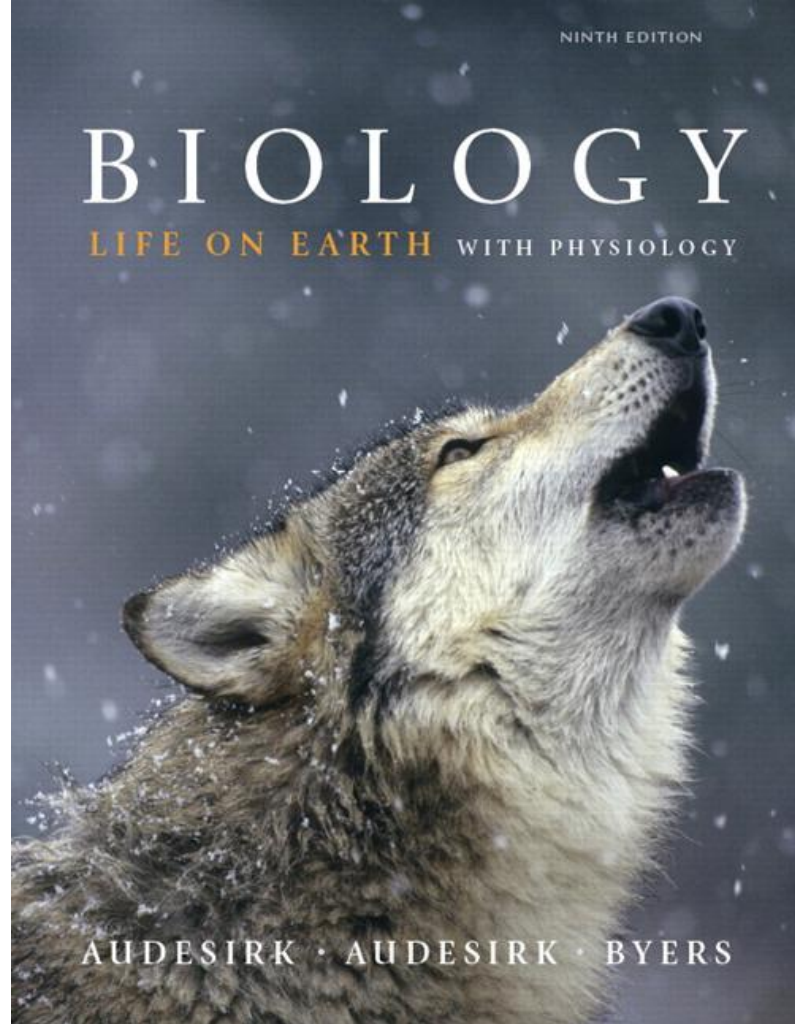


Bölüm 38

Sinir sistemi ve Duyular



Ders Kitabı:

Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B.E. Biology: Life on Earth

Nöronlar

- **Nöronlar** (sinir hücreleri) dört özelleşmiş görevi yerine getirmek zorundadır
 - Bilginin alınması
 - Bilginin işlenmesi
 - Uzaklara sinyallerin gönderimi
 - Diğer nöron, doku ya da organlara sinyallerin ulaştırılması

Nöronlar

- Nöronların dört birbirinden ayrı yapıda bölgeleri vardır
 - **Dendritler**
 - **hücre gövdesi**
 - **akson**
 - **Sinaptik uçlar**

Nöronlar

- **Dendritler**
 - Hücre gövdesinin dallanmış uzantılarıdır
 - Çevredeki nöronlardan ve duyu reseptörlerinden bilgiyi alırlar

Nöronlar

- **Hücre gövdesi**

- Dendritlerden gelen bilgiyi birleştirirler
- Eğer gelen sinyal yeteri derecede pozitif ise, **aksiyon potansiyeli** (elektriksel çıktı sinyali) başlar

Nöronlar

- **Akson**

- **Sinaptik uçlara** elektriksel sinyali (**aksiyon potansiyeli**) ulaştırır
- Elektriksel iletimi hızlandırmak için çoğunlukla **myelin** ile kaplanmıştır
- **Sinirleri** oluşturmak için çoğunlukla bir arada sarılmıştır

