

SOLUNUM SİSTEMİ

Böceklerde O_2 'nin vücut hücrelerine kadar ulaştırılması ve CO_2 'nin dışarıya atılması, yani gaz değişimi, trake sistemi tarafından sağlanır. Bu sistem vücut örtüsünün içeriye çöküşüyle meydana gelir ve stigma denen borularla dışa açılır.

Apterygota (Kanatsız Böceklerde) da basit delikler şeklindedir.

Trake boruları dokular arasında ince borucuklara dönüşürler. Bunlara **trakeol** adı verilir. Stigmalarından içeri giren hava veya O_2 trakeollere ulaşır. CO_2 ise kan yoluyla taşınıp vücut yüzeyinden dışarı atılır.

Rutubetli ortamlarda yaşayan böceklerde stigmalarla gaz değişimi sağlanır. Bazı böceklerin larva ve nimf dönemlerinde stigmalar soluk borularıyla bağlantılı olup solungaç adını da alırlar.

Suda yaşayan ergin böceklerde trake sistemi her zaman gelişmiştir. Bunlar sadece kabarcıklar halinde olan ve vücut yüzeyiyle tutulan havayı kullanabilirler.

BOŞALTIM SİSTEMİ

Böceklerde boşaltım organları orta bağırsakla arka barsak arasına yerleşmiş olan malpigi tüpleridir. Genellikle son bağırsak kanalına açılırlar. Uçları kapalı bir tüp şeklinde olan bu yapılar trake borucukları tarafından sıkı bir şekilde sarılmışlardır.

Salgılanan artık maddeler ürik asit, sodyum amonyum tuzları CaCO_3 ve kalsiyum oksalattır. Salgıların tamamı son bağırsağa geldikten sonra bağırsak artıklarıyla dışarı atılırlar.

Suda yaşayan böceklerde besinlerle ve deri yoluyla vücuda giren su malpigi türlerinden geçerek renksiz bir sıvı şeklinde son bağırsaktan dışarı atılır.

DOLAŞIM SİSTEMİ

Böceklerde dolaşım sistemi vücutlarının dorsaline yerleşmiş olan bir boru sisteminde meydana gelir. Kanları kısmen damarlarda kısmen de vücut boşluğunda dolaştığı için bu sisteme açık dolaşım sistemi denir. Boru sisteminin abdomende bulunan kısmı perikardial boşluk içindeki kalptir. Kalbin yanlarında her segmentte 1 çift olacak şekilde ostiumlar bulunur.

Boru sisteminin thoraxta bulunan kısmına **aorta** adı verilir. Aortun sonu çoğunlukla baş içinde görülür ve ucu açıktır. Kan bu açıklıktan vücut içine ve başa pompalanır. Vücut organları arasında dolaşan kan önce perikardial boşluğa gelir. Oradan ostium adı verilen deliklerden geçip kalbe tekrar döner.

Bazı böceklerin özellikle ekstremitelerinde kanın dolaşım yönünü tayin eden ve kalbe bağlı olmadan ritmik çarpma hareketi yapan organlar vardır. Bunlara **yardımcı kalp** adı verilir.

Yine bazı böceklerde antenlerin dip kısmında **anten ampulleri**; kanatlı böceklerin mesa ve metathorax bölgelerinde kanatların kan almasına yarayan sırt ampulleri gelişmiştir. Bu ampullerin kasılıp gevşeme hareketleri özel kaslar yardımıyla olur.

Böceklerin bazılarında dolaşımında önemli olan **diyafram** bazı türlerde bacağın tarsus segmentinde, bazı türlerde sırtta ve karında bulunabilir. Kasların yardımıyla hemolenfin hareketini sağlamakla görevlidir.

Hemolenf böceklerin kan sıvısı, **hemosit** kan hücresi ve **haemosöl** vücut boşluğuna verilen isimdir.

HEMOSİTLER=KAN HÜCRELERİ

İlk oluşumları **prohemosit=prolökosit** şeklinde ortaya çıkarlar. Genç evredeki bu hücre tiplerine genel anlamda **lökosit** denir. Bunlar değişerek **plasmositleri** yaparlar. Bunların fagositoz yapma ve yaraları kapama özelliği vardır. Bir süre sonra değişip **granülosit** ve **apidohemosit** yapısına dönüşürler. **Granülositler** etrafı zarla çevrili sitoplazmaları tanecikleri olan yapılardır. **Apidohemositler** ise yağca zengin bol kofullu hücrelerdir. Alınan besinleri depo etmekle görevlidirler.

