arasında olan bir merkezi bölge vardır. En iyi işitme bu frekanslar arasındadır.
- Yaygın bir duyusal hasar olan **sağırılıkta**, kişinin seslere ilişkin eşiği normalin üstüne çıkmıştır.

İŞİTME DUYUSU

İki tip sağırlık vardır:

1. İleti tipi sağırlık, sesin orta kulakta iletilmesinin herhangi bir şekilde engellenmesiyle ortaya çıkar. Kulak zarının yırtılması da bunu yapabilir. Ya da orta kulak kemiklerinde, orta kulaktaki bir hastalığa bağlı olarak kireçlenme meydana geldiğinde titreşim tam olarak iç kulağa iletilemez.
2. Sinir tipi sağırlık, kokleadan çıkan sinir liflerinin dejenerasyonuna bağlı olarak ortaya çıktığı düşünölen ve kalıtsal temeli olan bir sağırlıktır.

KOKU DUYUMU

- Koku duyusu koku sistemi ile geçirilir. Bu ise koku mukozasında özelleşmiş reseptörler tarafından hava ile taşınan kimyasalların fark edilmesidir.
- Duyumlar içinde en esrarlı olanı ve hakkında en az şey bilinenidir.
- Bu durumun bir nedeni koku duyusunun aşağı sınıf hayvanlarda kolayca incelenemeyen subjektif bir duyu olmasıdır.

KOKU DUYUMU

- İnsanda koku duyusu **az gelişmiştir.**
- Yine de insanlar düşük konsantrasyonlarda havadaki birçok kimyasalı fark edebilirler.
- Koku ve tat duyumunun ilişkileri vardır. Herhangi bir sebepten dolayı koku bozulursa hasta besinin tadını tam anlamıyla alamadığından şikayet eder.
- Ekşi, tatlı, acı ve tuzlu gibi nisbeten az modaliteyi fark eden tat sisteminin aksine, **koku sistemi birçok farklı kokuyu ayırt edebilir.**

KOKU DUYUMU

- Uyarıcıları kimyasal olduğu için kokunun kaç temel niteliği olduğu kesinlik kazanmamıştır. Bu nedenle koku konusunda söylenecek çok az şey vardır.
- Yapılan araştırmalar burun mukozası üzerinde (kafuru, misk, çiçek, nane, eter kokuları, keskin-acı koku ve çürük-kokuşmuş kokular gibi), **yedi adet değişik koku uyararı tarafından uyarılabilen koku hücreleri gruplarının varlığını göstermektedir.**

KOKU DUYUMU

- Koku duyusu tamamıyla **nöraldir**.
 - Koku duyusuna ait reseptör hücreleri aslında bizzat merkezi sinir sisteminden köken almış bipolar sinir hücreleri olan **koku hücreleridir**.
 - Diğer duyu yollarına kıyasla **beyinle kısa ve doğrudan temas** halindedir.
 - Koku sistemi reseptörleri, diğer sistemlerden farklı olarak kortekse direkt olarak projekte olması bakımından **tektir**.
-

KOKU DUYUMU

- Burundaki nazal epitel koku reseptörlerinden çok zengindir ve milyonlarca hücre bulunur.
- Koku hücrelerinin her birinden **silia** denen çok ince binlerce tüy çıkmaktadır.
- Bu silialar mukoza membranı içinde bulunurlar ve havadaki kokuya karşı reaksiyon göstererek koku reseptörlerini uyarırlar.
- Koku reseptörleri **çabuk adaptasyon** gösteren hücrelerdir. Uyarılmalarını izleyen ilk saniye içinde yaklaşık %50 oranında adapte olurlar.

KOKU DUYUMU

- Bu reseptörler hiçbir sinaptik aracıya ihtiyaç göstermeden frontal lobun altında bulunan **bulbus olfaktoriusa** bağlanırlar.
 - Olfaktör bulbus**, bir önbeynin kısmıdır, olfaktor sulkusun ventral yüzeyine yerleşmiştir ve **olfaktor trakt** ile ona bağlanır.
 - Olfaktör bulbusun 5 tane iyi tanımlanmış tabakası vardır.
-

KOKU DUYUMU

Olfaktor bulbusun laminer organizasyonu

1. Olfaktor sinir tabakası
 2. Glomeruler tabaka (nöral reseptör hücre aksonları olfaktör glomerüllerinde sonlanır)
 3. Eksternal pleksiform (ağ şeklinde) tabaka
 4. Mitral hücre tabakası
 5. Granül hücre tabakası
-

KOKU DUYUMU

- **Olfaktor trakt** (koku yolu) esas olarak anterior olfaktor nukleus, lateral olfaktor trakt ve anterior komissürün anterior kısmından ibarettir.
- **Bulbus olfaktorius** temporal lobda lokalize olan **koku korteksi** ile bağlantı halindedir.
- **Bulbus olfaktorustan** kalkan uyarılar **medial ve lateral koku alanlarında** sonlanır.
- **Koku yolları** lateral koku alanından bir kolla ayrılmakta, temporal loba gitmekte, böylece de diğer duyumlar görme, dokunma ve benzeri duyumlar ile koku duyumu arasında bağlantılar kurulmaktadır.