Nöronlar

- **Sinaptik uç**

- Aksonların dallanmış uçlarıdır

- Çoğu **nörotransmitterleri** içerir

- Aksiyon potansiyel uyarısı altında salınan özel kimyasallardır

- Diğer hücreler ile **sinapsları** oluşturur

- Nöronların diğer hücreler, dokular ya da organlar ile iletişim kurduğu yerlerdir

Elektriksel Voltaj

- Nöronların çoğu negatif **dinlenme potansiyeline** sahiptir
 - Dinlenmekte olan nöronun zar potansiyelini açıklar
 - -40 ile -90 milivolt (mV) arasında değişir
 - Negatif değerde olması hücre içi değerinin hücre dışı değerden daha fazla negatif olmasından dolayıdır

Elektriksel Voltaj

- Zar potansiyeli daha az negatif olur ve **eşik** değerine ulaşırsa
 - Nöron **aksiyon potansiyel** üretecektir
 - Zar potansiyeli +50 mV hızla yükselir, daha sonra yeniden dinlenme potansiyeline döner
 - Aksiyon potansiyel sinyali akson boyunca akar ve sinaptik uçlara ulaşır, burada hücreler arası iletişim meydana gelir.

Sinapslar

- Nöronlar sinapslarda iletişim kurarlar
- **Presinaptik nöron**
 - Sinyali keseciklerden nörotransmitterleri sinaptik boşluğa salarak iletir
- **Postsinaptik nöron**
 - Nörotransmitterlere bağlanan özel reseptör moleküllere sahiptir ve bu bağlanma hücrede değişikliğe sebep olur

Postsinaptik Potansiyel

- Postsinaptik potansiyel sinapslarda üretilir
- Postsinaptik nöron reseptörü nörotransmittere bağlandığı zaman
 - Özel iyon kanalları açılır, hücre zarı arasında iyon akışına izin verir
 - Kısa süreli bir zar potansiyel değişikliğine neden olur (**Postsinaptik potansiyel** ya da **PSP**)
- Açılan iyon kanalının tipine göre farklı PSP'ler oluşabilir

Postsinaptik Potansiyel

- **Eksite (uyarıcı) postsinaptik potansiyel (EPSP)**
 - Nöronun iç tarafını az negatif hale getirir
 - Zar potansiyeli eşiğe yaklaşır ve büyük olasılık ile aksiyon potansiyeli oluşturur
 - Na⁺ kanalları açık olduğu zaman oluşur ve Na⁺ iyonlarının hücre içerisine girmesine izin verir

Postsinaptik Potansiyel

- **İnhibe edici (engelleyici) postsinaptik potansiyel (IPSP)**
 - Nöronun içerisini fazla negatif yapar
 - Zar potansiyeli eşit değerden uzaklaşır ve aksiyon potansiyel oluşturma olasılığı çok zayıftır
 - K^+ kanallarının açık olduğunda meydana gelir, ve K^+ hücre dışına çıkmasına izin verir

Postsinaptik Potansiyel

- Bireysel olarak PSP'ler zayıf ve aksiyon potansiyeli harekete geçiremezler
- Dendritler ve hücre gövdesi birçok EPSP'ler ve IPSP'ler alır
 - PSP'lerde uyarı birikimi (toplamı güçlü bir uyarı oluşturabilir) olur
 - Eşiğe ulaşırsa aksiyon potansiyeli oluşur

Nörotransmitterler

- Sinir sistemi çok fazla sayıda nörotransmitter üretir– en azından 50 adet nörotransmitter tanımlanmıştır
- Bazı önemli nörotransmitterler **Tablo 38-1**'de listelenmiş ve açıklanmıştır

Dört temel eylem

- Bilgi işleme dört temel eyleme ihtiyaç duyar

Dört temel eylem

- **1: Uyarının tipi belirlenir**
 - Uyarının tipi beyindeki nöron ağ örgüsü (elektriksel ağ şebekesi) ile belirlenir
 - Uyarıldığı zaman beynin belli bölgeleri özel duyuları algılar
- **2: Uyarının yoğunluğu iletilir**
 - Uyarı yoğunluğu aksiyon potansiyelin frekansı ve uyarıda yer alan nöron sayısı ile kodlanır