Hemolenf içerisinde perikardial hücreler, nefrositler ve önositlerde vardır. **Perikardial hücreler** kalbin iki tarafındaki perikardial boşluk içinde bulunurlar. Bazen bir araya gelip büyük bir yumak oluştururlar. Buna **perikardial bez** adı verilir. Deri değiştirme sırasında kalbin çarpma frekansını arttıran **neurohemal D** yi salgılamakla görevlidir.

Nefrositler; Perikardial hücrelerin değişikliğe uğramasıyla meydana gelir.

Önositler; Balarılarında mum salgısının oluşumunda; hamamböceklerinde epikutikula tabakasının oluşumunda görevlidirler. Ayrıca endoparazitlere karşı korunma mekanizması oluşumunda da önemlidir. Deri değiştirmeyi düzenleyen hormonların yapım yeri olarak kabul edilirler. Prothorax bezi ile birlikte deri değiştirme hormonunun sentezine katılırlar.

Böcek kanı dört önemli görevi yürütür

1. Taşınma
2. Solunum
3. Korunma
4. Hidrolik görev

SİNİR SİSTEMİ

Böcek sinir sistemi başta beyinle başlar.

Beyin (Subözafagal Gangliyon) özafagusun üzerinde bulunur.

Protocerebrum, deutocerebrum ve tritocerebrum olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır.

Protocerebrum beynin en büyük bölümüdür. Buradan osel gözler facet gözlere sinirler uzanır.

Deutocerebrum anten işlevi merkezidir. Buradan duyu ve motor olmak üzere bir çift anten siniri çıkar. Duyu siniri motor sinire oranla daha kalındır.

Tritocerebrum alın bölgesinde bulunur. Buradan çıkan sinirler alt dudakta dallanıp, alın gangliyonu ile bağlanır.

Beynin tritocerebrumdan çıkan iki sinir kolu özafagusun iki yanından aşağı doğru uzanarak subözofagal gangliyona gelir.

Subözofagal gangliyon 3 çift gangliyonun birleşmesinden meydana gelmiştir. Bunlar mandibular, maxillar ve labial gangliyonlardır. Ağız parçaları, salgı bezi ve baş bölgesinde bazı kasların etkinlikleri subözofagal gangliyon tarafından yönetilir. Subözofagal gangliyon içinde neurosekresyon hücreleri ve dev sinir hücreleri vardır.

Başta bulunan serebral gangliyonlar dışında her segmentte enine sinirlerle bağlanan göğüs ve karın gangliyonları vardır. Ergin dipter türlerinde göğüs gangliyonları birleşerek tek bir gangliyon haline dönüşmüştür. Bazı kanatlı böcek gruplarında da karın gangliyonları birleşmiş olabilir.

Beyni çıkarıldığı zaman bir böcek hareketsiz durur ve iç güdüsel davranışlarını başaramaz. Fakat uygun bir şekilde uyarıldıklarında beyni olmayan bu böcekler yürüyebilirler. Fakat besinlerini arayamazlar. Bununla beraber besin ağız parçalarına değdiği zaman ağız organlarını kontrol eden subözofagal gangliyonun sağlam olması şartıyla besini yiyebilir.

Beynin bir yanının çıkarılması o yandaki kasların kasılıp gevşemesini azaltır. Hareketler bozulmamış tarafta olur. Vücut bu tarafa doğru daire şeklinde kıvrılır.

DUYU ORGANLARI:

Duyu hücrelerinin epitel ve kutikula kökenli yardımcı hücrelerle yaptıkları birliklere duyu organları adı verilir. Mekaniksel ve Kimyasal olmak üzere işitme ile; Görme ile ilgili olan 4 tip duyu organı vardır:

1.Mekanik Duyu Organları: Mekaniksel etkileri alıp alıcının herhangi bir kısmında şekle ait bir değişiklik yapan uyarıları alır.