KOKU DUYUMU

- İlkel canlılarda beyin tamamen kokuya ayrılmıştır. Bu yüzden bunların beyinlerine koku beyni de denir.
- Limbik lobun neokorteks (serebral korteks) tarafından kaplanmış olması, insanlarda kokunun bir takım hatıralarla, emosyonel durumlarla ilgisini artırmıştır.
- Hipotalamusun devreye girmesi sonucunda kokular, hipofiz bezine etki ederek endokrin sisteme hükmetmekte, limbik sisteme etki ederek emosyonlara ve cinsel durumlara etki etmektedir.

KOKU DUYUMU

- Böcekler ve diğer bazı hayvanlar koku alma duyumlarını birbirleri ile **iletişim kurmada** kullanmaktadırlar.
- Bu hayvanların bedenlerinden salgılanan ve vajinal sekresyondaki bazı yağ asitlerden ibaret olan **feramon** denilen bazı kimyasal maddeler çok önemlidir.
- Bu maddeler sayesinde hayvanlar diğer hayvanların ilgisini çekmekte, onlara salgıladıkları feramonlar ile özel mesajlar göndermektedir.

TAT DUYUMU

- Kimyasal bir duyu olan tat duyumu ağızda ve dilde bulunan **tat tomurcuklarının** (taste buds) bir fonksiyonudur.
- Tat tomurcukları dil üzerinde yerleşen ve orofaringeal mukozanın her yerine dağılan kompleks yapılardır.
- Farklı tat modalitelerinin dil ve diğer oral mukozal yüzeylerde eşit olmayan şekilde dağıldığı kabul edilmiştir.

TAT DUYUMU

- Tat alıcıları üzerinde kıllar bulunan hücrelerdir. Bunlar çukurlara yerleşmiş olup diğer hücreler tarafından desteklenir ve tüm yapı **tat tomurcuğunu** oluşturur.
- Bir tat tomurcuğu yaklaşık **20 tat reseptörü** içermektedir ve bir çiçeğin yapraklarına benzer. Bu hücreler devamlı yenilenir ve bir tat hücrelerinin ömrü yedi gündür.
- Tomurcuk içine sızan kimyasal maddeler tat hücrelerinde jeneratör potansiyeli başlatır ve hücrelerin alt kısmı ile bağlantılı olan sinir liflerinde sinir akımının ortaya çıkmasına yol açar.

TAT DUYUMU

- Farklı hücrelerin farklı tat modalitelerini tanıdığı anlaşılmaktadır.
- Ağzımız ve dilimizde ekşi, tuzlu, tatlı ve acı olmak üzere dört çeşit tat reseptörü bulunmaktadır.
- Bunlar primer tat duyuları olan ekşi, tuzlu, tatlı ve acı tat duyularını alan reseptörlerdir.
- Bu tatların dışındaki bütün tat duyuları bunların belli bir spektrum içinde birleşmesi sonucunda ortaya çıkar.

TAT DUYUMU

- Tat reseptörleri **dilin kenarında, önünde ve arkasında** bulunmaktadır.
- Kısmen yumuşak damak, farinks ve larinkste de tat reseptörleri bulunmaktadır.
- Tat reseptörleri insanda yaşın ilerlemesi ile azalmaktadır.
- Tuzlu ve tatlı hissi **dilin ucunda**, ekşi hissi genellikle **dilin kenarlarda** ve acı hissi ise **dilin arkasında** bulunan reseptörler tarafından alınmaktadır.

TAT DUYUMU

- Tat hissi dilin ön üçte ikilik bölümünden beşinci kafa çiftinin (**n. trigeminus**) dalı vasıtasıyla alınır. Sonra bunun lifleri korda timpani içersinde ilerler ve yedinci sinir (**n. fasialis**) ile birleşir.
- Dilin arka bölümündeki tat reseptörlerinden ve ağzın diğer bölümünden alınan uyarılar ise dokuzuncu sinir (**n. glossofarinjikus**) vasıtasıyla seyreder.
- Bu duyumlar sonunda temporal lobdaki tat alma alanına (**insular bölgeye**) giderler.

BAŞKA DUYULAR

- Deri duyumu, derinin yüzeyine yakın reseptörlerin uyarılması sonucunda alınan soğuk, ılık, basınç ve ağrı duyumlardır.
- Çevreden haberdar oluşumuz hakkında bilgi verdiklerinden dolayı **eksteroseptif duyular** da denir.
- Vücudun pozisyon duyuları, tendon ve kas duyuları, ayak tabanlarından gelen basınç duyuları ve hatta bir somatik duyudan ziyade “özel” bir duyu olarak kabul edilen denge duyusu gibi vücudun fiziksel durumu hakkında bilgi veren duyulara ise **proprioseptif duyular** adı verilir.

PROPRIOSEPSİYON iki duyu halindedir.

- 1. Alıcıları kas, kiriş ve eklemlerde bulunan kinestetik duyudur.**
- 2. İç kulakta bulunan ve işitme ile ilgili olmayan vestibuler duyudur.**

KİNESTETİK DUYU: Kinestetik duyu organları, vücut duruşu ile el ve ayakların pozisyonunu bildirir. Bu bilgiyi sağlayan alıcılar üç farklı yerde bulunurlar. **1-** İskelet kaslarında bulunan kas içcikleri: Bu içcik içindeki alıcılar kasın uzaması hakkında bilgi verir. **2-** Kasları kemiğe bağlayan kirişler: Bu alıcılar kirişlerdeki çekilmeyi ya da gerilimi bildirir. **3-** Eklemlerde bulunan ve eklem pozisyonunu bildiren alıcılar.