Dört temel eylem

- **3: Farklı kaynaklı bilgi bütünleştirilir**
 - Birçok kaynaktan gelen bilgi bir noktada birleştirme (**Convergence**) yolu ile işlenir
 - Birçok nöron sinyalleri daha az sayıda nörona indirger
 - Bu nöronlarda toplama (uyarıların eklenmesi) meydana gelir ve uygun tepkiler oluşturulur
- **4: Tepkinin başlatılması ve yönetilmesi**
 - **Ayrılma (Divergence)** karmaşık tepkilere izin verir
 - Kasları ve bezleri kontrol eden birçok nöron birkaç karar verici nöron tarafından uyarıldığı zaman

Sinirsel yollar davranışı yönetir

- Sinirsel yolların çoğu dört unsur içerir
 - Duyusal nöronlar
 - İlişkili (association) nöronlar
 - Motor nöronlar
 - Efektörler (kas ya da organda sonlanan nöron)

Sinirsel yollar davranışı yönetir

- **Duyusal nöronlar**
 - İç ve dış çevreden uyarıları alırlar
- **İlişkili (Association) nöronlar**
 - Birçok farklı kaynaktan gelen bilgileri birleştirir ve motor nöronları harekete geçirir
- **Motor nöronlar**
 - İlişkili nöronlardan talimatlar alır ve kas ya da bezleri harekete geçirir
- **Efektörler**
 - İstenen tepkiyi yerine getiren kas ya da bezlerdir

Refleks

- **Refleks:** bir uyarıya karşı vücudun bir parçasının istemsiz bir hareketi
- Reflekslerin çoğu standart sinirsel yol izler

Merkezileşme

- Karmaşık sinir sistemlerinde merkezileşme artmaktadır

Merkezileşme

- Radyal simetrik hayvanlar
 - **sinir ağı** sahipler: dağınık nöron ağı **gangliyonları** birbirine bağlar
 - Beyin yoktur
- Bilateral simetrik hayvanlar
 - Merkezi sinir sistemine sahiptir
 - Hücre gövdeleri “baş” bölgesinde (**cephalization**) ve merkezi eksen boyunca kümelenme göstermektedir

İnsan Sinir Sistemi

- İki ana bölümü vardır
 - **Merkezi Sinir Sistemi (MSS)** beyin ve omuriliği içerir
 - **Periferal Sinir Sistemi (PSS)** MSS'ni vücudun diğer kısımlarına bağlayan sinirleri içerir; birçok alt bölümü vardır

Periferal Sinir Sistemi

- Periferal sinir sistemi (PSS) MSS'ni tüm vücuda bağlar
- PSS **periferal sinirler** içerir
 - Motor ve duyu nöronları
- Motor kısmı iki alt bölüme ayrılır
 - İstemli hareketleri kontrol eden **Somatik sinir sistemi**
 - İstemsiz hareketleri kontrol eden **otonom sinir sistemi**

Periferal Sinir Sistemi

- **Otonom sinir sistemi** iki kısımdan oluşur
 - **Simpatetik bölüm** vücudu heyecan verici “kavga ya da uçma” için hazırlar
 - **Parasimpatetik bölüm** ise tam tersini yani vücudu “dinlenme ve geniş getirme” derin düşünce için hazırlar

Merkezi Sinir Sistemi

- Merkezi sinir sistemi (MSS)
 - Beyin
 - Omurilik'ten oluşur

Merkezi Sinir Sistemi

- MSS üç şekilde korunur
 - Kafatası ve omurga kolonu
 - Beyin-omurilik zarı
 - Kan-beyin bariyeri

Merkezi Sinir Sistemi

- *Kafatası ve omurga* kolonu
 - Kemiksi zırh
- **Beyin-omurilik zarı (meninges)**
 - Üç katmanlı bağ doku
 - Beyin-omurilik zarı arasındaki **Beyin-omurilik sıvısı** MSS'ne yastık görevi yapar
- **Kan-beyin bariyeri**
 - Göreceli olarak geçirgen olmayan beyin kılcalları
 - Tehlikeli kimyasalların ve mikropların beyne girmesini engeller