- a. Dokunma Kıl ve İğneleri
- b. Çan Şeklindeki Duyu Organları
- c. Kordon Şeklindeki Duyu Organları

2.Kimyasal Duyu Organları: Bunlar tat ve koku alma organlarıdır. Böceklerde tat alma organları genellikle ağız parçalarında bulunur.Böceklerde kokulara karşı duyarlılıkta türe göre oldukça fazla farklılık gösterir.

3.İşitme Duyusu Organları: Genellikle ses çıkarabilen böceklerde görülür. İşitme kılları, Johnston organı ve Tympanal organ bu gruba dahildir.

- a. İşitme Kılları
- b. Johnston Organı
- c. Tympanal Organ

4.Görme Duyusu ile İlgili Organlar: Böceklerin ışık dalgalarına karşı duyarlılığı bu işe öz duygu organları aracılığıyla olur. Böceklerdeki görme pigmentine **chromproteid** denir. Böceklerde ışığa karşı duyarlı organlar Dermal alıcılar ve gözlerdir. Dermal ışık alıcıları,gözler iptal edildiğinde ışığa karşı reaksiyon gösterirler.

Böceklerin optik sistemlerine göre iki tip gözleri vardır.

a.Basit Gözler:

Bu gözlerin görevi bileşik gözlere etki eden uyarıların meydana getirdiği etkiyi kuvvetlendirmektir. Tepe Nokta Gözler (Dorsal Ocelli) ve Yan Nokta Gözler (Lateral Ocelli) olmak üzere iki tiptir.

Dorsal Ocelli: Beynin ön ucundan gelen sinir uçlarının ulaştığı gözlerdir. Genellikle bir üçgenin köşeleri şeklinde ve 3 tanedir. **Cornea (Mercek), Corneagen, Retina ve Pigment hücreleri** olmak üzere 4 kısımdan oluşur.

Dorsal gözlerin görme kuvvetleri çok azdır. Ancak uçuş zamanında vücudun durumunu düzenlemek, uzak mesafelerdeki cisimleri görmek ve gece görmek gibi işlevleri olduğu sanılmaktadır.

Yan Nokta Gözler (Lateral Ocelli): Genellikle böcek larvalarında görülür. Başın iki yanında yer alırlar. Sayıları böcek ordolarına göre değişir. Histolojik yapısı çok değişkendir. Yapı bakımından dorsal ocel gözlere benzer. Retinula, cornea merceği körelmiş ya da kaybolmuş olabilir.

b. Bileşik Gözler (Petek Gözler = Facet): Bileşik gözler ommatidiumlardan meydana gelir. Dıştan saydam bir cornea tabakasıyla çevrilidir. Corneanın alt kısmında **kristal koni** bulunur. Kristal koni tabakası primer iris hücreleriyle çevrilidir. Ommatidiumların kaide kısmında **retinula** vardır. Retinula hücrelerinin salgısı içte **Rhabdomu** meydana getirir

Bileşik gözler ommatidiumların yapısına göre iki tipe ayrılır.

1. Apozisyon Gözler = Gündüz Gözleri

Gündüz aktif olan böceklerde görüldüğü için Gündüz Gözleri de denir. Pigment hücreleri ommatidiumları tamamen sarmıştır. Işık bir ommatidiumdan diğerine geçemez ve cismin her ommatidiumun karşısındaki görüntüsü ayrı parçalar halinde algılanır. Böylece görüntünün tamamı algılanmış olur.

2. Superpozisyon Gözler = Gece Gözleri

Gece aktif olan böceklerde görüldüğü için Gece Gözleri adını da alır. Ommatidiumlar daha uzundur. Kristal koni ve retinula tabakaları arasında belirli bir açıklık vardır. Pigment hücreleri sadece kristal koninin etrafını sarar. Facetlerden giren ışık rhabdomların tamamına dağıldığı için toplu şekilde görüntü sağlanır.

NEM VE SICAKLIK DUYUSU ORGANLARI

Böceklerin çoğunda neme karşı duyarlılık görülür. Nem duyusu organları böceklere göre **koni, kıl, ufak levhacık** ya da **demet** şeklinde oluşurlar.

Böceklerde çevre sıcaklığını algılayan organlar anten, maxillary palp ve tarsusta bulunur.

Böcekler **poiklotermal** hayvanlardır.