Omurilik

- Omurilik omurga tarafından korunan aksonların kablosudur
- Beyin ve vücut arasında sinyalleri iletir
- Omurilik anatomisi
 - Gri madde
 - Beyaz madde

Omurilik

- **Gri madde**
 - Çoğunlukla motor ve ilişkili (association) nöronların hücre gövdelerini içerir
- **Beyaz madde**
 - Gri maddeyi çevreler
 - Çoğunlukla myelinli aksonlardan oluşur
 - Omurilik boyunca yukarı aşağı uyarılar gönderir

Omurlilik

- Aynı zamanda refleks gibi basit davranışları için sinirsel yollar içerir
 - Örneğin: acı-kas çekme refleksi periferel ve merkezi sinir sistemindeki hücreleri kapsar

Beyin

- Tüm omurgalı beyinlerinde anatomik ve fonksiyonel bölümler gelişmiştir
 - Arka beyin
 - Orta beyin
 - Ön beyin
- Bu bölümler farklı türlerde farklı büyüklüklerde gelişmiştir

Arka beyin

- Arka beyin
 - Otonom fonksiyonları örneğin solumayı, kalp atışını ve kan basıncını kontrol eden **medulla'yı**
 - Uyku ile uyanıklık arasındaki geçişinde ve solunum hızında rol oynayan **pons'u**
 - Vücut hareketinin koordinasyonuna yardım eden **serebellum'u**

içerir.

Orta beyin

- **Reticular formation (Ağsı oluşum)**
 - Önemli gönderi ve duyu süzme istasyonu
 - Medulla'dan ön beynin iç bölgelerine kadar uzanır

Ön beyin

- **Ön beyin**
 - Talamus'u
 - Limbik sistemi ve
 - Serebral korteksi içerir.

Ön beyin

- **Talamus**

- Tüm vücudun bölümlerinden aldığı duyuşal bilgileri **limbik sistem** ve **serebral korteks'e** yönlendirir.

Ön beyin

- **Limbik sistem**
 - En temel ve en basit duyguları, dürtü ve davranışları üreten yapılar grubudur

Ön beyin

- Limbik sistem
 - **Hipotalamus**
 - **Amigdala** ve
 - **Hipokampus**'tan oluşur.

Ön beyin

- **Hipotalamus** sinir ve endokrin sistemleri arasındaki koordinasyon merkezidir.
- **Amigdala** zevk, korku ya da cinsel arzu duygularını oluşturur.

Ön beyin

- **Hipokampus** duygusal davranış ve uzun-sürelî hafızayı oluşumunda yer alır

Ön beyin

- **Serebral korteks**
 - Ön beynin kıvrımlı dış katmanını
 - Geniş bir akson kuşağı (**korpus kallosum**) ile bağlanmış iki yarım küreye bölünmüştür

Ön beyin

- Her bir **serebral korteks** yarımküresi dört anatomik bölgeye ayrılmıştır
 - Frontal lop
 - Parietal lop
 - Oksipital lop
 - Temporal lop

Ön beyin

- Her bir **serebral korteks** yarımküresi farklı fonksiyonel alanlardan yapılmıştır
 - *Birincil duyu alanı*: duyu sinyalleri alınır ve ilk intibalar oluşur
 - *İlişkili alanlar*: sesleri değerlendirir ve duysal uyarıyı anılarla bağdaştırır
 - *Birincil motor alanı*: frontal lopta; motor nöronları uyarır

Sol ve Sağ Beyin

- Sol yarımküre beynin
 - Konuşma
 - Okuma
 - Yazma
 - Dil anlama
 - Matematik kabiliyeti
 - Mantıksal problem çözme

gibi fonksiyonlarını kontrol eder.

Sol ve Sağ Beyin

- Sağ yarımküre beynin
 - Yüzleri algılama ve uzamsal ilişkiler
 - Artistik ve müzik kabiliyeti
 - Heyecan ve duygunun algılanıp ifade edilmesini
- kontrol eder.

Sol ve Sağ Beyin

- Her bir görme yolundaki akson beyin yolunda çakışır ve ters yöne gider
- Her bir görme alanının sol tarafının sağ yarımküre ve sağ tarafının ise sol yarımkürede “görünmesine” neden olur

Öğrenme ve Hafıza

- Öğrenme iki fazda oluşur
 - **Çalışan hafıza:** kısa-sürelili hafıza sinirsel devrelerdeki elektriksel ya da kimyasal değişiklikler ile oluşur
 - **Uzun-sürelili hafıza:** sinapsların sayısal etkinliğini arttıran yapısal değişikliklere yol açar

Öğrenme ve Hafıza

- **Hipokampus** çalışan hafızanın uzun süreli hafızaya dönüşmesini sağlamada önemlidir
- **Temporal loplara** uzun süreli hafızanın geri çağrılmasında önemlidirler
 - Aynı zamanda yüzlerin ve objelerin tanınmasında ve de dilin anlaşılmasında rol oynar.

Akıl

- Beynin fonksiyonları hakkında bildiklerimizin çoğu beyin anomalileri yani akıl hastalıkları ya da beyin hasarlarını konu alan çalışmalardan kaynaklanmaktadır
- Phineas Gage adlı kişinin 1848 yılında geçirdiği kaza yukarıdakilere bir örnektir.

Duyu Reseptörleri

- **Duyu reseptörleri** özgü sinyal enerjisini elektriksel sinyale çeviren hücrelerdir
 - Bu sinyal **reseptör potansiyeli** olarak bilinir
 - Eğer reseptör potansiyeli yeteri kadar pozitif ise **aksiyon potansiyeli** oluşur
 - Reseptör potansiyeli ne kadar pozitif ise aksiyon potansiyel de o kadar sıktır.

Duyu Reseptörleri

- Temel duyu reseptör tipleri **Tablo 38-2** de özetlenmiştir.

Mekanik reseptörler

- Mekanik reseptörler vücut boyunca bulunan dokularda yerleşmiştir

Mekanik reseptörler

- Deride
 - Bazı nöron mekanik reseptörleri, zarları uzama ya da incinme ile uyarıldığı zaman aksiyon potansiyel üreten, dendritlere sahiptir
 - Bazı dokunma reseptörlerinin dendritleri kaşınma, gıdıklanma ve dokunma hissi üreten serbest sinir uçlarına sahiptir

Mekanik reseptörler

- Deride
 - Bazı reseptör uçları bağ doku içerisinde çevrelenmiştir, örnek olarak basıncı algılayan Pacinian cisimciği gibi.

Mekanik reseptörler

- İçi boşluklu organlarda, örneğin mide, bağırsak, rektum ve sidik torbasında
 - Esnemeye tepki olarak sinyal olgunluğa ulaşır
- Bağlantılarda eklemlerin pozisyonunu hissetmek için
- İç kulakta sesi algılamak için

Kulak

- **Dış kulak** ses dalgalarını yakalar ve ses kaynağının kaynağını tespit eder
- İki parçadan oluşur
 - **Dış kulak**: ses dalgalarını toplar ve kafatası içine yönlendirir
 - **İşitme kanalı**: ses dalgalarını orta kulağa taşır

Kulak

- **Orta kulak** ses dalgalarını iç kulağa iletir ve timpanik zar, iç kulak kemikleri ve işitme tüpünden oluşur

Kulak

- **Timpanik zar:** kulak zarı
- **Orta kulak kemikleri** (çekiç, örs, ve üzengi): ses titreşimlerini iç kulağa iletir
- **İşitme tüpü:** orta kulak ve atmosferdeki hava basıncı eşitler

Kulak

- **İç kulak** ses dalgalarını elektriksel sinyallere çevirir
- İç kulak aşağıdakileri içerir
 - **Kohlea (salyangoz):** spiral, sıvı dolu tüpler; orta kulak kemikleri ses enerjisini salyangoza *oval pencere* zarını titreştirerek sokar
 - **Vestibular sistem:** dengelemede rol oynar

Kohlea (Salyangoz)

- Kohleada (salyangoz) ses elektriksel sinyallere dönüşür

Kohlea (Salyangoz)

- Kohlea üç adet sıvı dolu bölüme sahiptir
 - **basilar zar**
 - **tektoriyal zar**
 - **Kıl hücresi** (mekanik reseptör)

Kohlea (Salyangoz)