BÖCEKLERDE SES ÇIKARMA (STRIDULATION)

Böceklerde hem dişi hem de erkek birey ses çıkarabilme özelliğine sahiptir. Pek çok türde bu yapı erkeğe özgüdür ve çok iyi gelişmiştir. Böcekler cinsel çağrı korunma ve birbirini tanıma gibi amaçlarla ses çıkarırlar. Ses çıkarma çeşitli yollarla olur.

1. **Vücudun Herhangi Bir Parçasını Bir Yere Vurarak**
2. **Vücudun Bir Parçasını Diğerine Sürterek Ses Çıkarma**
3. **Kanatları titreştirerek Ses Çıkarma**
4. **Vücutlarının Çeşitli Yerlerindeki Özel Zarları Titreştirerek**

BÖCEKLERDE IŞIK MEYDANA GETİRME

Bazı böcekler ışık meydana getiren bakterilere sahip olmaları nedeniyle ışık meydana getirirler.

Işık meydana getiren böceklerin tamamı Coleoptera ordosundandır. Özellikle Lampyridae türlerinde karın bölgesinin alt tarafındaki ışık organı içerisinde Luciferin maddesi Luciferase enzimi yardımıyla okside edilerek ışık meydana getirilir.

BÖCEKLERDE ÜREME SİSTEMİ

Böcekler ayrı eşeyli hayvanlardır. Sadece Termitoxenia (Diptera) cinsi hermafrodittir. Gonadlar abdomende bulunur ve bir tek kanalla dışarı açılır.

Dişi Üreme Sistemi:

Dişi genital organ 1 çift ovaryumdan meydana gelmiştir. Her ovaryum değişik sayıda yumurta tüpleri veya ovariollerden oluşur. Uzun bir tüp şeklinde olan ovarioller uç iplikçığı, germarium ve vitellaryum olmak üzere 3 kısımdan meydana gelir. Germarium'da eşit yapıda küçük hücreler vardır. Vitellaryum kısmı ise sıra halinde dizilmiş yumurta odacıklarına ayrılmıştır. Her yumurta odacığında birer tane yumurta bulunur. Yumurtalar oviducta geçer ve germarium bölgesinde yeni yumurta hücreleri meydana getirilir. Bazı böceklerde yumurta odacıklarının yanında kabukları henüz oluşmamış yumurta hücrelerine gıda ödevi gören besin odacıkları bulunur. Ovarioller oocytlerin olgunlaşma ve beslenme durumuna göre 2 tipe ayrılır.

1.Panoistic Ovariol: Germarium bölgesinde yalnız dişi eşey hücreleri bulunur. Bunlar mitoz bölünme ile primer oocytleri meydana getirirler. Oositler vitellaryuma girerek folikül hücreleriyle çevrilirler ve böylece her yumurta hücresi için bir yumurta odacığı meydana gelir.

2.Meroistic Ovariol: Germarium'daki bütün hücreler yumurta meydana getirmezler. Besleyici hücrelerde bulunur.

a.Polytrophic ovariol: Yumurta ve besin hücreleri arka arkaya sıralanmıştır.

b.Acrotrophic ovariol: Besleyici hücreler yumurta borucuğunun üst ucunda toplanmıştır.

Aynı ovaryuma ait olan ovarioller gevşek bir şekilde birbirlerine bağlanmışlardır. Her ovaryumdan bir oviduct ayrılır. Sağ ve sol oviductlar birleşerek bir tek median oviduct ya da vajinayı meydana getirirler.

Vajina üzerinde bir ya da daha fazla sayıda sperma haznesi vardır. Çoğu böceklerde vajinanın bir çıkıntısı şeklinde bazı cinsel yapılar gelişmiştir. Bunlar **Bursa Copulatrix (kopulasyon kesesi)**, **Yardımcı Bezler** ve **Reseptakulum Seminis**'tir.

Erkek Üreme Sistemi

Erkek genital organ 1 çift testisten meydana gelmiştir. Her bir testis bir yada daha fazla sayıda sperm tüplerinden oluşur. Her testisten bir sperm kanalı çıkar. Kanalların birbirleriyle birleştikleri yerde bulunan bir ya da daha fazla bez salgılarını ortak bir kanalla boşaltırlar. Bu salgılar sperm kümelerini spermatofor haline dönüştürülür. Spermatoforlar iplik şeklindeki spermleri bir arada toplayan kapsüldür. Kopulasyon organı aracılığıyla dişinin vücudu üzerine veya içine spermleri nakleder.

Testislerdeki her bir sperm tüpünde spermin gelişimi açısından 4 bölüm ayrılır. Bunlar **Vas deferens, Vesicula seminalis, Ductus ejaculatorius** ve **Aedeagus**'tur.

BÖCEKLERDE ÜREME ŞEKİLLERİ

Böcekler yumurta ile ürerler. Yumurta ile üreme **döllemlı** ve **döllemsız** yumurta ile üreme olarak 2 ana başlıkta incelenebilir.

Döllemlı Yumurta İle Üreme:

Böceklerdeki düzenli ve esas üreme şeklidir. Erkekle dişinin çiftleşmesi sonucu oluşan yumurtaların vücut içindeki sperm tarafından dölleme şekline olur.

Bazı böceklerde bir defa olur. Buna **monogami** denir. Bazılarında ise birden fazla sayıda olabilir. Bir erkeğin birden fazla dişi ile çiftleşmesine **polygami**; bir dişinin birden fazla erkekle çiftleşmesine **polyandri** denir.

Döllemsiz Yumurta İle Üreme:

Döllenmemiş yumurtadan embriyonun oluşumuna **parthenogenesis** denir.

4 tip partenogenez vardır:

- 1. Teletoky:**Döllenmemiş yumurtalardan kısmen ya da tamamen dişiler çıkar.
- 2. Arhenotokie:**Döllenmemiş yumurtalardan sadece erkek meydana gelir.
- 3. Amphitokie:**Döllenmemiş yumurtalardan hem erkek hem de dişi bireyler oluşur.
- 4. Partenogenez:**Bazı örümceklerde ve Phasmidlerde döllenmeyen yumurtaların bir kısmı normal olarak gelişmelerini sürdürürler. Normal partenogenez, isteğe bağlı ve zorunlu partenogenez olmak üzere 2 tiptir:
 - a.İsteğe Bağlı Partenogenez:** Balarısı ve karıncalarda görülür. Kraliçenin isteğine bağlı olarak bazı yumurtalar döllendirilmez ve bunlardan erkek arılar çıkar. Döllenmiş yumurtaların beslenme durumuna göre işçi arı çıkar.
 - b.Zorunlu Partenogenez:** Bütün yumurtalar en ay bir döl döllenmemiş olarak kalırlar. 4 tip zorunlu partenogenez vardır.
 - b1.Sabit Partenogenez**
 - b2.Dönüslü Partenogenez**
 - b3.Padogenez**
 - b4.Coğrafik Partenogenez**

Böceklerde Görülen Diğer Üreme Şekilleri:

- 1.Ovoviparie:** Gelişme olgunluğuna ulaşan yumurtanın dişi tarafından serbest ortama bırakılmasıdır.
- 2.Ovoviviparie:** Embriyonik gelişme ana vücudu içinde olur.
- 3.Viviparie:** Embriyonik gelişme ve larval evrelerin bazılarında ana vücudu içinde gelişip daha sonra dışarı çıkıyorlarsa bu tip üremeye “**viviparie**” denir. Eğer yavru pupa halinde dışarı çıkıyorsa buna “**pupiparie**” denir. Eğer larva evresine kadar gelişip dışarı çıkıyorsa buna **larviparie** denir.
- 4.Hermafroditizm:** Aynı birey içerisinde hem erkek hem de dişi eşey hücrelerinin oluşup bunların yavruların meydana gelmesini sağlamasıdır. Böceklerde çok nadir görülen bir üreme şeklidir.

BÖCEK YUMURTALARI

Böcek yumurtaları genellikle açık sarı, yeşilimsi sarı veya açık kahverengi gibi çok değişik renklerde olurlar.

Bazı böcekler yumurtalarını tek tek koyarken bazıları da ufak ya da büyük kümeler halinde koyarlar. Bu kümelerin şekli böcek gruplarına göre farklılık gösterir.

Yumurtalar genellikle çevre koşulları ve düşmanlardan korunmak için toprak içine kazılan çukurlara konur. Ayrıca larvaların kolay besin bulacağı yerlere de konulur.