- Kohlea fonksiyon mekanizması
 - Orta kulak kemikleri titreşerek ses dalgalarını kohleaya iletir
 - Titreşimler sıvı hareketi üretir ve bu hareket basilar zarı titreştirir
 - Basilar zar titreşimleri kıl hücrelerini tektoriyal zarın tersine bükür
 - Reseptör potansiyali oluşur, ve aksiyon potansiyeli beyne gönderilir

Sesin algılanması

- Ses düzeyi
 - Güçlü ses titreşimleri kıl hücrelerini daha çok büker ve daha yüksek ses şeklinde algılanır
 - Çok yüksek ya da uzun süreli sesler kıl hücrelerine zarar verebilir

Sesin algılanması

- Ton
 - Ses dalgasının özelliğine göre basilar zarın farklı bölümleri farklı frekanslarda titreşirler
 - Farklı tonların algılanmasını sağlar

Işık nasıl algılanır?

- Bütün görme formları **ışık reseptörleri** kullanır
 - **Fotopigment** içeren hücreler ışığı soğurur ve kimyasal değişiklik üretir
 - Fotopigmentler değiştiği zaman reseptör potansiyeli oluşur

Bileşik Gözler

- Eklembacaklılar bileşik gözlere sahiptir
 - **Ommatidia** adı verilen bireysel ışığa-hassas birimlerden oluşur
 - Her bir ommatidyum büyük resmin küçük bir parçasını oluşturur
 - Her bir resim parçası birbirine birleştirilerek parçalı mozaik bir görüntü oluşturur

Memeli Gözü

- Memeli gözü ışık dalgalarını toplar, netleştirir ve uyum sağlar

Memeli Gözü

- Memeli gözü üç ana doku katmanına sahiptir
 - **Sklera**: beyaz dış tabaka; sağlam bağ doku
 - **Koroyit**: etraftaki ışığı soğuran koyu renkli orta tabaka; kan kaynağı bakımından zengin
 - **Retina**: uyarlı iç tabaka; nöronların ve ışık reseptörlerinin çok katmanlı tabakaları

Memeli Gözü

- Işık uyum sağlanmadan, algılanmadan önce aşağıdaki göz yapıları ile karşılaşır...

Memeli Gözü

- **Kornea:** göz küresini çevreleyen transparan madde
- **Göz sıvısı (Aqueous humor):** sıvı madde; merceği ve korneayı besler
- **İris:** renkli kas halkası; göze giren ışığın miktarını kontrol eder

Memeli Gözü

- **Göz bebeği:** irisin merkezindeki açıklık
- **Mercek:** ışığı bükebilen şeffaf protein yapı
- **Göz sıvısı (Vitreous humor):** jelimsi sıvı; göz şeklinin devamlılığını sağlar
- **Retina:** ışık reseptörlerinin çok katmanlı tabakası

Ayarlanabilir mercek

- Ayarlanabilir mercek yakındaki ve uzaktaki nesnelere odaklanmayı sağlar
- Merceğe bağlı kaslar kasılabilir ve merceğin şeklini değiştirir
 - Farklı mesafelerdeki nesnelere baktığımızda görüntüyü retinanın **foveası** üzerine odaklamayı sağlar

Ayarlanabilir mercek

- Anormal bir göz yuvarlağı şekli görme sorunlarına neden olur
 - Eğer göz yuvarlağı uzun ise: görüntü retinanın önünde odaklanır, bu da **miyopluğa** (uzağı göremeyen) neden olur
 - Eğer göz yuvarlağı çok kısa ise : görüntü retinanın arkasında odaklanır, bu da **hipermetropluğa** (yakını görememe) neden olur

Retina

- Retina üzerine düşen ışınlar fotoreseptörler tarafından yakalanır

Retina

- **Rod (Çubuk) ve cone (koniler)**
 - Retina arkasındaki fotoreseptörler
 - Işık uyarısını reseptör potansiyeline dönüştürür
- **Sinyal işleyen nöronlar**
 - Reseptör potansiyelini işler ve ileri uyarıyı gönderir
- **Gangliyon hücreler**
 - Retina önünde yer alır
 - **Görme sinirleri** boyunca aksiyon potansiyelleri taşır