BÖCEKLERDE GÖRÜLEN LARVA TİPLERİ

Böcek larvaları uzun ve silindir şeklindedir. İnce derilidirler ve segmentleri dışarıdan belirgin şekilde görülmez. Toprakta ya da kabuk içinde yaşayanların dışında vücutları genellikle beyazdır. Antenleri çok kısa ve ağız parçaları çiğneyici tiptedir. Bazılarında baş küçülmüş ya da tamamen körelmiştir.

Tam başkalaşım gösteren 4 tip böcek larvası vardır.

- 1.Compodeid larva:**1 çift anten ve 1 çift göğüs bacakları vardır. Abdomenin son kısmında **cercus** bulunur.
- 2.Manas Tipi Larva:**İri ve silindir şeklindedir. Uç kısmı kıvrıktır. 3 çift göğüs bacağı bulunur.
- 3.Tırtıl:** Vücutları ince uzun, 3 çift göğüs bacağı ve abdomen bacakları vardır. Gerçek tırtıl, mühendis tırtılı ve yalancı tırtıl olmak üzere 3 tiptir.
- 4.Bacaksız Larva:** Bacakları yoktur. Segmentlerinin hareketiyle yürürler.

BÖCEKLERDE METAMORFOZ

Bir böceğin yumurtadan çıktıktan sonra ergin oluncaya kadar geçirdikleri değişikliklerin tamamına **metamorfoz** denir.

1.Ametabol

2.Neometabol

3.Hemimetabol

4.Holometabol

5.Hypermabol (Polymetabol)

PUPA TİPLERİ

Holometabol ve Hypermetabol böceklerde larva gelişimini tamamlayarak ergin hale gelebilmek için hareketsiz ve beslenmeyen bir devre geçirir. Bu devrede iç organlar kaynaşarak ergin bireye benzer bir hal alır ve bunların yerine ergine ait organlar meydana gelir. Bu olaya **histoliz** denir. Son larva dönemi tamamlanırken bir koza meydana getirir ve onun içinde pupa oluşur. Genel olarak böceklerde 3 tip pupa görülür.

1.Serbest veya Açık Pupa:Bacaklar, kanat başlangıçları ve antenler serbesttir.

2.Mumya Tipi Pupa:Bacaklar kanat başlangıçları ve antenler vücuda yapışık durumdadır. Vücut yüzeyi kuvvetli bir şekilde kitinleşmiştir.

3.Fıçı Tipi Pupa:Son larva evresi atılmadığı için larva bu deri içinde pupa evresini geçirir. Dış görünümü bir fıçıyı andırır.

BÖCEKLERDE EMBRİYO GELİŞMESİ

Embriyo gelişmesi yumurta çekirdeğinin birçok defalar bölünüp bu çekirdeklerin yumurta çevresine gitmesiyle başlar.

Yumurtanın çevresi Blastoderm adı verilen bir tabakayla çevrilidir. Blastodermin belirli bir yerinde kalınlaşma olur ve yumurta boyunca kalın bir şerit meydana gelir. Bu kalınlaşma sonrasında çökme olur. Ektoderm ve endoderm olarak 2 tabaka ayrılır. Bu döneme **Gastrulation** denir. Oluşan hücrelerin özel olarak çoğalmasıyla mezoderm meydana gelir. Bu sırada embriyo içte **amnion** dışta **seroza** olmak üzere 2 tabaka ile çevrilir.

Embriyonun segmentlere ayrılması gelişmenin ilk devrelerinde başlar. Ektodermden deri dış iskelet ön ve art barsak, salgı bezleri, duyu organları, solunum ve sinir sistemleri ile eşey organları meydana gelir.

Mezodermden kas ve dolaşım sistemi ile yağ hücreleri, ışık organları ve testisler oluşur.

Endodermden ise orta bağırsak meydana gelir.

Böceklerde Gelişme Evreleri

Böceklerde gelişme evreleri yumurta, larva, krizalit ve ergin olmak üzere sıralanır. Bu devrelerin süreleri çeşitli böceklerde farklıdır. Bazılarında larva devresi bazılarında ergin devresi uzun sürer. Larva devresinin süresi sıcaklık ve diğer iklim koşullarına bağlı olarak uzayıp kısalabilir. Larva başlangıcından erginliğin sonuna kadar geçen süre yani böceğin ömrü çeşitli böceklerde farklılık gösterir.