Retina

- Her bir memeli gözü **kör noktaya** sahiptir
 - Bu noktada görme sinirleri göz yuvarlağına bağlanır
 - Bu noktada fotoreseptör yoktur, dolayısı ile bu nokta üzerinden ışık geçerse görüntü oluşmaz

Rod (ubuklar) ve Cone (koniler)

- **Koniler**

- Foveada yoğunlaşır ve renkli görmeyi sağlar
- Çalışması için göreceli olarak parlak ışığa ihtiyaç duyar
- Kırmızı, yeşil ve mavi ışık dalga boylarını algılar

- **Çubuklar**

- Göz yuvarlağının çevresinde yoğunlaşır ve loş ışıkta görmeden sorumludur
- Işığın yoğunluğunu algılar (gri tonları)

Çift gözlü (binoküler) görüş

- Etciller (Karnivor) ve etcil-otcullar (omnivor) ileri bakan gözlere sahiptir
 - Gözler örtüşen görme alanlarına sahiptir
 - **binoküler görüş** daha hassas av yakalamaya ve derinlik algılamaya izin verir
- Birçok otçul (herbivor) birbirinden ayrı gözlere sahiptir
 - Çok az görme alanı örtüşmesi olur
 - Yaklaşık 360-derece görme alanı vardır
 - Kolay avcı algılamayı sağlar

Kimyasallar nasıl algılanır?

- **Kimyasal reseptörler** sıvı içerisindeki bulunan kimyasalları tespit eder
- Karasal omurgalıların vücut dışındaki kimsalları algılama metodları
 - **Koku**: hava ile gelen molekülleri tespit eder
 - **Tat**: tükürük ya da su içerisinde eriyen molekülleri belirler

Koku reseptörleri

- **Koku reseptörleri** üst burun boşluğunda yerleşmişlerdir
 - Mukus tabakası içerisine giren kıla benzer dendritlere sahiptir
 - Havadaki koku molekülleri burun boşluğundaki mukus içerisinde çözülür ve koku dendritlerindeki koku reseptörlerine bağlanır
 - Reseptör potansiyeli oluşturulur ve beyne gönderilir

Tat Reseptörleri

- Dil yaklaşık 10,000 **tat tomurcuğunu** papilla adı verilen çıkıntılı yüzeylerinde barındırır
 - Her tat tomurcuğu 60-80 adet tat reseptör hücrelerine sahiptir
 - Tat reseptörleri tat deliklerinden dışarıya doğru uzanmış mikrovililerdir (dokunaçlardır).
 - Erimiş kimyasal delikten içeri girer ve mikrovili üzerindeki reseptöre bağlanır
 - Reseptör potansiyelleri oluşur

Tat Reseptörleri

- Tatlı, ekşi, tuzlu, acı ve umami (bazı bilim adamlarına göre 5. temel tat, özellikle tek sodyumlu glutamat tadı) tadını algılamamızı sağlar

Acı

- **Acı** doku hasarını algılamadır
- Acı reseptörleri iki kimyasal uyarıya tepki verir
 - Potasyum iyonları
 - Hasarlı dokudan salınan enzimler tarafından oluşturulan *Bradikinin*

Olağandışı Duyular

- **Yankı sonucu nesnenin yerinin tespiti (Echolocation)**
 - Bulanık sularda ve karanlıkta avlanmak için sonar kullanımı
 - Yarasalar büyük kulaklara ve değişikliğe uğramış orta kulak kemiklerine sahiptir
 - Yunuslar büyük yağ dolu keseler ile yönetilen sestem hızlı çınlama sesi çıkarabilirler

Olağandışı duyular

- **Elektrik alanı oluşturarak avın tespiti (Electrolocation)**
 - Av yakalamak için kullanılır
 - Elektrik balığı kuyruğundaki elektrik organı ile yüksek frekansta elektrik alanı oluşturur
 - Bu alan kafadaki *elektroreseptör hücreleri* ile algılanır
 - Alanın yakınındaki nesnelere bu alanı bozar ve balığı uyarır

Olağandışı Duyular

- **Manyetik alanın belirlenmesi**
 - Bazı hayvanlar, örneğın kuşlar ve balıklar, göç nedeniyle uzun mesafeleri giderken yönlerini Dünyanın manyetik alanını kullanarak bulurlar.

